

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**06.05 – МКР. 2158 «С». 2023.11.23. 23 ПЗ**

**ОБУХОВСЬКОЇ УЛЬЯНИ БОГДАНІВНИ**

**2024**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**УДК 597.175:620.91(477.41)**

**ПОГОДЖЕНО**

Декан факультету захисту  
рослин, біотехнологій та екології

\_\_\_\_\_ Юлія КОЛОМІЄЦЬ  
(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДОПУСКАЄТЬ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри загальної  
екології, радіобіології та безпеки  
життєдіяльності

\_\_\_\_\_ Алла КЛЕПКО  
(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему «Екологічна оцінка впливу на довкілля діяльності  
Трипільської ТЕС та шляхи її екологізації»**

Спеціальність 101 екологія

Освітня програма екологічний контроль і аудит

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми**

Кандидат  
сільськогосподарських  
наук, доцент, доцент  
кафедри екології агросфери  
та екологічного контролю

\_\_\_\_\_ (підпис)

Марина ЛАДИКА

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

Доктор біологічних наук,  
старший науковий  
співробітник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Алла КЛЕПКО

Виконала

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ульяна ОБУХОВСЬКА

**КИЇВ - 2024**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біоресурсів та природокористування**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри загальної екології, радіобіології  
та безпеки життєдіяльності

Доктор біологічних наук \_\_\_\_\_ Алла КЛЕПКО  
(підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТКИ**

Обуховської Ульяни Богданівни

Спеціальності «101» екологія

Освітня програма екологічний контроль і аудит

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Екологічна оцінка впливу на довкілля діяльності Трипільської ТЕС та шляхи її екологізації»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від «23» листопада 2023р. №2158С

Термін подання завершеної роботи на кафедру « 15 » листопада 2024 р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи – статистичні дані щодо вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі Обухівського району за 2022 рік; Екологічний паспорт Київської області 2020-2022 років;

Перелік питань, що підглядають дослідженню:

1. Загальна характеристика різних типів електростанцій та детальна характеристика теплових електростанцій;
2. Оцінка забруднення довкілля у результаті роботи Трипільської ТЕС;
3. Шляхи зменшення негативного впливу та екологізація роботи Трипільської ТЕС.

Перелік графічного матеріалу – відсутні

Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

Керівник магістерської  
кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Алла КЛЕПКО

Завдання прийняв до  
виконання

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ульяна ОБУХОВСЬКА

## РЕФЕРАТ

Випускна магістерська робота на тему «Екологічна оцінка впливу на довкілля діяльності Трипільської ТЕС та шляхи її екологізації» викладена на 76 сторінках машинописного тексту, містить 9 рисунків, 12 таблиць. Список використаних джерел нараховує 50 літературне посилання із них інтернет джерела та 30 джерел іноземною мовою.

**Мета роботи** полягає в комплексному аналізі впливу діяльності Трипільської теплової електростанції на навколишнє середовище та розгляд можливостей для зниження негативного впливу на довкілля шляхом екологізації.

**Об'єктом досліджень** є виробнича діяльність Трипільської теплової електростанції і її вплив на навколишнє середовище, а саме атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти.

**Предмет дослідження** – функціонування Трипільської теплової електростанції.

**В дипломній роботі використовуються методи:**

- аналізу літератури, стандартів та нормативно-правових актів;
- моніторинг стану навколишнього природного середовища;
- екологічної оцінки за якою визначається ступінь ризику, який виникає в результаті діяльності Трипільської ТЕС;
- екологічного моделювання базується на побудові моделі що відображає поширення забруднюючих речовин.

**Новизна роботи** полягає в застосуванні багатовимірного підходу до аналізу впливу на довкілля від діяльності Трипільської ТЕС, моделювання існуючої ситуації стану навколишнього середовища та розгляду заходів для адаптації та екологізації існуючих виробничих потужностей.

В процесі проведення аналізу законодавства України у сфері діяльності теплових електростанцій та їх впливу на стан навколишнього природного середовища визначено ряд чинників, що негативно впливають на довкілля та здоров'я місцевих жителів м.Українка та с.Трипілля.

Із застосуванням програмного забезпечення Blender 3-D, ОНД – 86, iNoise, Google Ears Pro, Microsoft Excel проведено аналіз рівня забруднення атмосферного повітря, ґрунту, поверхневих вод, акустичного навантаження на середовище, оцінено вплив на атмосферне повітря золоталовідвалів та визначено ряд заходів, які необхідно вжити з метою покращення стану навколишнього природно середовища та умов проживання місцевих жителів.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ .....	12
1.1 Класифікація типів електростанцій .....	12
1.2 Вплив електростанцій на навколишнє середовище.....	13
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ТА ЇХ ВПЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ .....	19
2.1 Класифікація теплових електростанцій .....	19
2.2 Технологічна схема роботи теплової електростанції.....	22
2.3 Класифікація теплових електростанцій та екологічними показниками .	25
2.4 Взаємодія теплової електростанції із навколишнім природним середовищем .....	29
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ В РЕЗУЛЬТАТІ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ТРИПІЛЬСЬКОЇ ТЕС.....	30
3.1 Локальний вплив роботи ТЕС на навколишнє середовище .....	30
3.2 Відповідність Трипільської теплової електростанції нормативним вимогам .....	32
3.3 Оцінка впливу теплової електростанції на атмосферне повітря .....	34
3.3.1 Характеристики впливу Трипільської теплової електростанції на атмосферне повітря .....	37
3.3.2 Визначення величини фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі .....	41
3.4 Вплив золошлаковідвалів Трипільської ТЕС на довкілля.....	47
3.5 Розповсюдження акустичного забруднення довкілля від діяльності Трипільської теплової електростанції.....	51
3.6 Вплив роботи теплової електростанції на поверхневі води .....	56

3.7 Основні заходи щодо зменшення скидів та викидів від теплової електростанції у довкілля.....	59
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64
Додаток 1.....	70

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АЕС** - атомна електростанція;
- ВРП** – відкритий розподільний пристрій;
- ГЕС** – гідроелектростанція;
- ГОУ** – газоочисні установки;
- ГПВ** – гранично припустимі викиди;
- ГРП** – газорегулювальний пункт;
- ГТ** – газові турбіни;
- КЕС** – комплексна електростанція;
- ПТ** – парові турбіни;
- СРСР** – Союз Радянськи Соціалістичних Республік;
- США** – Сполучені Штати Америки;
- ТЕС** – теплова електростанція;
- ЦВТ** – циліндр парової турбіни;
- ЦСТ** – циліндр високого тиску;
- ЦКП** - циркулюючий кип'ячий шар.



## ВСТУП

Енергетична промисловість має значний вплив на стан навколишнього середовища здебільшого через те, що є причиною викиду забруднюючих речовин у великих обсягах тим самим забруднюючи довкілля. Теплові електростанції традиційно використовують викопне паливо, що є ключовим фактором який сприяє погіршенню якості атмосферного повітря, поверхневих та підземних водойм, ґрунтів, теплове навантаження на природні екосистеми та стану здоров'я населення. Зважаючи на це, дослідження екологічного впливу діяльності Трипільської теплової електростанції яка розміщена на березі річки Дніпро між м.Українка та с.Трипілля є важливим елементом моніторингу. [13]

Трипільська тепла електростанція є однією із найбільших в Україні із загальною потужністю до 1 800 МВт. Населені пункти поруч із електростанцією стрімко розвиваються у зв'язку з наявністю значної кількості робочих місць. Разом з цим виникає необхідність контролю за станом навколишнього середовища з метою забезпечення для місцевих мешканців сприятливих умов мікроклімату що безпосередньо впливає на рівень захворюваності місцевих жителів. [7]

Найбільший рівень небезпеки для стану навколишнього становища в регіоні становить використання в технологічних процесах ТЕС вугільного палива що в результаті спричиняє значні викиди продуктів згоряння палива, які в свою чергу містять оксид сірки, азоту, а також пилові частки і важкі метали, які накопичуються у довкіллі. Загрозу несе постійне теплове забруднення поверхневих водойм у які проводиться скидання нагрітих вод, які було задіяно на одному із етапів роботи теплової електростанції. Таке скидання є причиною зміни температурного режиму у водній екосистемі річки Дніпра та Канівського водосховища і сприяє на поширення евтрофікації. [21]

Сучасний екологічний менеджмент ставить за мету пошук рішень, при яких можлива мінімізація негативного впливу теплової електростанції на навколишнє середовище. Під словом екологізація мається на увазі

запровадження екологічно чистих технологій, модернізація очисних систем, проведення постійного моніторингу викидів та робота над заходами охолодження, які дають можливість зменшення обсягів споживання води і разом з цим сприяють зниженню рівня теплового забруднення водою.

**Мета роботи** полягає в комплексному аналізі впливу діяльності Трипільської теплової електростанції на навколишнє середовище та розгляд можливостей для зниження негативного впливу на довкілля шляхом екологізації.

**Завдання роботи** полягають в:

1. Загальна характеристика різних типів електростанцій та детальна характеристика теплових електростанцій;
2. Оцінка забруднення довкілля у результаті роботи Трипільської ТЕС;
3. Відповідність роботи Трипільської ТЕС чинним нормативно-правовим актам;
4. Визначення впливу теплового забруднення на екосистему р.Дніпро та Канівського водосховища;
5. Шляхи зменшення негативного впливу та екологізація роботи Трипільської ТЕС.

**Об'єктом досліджень** є виробнича діяльність Трипільської теплової електростанції і її вплив на навколишнє середовище, а саме атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти.

**Предмет дослідження** – функціонування Трипільської теплової електростанції.

В дипломній роботі використовуються **методи**:

- аналізу літератури, стандартів та нормативно-правових актів;
- моніторинг стану навколишнього природного середовища;
- екологічної оцінки за якою визначається ступінь ризику, який виникає в результаті діяльності ТЕС;
- екологічного моделювання базується на побудові моделі що відображає поширення забруднюючих речовин.

**Новизна** роботи полягає в застосуванні багатовимірного підходу до аналізу впливу на довкілля від діяльності Трипільської ТЕС, моделювання існуючої ситуації стану навколишнього середовища та розгляду заходів для адаптації та екологізації існуючих виробничих потужностей.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

### *1.1 Класифікація типів електростанцій*

Електростанція – це підприємство енергетики, яке призначено для переведення різноманітних паливо-енергетичних ресурсів у електроенергію.

У залежності від типу паливо-енергетичних ресурсів, їх можна класифікувати як:

- атомні електростанції (АЕС), працюють за принципом перетворення атомної енергії із ядерного палива;
- теплові електростанції (ТЕС), у яких принцип роботи полягає в тому, що електроенергія отримується в результаті перетворення вуглеводневих палив, серед яких мазут, вугілля, природний газ та інші;
- гідроелектростанції (ГЕС), у яких принцип роботи полягає в тому, щоб перетворювати механічну енергію із природного джерела, переважно річок.[37]

Забруднення навколишнього природного середовища в результаті виробництва електроенергії хвилює як громадськість, так і представників державних органів та наукових установ. За останнє десятиліття набирають популярності також електростанції, які працюють за рахунок нетрадиційних та поновлювальних джерел енергії, а саме сонячні, геотермальні, повітряні та приливні електростанції. Значна кількість розвинених держав надають додаткове спонсорвання з державного бюджету для організацій підприємств з метою переходу до альтернативних джерел електроенергії та відмови від продовження експлуатації більш традиційних електростанцій.

Електроенергія є ключовим елементом у роботі усіх видів господарської діяльності людини, таких як промисловість, обігрів житлових та не житлових приміщень, харчування, транспортний рух, сільськогосподарське виробництво та інші. [44]

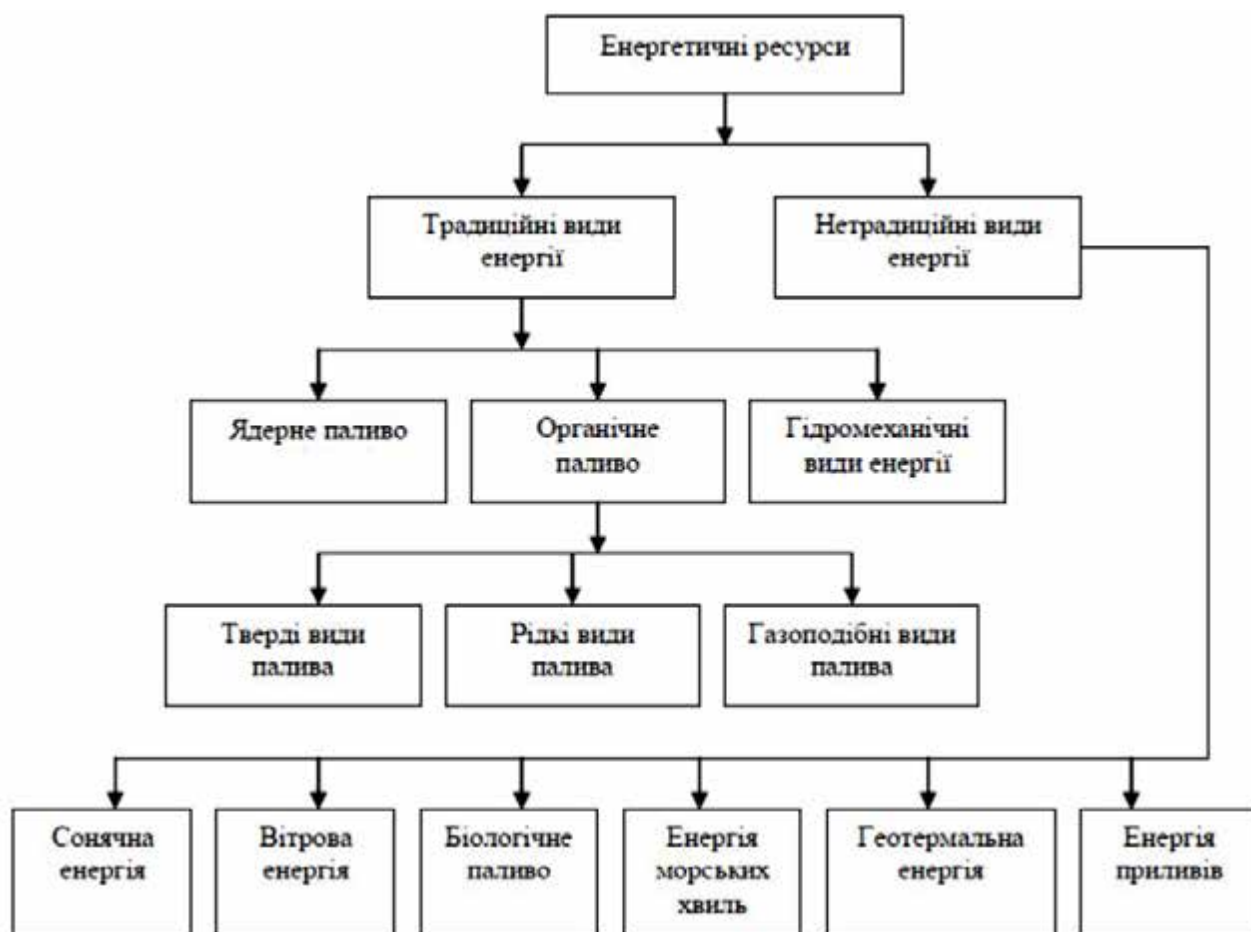


Рисунок 1.1 Класифікація енергоресурсів [2]

## 1.2 Вплив електростанцій на навколишнє середовище

З метою оцінки рівня негативного впливу різних джерел виробництва електроенергетики наведено характеристику основних видів електростанцій, які застосовуються в Україні:

1. Теплова електростанція (ТЕС) – основний вплив шкідливих викидів залежить від відходів, які утворюються у результаті роботи технологічного ланцюга роботи. Серед основних причин негативного впливу на довкілля є:

- використання палива низької якості;
- технологія та обладнання які використовують при роботі застарілі;
- високий рівень енерго- та матеріаломісткість;
- висока концентрація екологонебезпечних технологій;

- відсутність юридичних та економічних засобів впливу, що могли б сприяти розвитку екологічно безпечних технологій;
- відсутність достатньо потужних очисних споруд, оборотних систем водозабезпечення та інших процесів;
- відсутність необхідного рівня екологічного контролю, моніторингу та охорони довкілля. [6]

2. Атомні електростанції (АЕС) – на момент початку розвитку ядерної енергетики (1960 – ті роки) прийнято вважати, що енергетичний ядерний реактор має високий рівень безпечності, а системи моніторингу та контролю, рівень освіченості персоналу є гарантією того що робота реакторів буде безаварійною та достатньо безпечною. Також, прийнято вважати, що ядерна енергетика є «екологічно чистою» тому що може забезпечити зменшення рівня викидів парникових газів при заміні енергетичних установок, які до цього працювали з використанням викопного палива.

Але думка про безпечність ядерної енергетики частково припинила існування у зв'язку з виникненням великих аварій у США, СРСР, Великобританії і найбільша техногенна катастрофа у історії людства – катастрофа на Чорнобильській атомній електростанції. Потенційна небезпека від атомної енергетики через:

- ризик виникнення на енергоблоках, що в результаті було причиною викиду у навколишнє середовище радіоактивних ізотопів;
- викид у навколишнє середовище орієнтовно 250 радіоактивних ізотопів, як результат роботи реакторів. Такі радіоактивні частинки можуть потрапляти в організм людей та тварин разом із їжею, пилом, повітрям, водою і як результат підвищують рівень виникнення ракових захворювань, збільшення ризику виникнення аномалій та дефектів при народженні дітей, понижує рівень імунітету і разом з цим підвищує захворюваність населення, яке проживає поблизу таких електростанцій;
- викид інертного газу типу криптон 85 бета-випромінювача, який у свою чергу вносить зміни у електропровідність атмосфери. У зв'язку з роботою

АЕС рівень криптону 85 в атмосфері збільшується на 5% у рік, у результаті чого його рівень в атмосфері на сьогоднішній день вище у мільйони разів, ніж був його рівень до початку ери атомної енергетики. Такий тип інертного газу проводиться в атмосфері як тепличний і цим робить внесок до підвищення рівня антропогенних змін клімату;

- радіоактивні відходи – найбільша причина, яка несе екологічну небезпеку і на сьогоднішній день не має шляху вирішення. Загалом у світі працює 434 цивільні ядерні екологічні реактори в результаті роботи яких щорічно утворюється значний об'єм низько-, середньо- і високорадіоактивних відходів;

- забруднення плутонієм, яке набирає катастрофічних розмірів. Це пов'язано із тим, що атомні реактори проводять сотні тонн плутонію, такої кількості достатньо для летального отруєння усіх людей, які проживають на Землі.

Радіоактивне забруднення присутнє на кожній із ланок багатогалузевого ядерного господарства, таких як видобування та перероблення урану, безпосередньо робота атомної електростанції, регенерація та зберігання палива. Усі ці фактори проводять до того, що атомна енергетика є екологічно брудною та без чітких алгоритмів її екологізації. Чим більше вивчається робота АЕС, проводиться довгостроковий моніторинг її впливу на навколишнє середовище, тим більше небезпек пов'язаних з роботою АЕС. Враховуючи вищенаведені факти, можна вважати, що чим більше факторів негативного впливу АЕС на природне середовище буде виявлено та вивчено. [19]

3. Гідроелектростанції (ГЕС) та водосховища – створення та експлуатація потужних гідроелектростанцій призводить до:

- виникає необхідність відселення людей із територій, як заплановано піддати затопленню;

- зменшення популяції цінних видів риби (прохідних та напівпрохідних) через те, що гребля перешкоджає руху риби на шляху до нерестовища;

- втрата територій лісів та заплавлених земель із високою родючістю;
- ризик виникнення землетрусів у передгірній і гірських районах;
- ризик катастрофічних повеней на територіях, які знаходяться нижче за течією річки;
- перетворення ландшафтів та/або їх руйнування.

Загалом, якщо розглядати діяльність ГЕС на природне середовище, потрібно відмітити життєзберігаючу функцію ГЕС. Отже, вироблення кожного мільярда кіловат годин електроенергії на ГЕС замість ТЕС приводить до того, що відбувається зменшення смертності населення на 100-226 людей за рік. Такі електростанції виробляють орієнтовно 21% усієї електроенергії. Серед переваг можна виділити те, що матеріальний носій (вода) не вичерпується (як для прикладу енергетичні носії), а зберігається у природі. Разом з тим, високий рівень розвитку ГЕС обмежений у зв'язку з тим, що водний ресурс у високорозвинених країнах уже майже повністю використовується. Спорудження гідроелектростанції потребує значних капіталовкладень на будівництво високої греблі та інших технічних споруд, але одночасно з тим має низькі експлуатаційні витрати, що в результаті робить ГЕС – найдешевшою електростанцією. [28]

4. Відновлювальні джерела енергії та їх вплив – також мають негативний вплив на навколишнє середовище. Робота станцій, які утворюють енергію із використанням відновлюваних енергетичних джерел перш за все пов'язана із вилученням великих площ земельних ділянок, що як результат може привести до зміни ландшафтів (сонячні панелі та вітрові електростанції), збільшення рівня акустичного навантаження (вітрові електростанції), збільшення забруднення ґрунтового покриву (геотермальні станції та установки, робота яких заснована на біомасі), інші негативні впливи на довкілля. Зазвичай такі електростанції мають не достатньо велику потужність і мають ряд вимог щодо їх місця розташування.

- Вітрова електростанція – відноситься до «механічної» енергетики. Вперше такий вид енергії було використано у середньовіччі на вітряках та вітрових судах. Сьогодні ж силу вітру використовують електростанції які



виробляють енергію від дії сили вітру. Значним мінусом даної електростанції є те, що вартість виробленої енергії значно дорожча, ніж енергія, яка вироблена ТЕС.

Перевагою вітрових електростанцій є те, що їх експлуатація не утворює забруднення хімікатами у повітрі, але одночасно з цим вони є джерелом акустичного навантаження. Такий вид електростанцій ефективно працює в регіонах, де наявний потужний вітер, але ризик виникнення ураганів є значною потенційною загрозою для такої електростанції.

- Сонячна електростанція – особливість даного типу електростанцій полягає у використанні сонця, як найпотужнішого джерела енергії. З недоліків таких станцій є те, що для експлуатації необхідне вилучення значної за площею території, яка стабільно отримує значну кількість сонячного світла.

Загалом, існує два варіанти користування таким типом електроенергії. Варіант перший – при якому передбачено будівництво сонячної котельні в якій кипить та випаровується вода під впливом сонячної енергії, яку направлено у котел дзеркалами, а пара при цьому є рушієм обертання турбіни. Для сонячної котельні необхідно залучити значні площі території (орієнтовно, одна електростанція на 80 мегават складається з 852 котелень, кожна котельня діаметром 100 м.)

Варіант другий передбачає монтування спеціальних панелей, які мають елементи для переведення сонячної енергії у електричну енергію. Найбільш ефективним є використання таких панелей у пустелях. Самі панелі при перетворенні енергії не забруднюють довкілля, але після завершення терміну експлуатації, досі не врегульовано питання їх утилізації, яке потребує спеціалізованої інфраструктури.

- Геотермальна енергетика – утворюється шляхом обертання турбіни за допомогою пари. Вода, для утворення пари нагрівається за допомогою термальної перегрітої води, яка переводить своє тепло до звичайної води через турбіни. Таким чином, природна вода повертається у надра, а технічна вода переходить до турбіни. Використання такого типу електростанції можливе лише

там, де є доступ до термальної води яка перебуває на не значній глибині. Серед ризиків при експлуатації таких ресурсів зростає ризик виникнення сейсмічних поштовхів.

- Енергія біомаси – утворюється в результаті рослинної біомаси. Такий метод не несе шкоди для довкілля, тому що при спалюванні викиди вуглекислого газу в атмосферу відбуваються у малих об'ємах. Це пов'язано з тим, що обсяг CO<sub>2</sub>, який було поглинуто рослинами під час фотосинтезу відповідає кількості його утворення у процесі спалювання біомаси. Серед недоліків можна відмітити те, що в процесі спалювання вугілля у навколишнє середовище виділяється чадний газ та сажа. [37]

Отже, енергетичне господарство складається із установок для утворення електричної та теплової енергії та на пряму пов'язане із транспортним та паливним господарством, які разом утворюють паливно-енергетичне господарство.

## РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ТА ЇХ ВПЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

### *2.1 Класифікація теплових електростанцій*

У залежності від того, який тип теплових двигунів використовуються тепловою електростанцією їх можна поділити на парогазові, газотурбінні, паротурбінні та електростанції на двигунах внутрішнього згорання. У переважній більшості випадків (орієнтовно 95%) застосується технологія паротурбінних електростанцій. [1]

До теплових електростанцій визначено першочергові технічні вимоги, а саме:

- маневреність (здатність електростанції до швидкого збільшення або скорочення навантаження, запуску або припинення роботи);
- надійність (здатність виконувати безперебійну подачу електроенергії та задовольняти запис споживачів відповідно до необхідності електричного навантаження);
- тепла економічність (низький обсяг витрати палива у залежності від режиму роботи станції).

Що до економічних вимог роботи ТЕС можна віднести її низьку собівартість, при умові, якщо всі технологічні вимоги дотримано. [14]

Класифікація ТЕС проводиться у відповідності до таких параметрів:

#### *1. Енергетичне призначення та тип енергії яка відтворюється:*

- Теплоелектроцентралі (ТЕЦ) при роботі яких, зовнішнім споживачам передається електроенергія, гаряча вода та пара. Відповідно до характеру теплоспоживання ТЕЦ поділяються на:

- промислові – надають пару підприємствам для реалізації в технологічних процесах;

- опалювальні – надають пару та гарячу воду для вентиляції та опалення будинків, побутових потреб будинків місцевого населення;
- промислово- опалювальні – надають пару та гарячу воду як для технічних, так і опалювальних потреб.

- Конденсаційні електростанції (КЕС) мають конденсаційні парові турбоагенти і результаті роботи яких споживачам передається лише електроенергія. [5]

2. Відповідно до типу палива, що використовується – виділяються ТЕС, які працюють із використанням твердого, рідкого та газового палива (можливе використання одночасно двох або усіх трьох видів палива). Одночасно з тим, на ТЕС можливе використання твердого палива (буре вугілля, кам'яне вугілля, тощо), досить часто присутнє використання і рідкого (нафта сира, мазут, інші), і газового (природній газ). Використання газового та рідкого палива є причиною того, що вартість виробленої електроенергії стає значно дешевшою. До того, при роботі ТЕС на основі природного газу є причиною зменшення кількості викидів забруднювачів у навколишнє середовище. [5]

3. Вид турбін для приводу електрогенераторів – ТЕС поділяються на такі, що працюють із газовими турбінами (ГТ) та паровими турбінами (ПТ).

За коефіцієнтом корисної дії сучасних паротурбінних ТЕС становить близько 40%, газотурбінні ТЕС – досягають максимум 28-34%. При експлуатації паротурбінних ТЕС можливе використання будь-якого типу органічного палива, а саме торфу, сланці, вугілля, газу, мазуту. Найчастіше при роботі газотурбінних ТЕС використовуються рідке або газове паливо.[5]

4. Значення початкових параметрів пари та тип термодинамічного циклу. Відповідно до початкового тиску свіжої пари можна виокремити електростанції із докритичним (16,0 – 17,0 МПа) і зверхкритичним ( 22 та вище МПа). [5]

5. За видом парогенераторів. На ТЕС що мають докритичний тиск влаштовуються барабанні парогенератори, які використовують природню

циркуляцію (тип Е) або прямоточні парогенератори (тип П). Використання прямоточних парогенераторів має переваги при умові ризику виникнення критичного та зверхкритичного тиску свіжої пари. У залежності від того наскільки низкий тиск пари визначається рівень переваг, що надають прямоточні котли. [5]

6. Вид основної технологічної схеми, її технологічна структура – в залежності від такого показника, ТЕС поділяються на неблокові та блокові. Конденсаційні електростанції сучасного типу зазвичай виконані блокованим типом та використовують проміжний перегрів пари. У випадку використання блокованої структури ТЕС, кожна турбіна використовує пару приєднаного до неї парогенератора, рідко коли використовуються два парогенератори. [5]

7. Потужність теплової електростанції – можна поділити ТЕС на :

- Електростанції великої потужності ( більше 1000 МВт);
- Електростанції середньої потужності ( 100 – 1000 МВт);
- Електростанції малої потужності ( менше 100 МВт). [5]

8. Зв'язок із енергетичною системою. В Україні переважно використовуються енергосистеми. «Ізольовані» електростанції які не включені в енергосистему переважно припиняють свою діяльність. [5]

9. Рівень завантаження та експлуатація електричних потужностей.

ТЕС поділяються на:

- Пікові із  $T_{\text{макс}}$  – до 2000 годин;
- Напівпікові із  $T_{\text{макс}}$  – 2000 – 4000 годин;
- Полубазові із  $T_{\text{макс}}$  – 4000 – 6000 годин;
- Базові потужності із річним використанням установленної потужності, яка становить  $T_{\text{макс}}$  – 6000 – 7500 годин. [5]

Електростанції, які мають досконаліше енергообладнання та вищі енергетичні показники можуть бути навантажені у більшій мірі. На одній електростанції можливе використання різних енергоблоків, які мають різний рівень досконалості. У результаті чого, такі електростанції можуть мати різне завантаження .

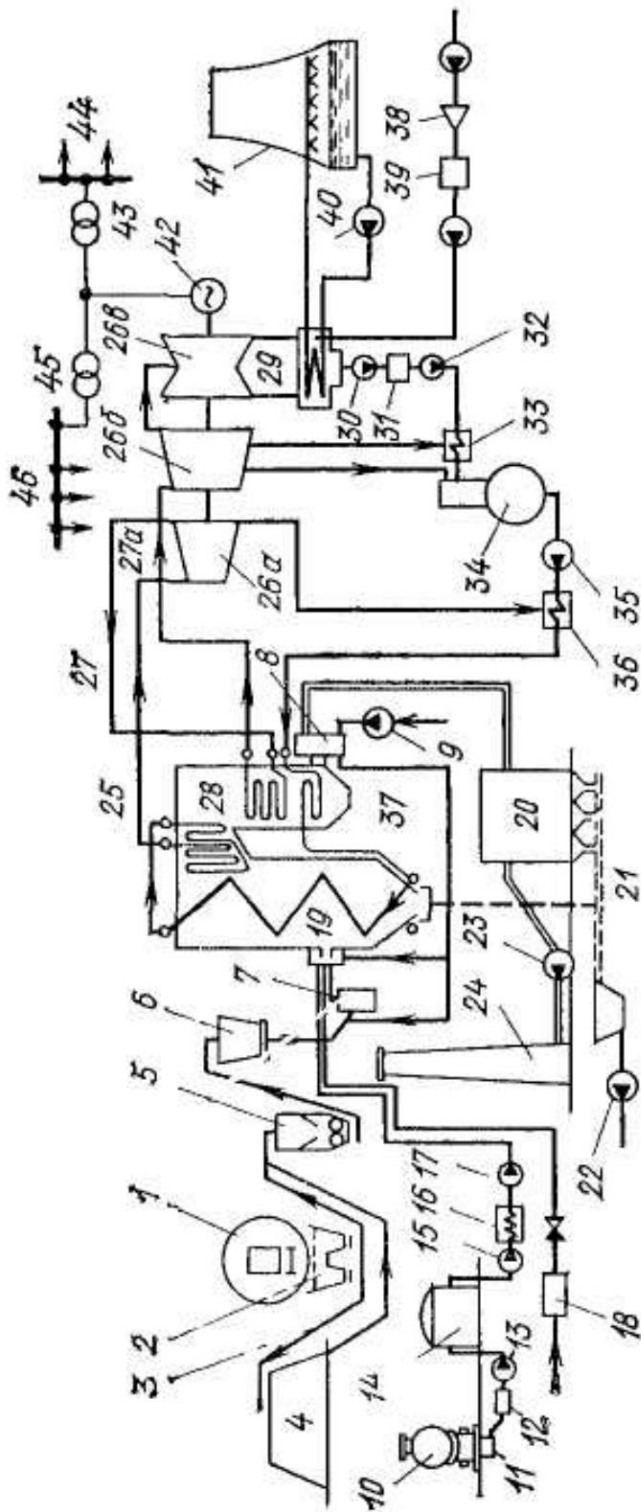
## *2.2 Технологічна схема роботи теплової електростанції*

Обслуговування та робота теплової електростанції закладається у виконанні ряду технічних процесів, що починаються від доставки твердого палива на ТЕС і закінчуються подачею готової електроенергії споживачам. Послідовність таких процесів відображено на рисунку 1.1.[17]

Першим етапом є доставка твердого палива піввагонами через залізничні колії, які прокладено окремо до території ТЕС. Вагон розвантажується спеціально обладнаним пристроєм- вагоноперекладачем, після чого його повертають на 180°, а вугілля пересипається у прийомні бункери. Із бункерів вугілля транспортується живильниками, які передають його на вугільний склад або у бункер із сирим вугіллям, або на вугільний склад. Подрібнення вугілля відбувається із допомогою млина, який має функцію вдмухування пилоповітряної суміші у топку. Дуттьовим вентилятором відбувається підігрівання повітря у повітропідігрівнику, яке далі подається до пальників та млину (повітря для млину обов'язково повинно бути первинне, повітря до пальників може бути вторинним). Через верхні відсіки котельні (в літній період), або із зовнішньої сторони головного корпусу (в зимній період) відбувається всмоктування повітря дуттьовим вентилятором. Досить часто застосовується калориферний спосіб підігріву повітря перед тим, як його буде подано до повітропідігрівника.

До пиловугільних котлів подається розпалювальне паливо (переважно це мазут). Транспортування мазуту здійснюється у залізничних цистернах, а перед тим як провести злив мазуту, його необхідно розігріти за допомогою пари.

Після розігрівання мазут необхідно злити по міжреєчному лотку до прийомного резервуару, після переливання мазут перекачується насосом та передається до основного резервуару. Мазут необхідно перекачати насосом першого підйому через підігрівники які обігріті парою, далі насос передає його до мазутних форсунок після другого підйому. Паливом для розпалювання може бути природний газ, який подається у котельню через ГРП.



1 — вагоноперекидач; 2 — прийомні бункери; 3 — вузол пересипання; 4 — вугільний склад; 5 — дробильне відділення; 6 — бункери сирого вугілля котельні; 7 — млин; 8 — повітропідігрівник; 9 — дутьовий вентилятор; 10 — залізничні цистерни; 11 — міжрешетний лоток, що обігривається; 12 — прийомний резервуар; 13 — перекачувальні насоси; 14 — основний резервуар; 15 — насос першого підйому; 16 — підігрівники; 17 — насос другого підйому; 18 — газорегулювальний пункт; 19 — топка котла; 20 — електрофільтр; 21 — канали гідрозоловидалення; 22 — багерний насос; 23 — димосос; 24 — димар; 25 — паропровід свіжої пари; 26 а — парова турбіна; 26 б — циліндр середнього тиску; 26 в — циліндр низького тиску; 27 — «холодний» паропровід проміжного перегрівника; 27 а — «гаряча» лінія проміжного перегріву; 28 — проміжний пароперегрівник; 29 — конденсатор турбіни; 30 — конденсатні насоси І східця; 31 — фільтри установки очищення конденсату; 32 — конденсатний насос ІІ східця; 33 — група підігрівників низького тиску (ПНТ); 34 — деаератор; 35 — насос; 36 — група підігрівників високого тиску (ПВТ); 37 — економайзер; 38 — іонообмінний фільтр хімоводоочищення; 39 — бак знесоленої води; 40 — циркуляційний насос; 41 — багетовий охолоджувач(градирня); 42 — електричний генератор; 43 — підвищувальний трансформатор; 44 — збірні шини; 45 — трансформатор власних потреб; 46 — шини власної витрати

Рисунок 2.1 - Технологічна схема ТЕС

Паливне господарство у теплових електростанцій, які використовують в своїй роботі процес спалювання твердого палива, ніж у тих, які працюють з використанням пиловугільного процесу так як у них відсутня необхідність використання вугільного складу, дробильного відділення, бункерів для сирого вугілля, частина транспортної інфраструктури, системи золошлаковидалення та золовловлення.

Для теплових електростанцій, які в технологічних процесах застосовують процес спалювання твердого палива у котлі, що в результаті утворює рідке шлаковиділення, зола випаленого у котлі палива в певній мірі перетікає у вигляді рідкого шлаку через льотку поду топки, а частина переноситься димовим котлом.

Після створення золоуловлювачі, димососом подаються димові гази до димаря. З вихідного колектора пароперегрівника по паропроводу свіжої пари передається підігріта пара, яка потрапляє у ЦВТ парової турбіни. Після проходження циліндру високого тиску пара повертається у котел і пароперегрівник по так званому «холодному» паропроводу проміжного перегріву, де вона повторно нагрівається до температури яку мала свіжа пара (або наближеної до неї). Пара подається по «гарячій» лінії проміжного перегріву та потрапляє до ЦСТ (циліндру високого тиску), після чого до переходить до ЦНС (циліндру низького тиску) і уже з нього вона потрапляє у конденсатор турбіни.

Після конденсатозбірника конденсаті насоси I східця передають конденсат до фільтрувальних установок для очищення конденсату, після чого конденсаторному насосу II східця перекачує конденсат через спеціальну систему підігріву низького тиску до деаератора в якому вода доводиться до стану кипіння в результаті якого звільнюються гази  $O_2$  та  $CO_2$ . Такий процес запобігає появі корозії у пароводяному тракті.

Із акумуляторного баку деаератора подається живильна вода, через ряд підігрівачів високого тиску і подається до економайзера. В результаті цього процесу відбувається замкнення пароводяного тракту в складі якого є турбінні установки та пароводяні тракти котла.



З метою забезпечення умов функціонування пароводяного тракту потрібна налагоджена система роботи необхідно налаштування роботи системи підготовки та передачі додаткової води з метою компенсації витрати робочого тіла та система технічного водопостачання ТЕС з метою передачі води для охолодження води в конденсаторній турбіні.

Зайва вода відділяється шляхом хімічного очищення сирій води, яке поводить у фільтрах хімоводочищення (іонообмінних). Від баку із засоленою водою зайва вода передається насосом до конденсатора турбіни.

Трубка конденсатора перекачує воду для охолодження через циркуляційний насос і після цього переходить до баштового охолоджувача у якому вода охолоджується за рахунок перепаду температури. На комплексних електростанціях надають перевагу використанню системи водопостачання із ставками та охолоджувачами. 45]

Електрогенератор виробляє електричний струм змінного типу який із допомогою підвищувального трансформатора переодить на збірні шини ВРП (відкритого розподільного пристрою) теплової електростанції. До мережі відведення генератора із використанням трансформатора ля власних виробничих потреб підключено шини із визначенням окремих витрат. У зв'язку з цим, особисті вимоги з використання енергії енергоблоку отримують енергію від генератора енергоблоку.

### ***2.3 Класифікація теплових електростанцій та екологічними показниками***

У галузі боротьби із забрудненням навколишнього природного середовища наявні два підходи – найкращі практично досяжні міри та керування якістю.

Найкращі практично досяжні міри – метод визначається у тому, що не зважаючи на те який ступінь забруднення довкілля застосовуються такі методи

боротьби, які мають найкращі технологічні методи боротьби із найсучаснішою технікою. Виходячи з цього, ТЕС необхідно кваліфікувати як такі, що мають технологічні рішення із найменш можливим негативним впливом на довкілля.

Метод керованої якості – допускає застосування стандартів якості, на основі яких проводяться заходи з боротьби та контролю щодо забруднення із застосуванням штрафів та заборон. Переважно в Україні застосовується саме такий підхід і вважається як більше діючий. За цим підходом ТЕС класифіковано як промисловий об'єкт в результаті роботи якого відбувається негативний вплив на навколишнє середовище. В реальності ж підприємства вимушені шукати компроміс між технологічними рішення в результаті роботи яких відбуваються викиди у навколишнє середовище та штрафом за їх діяльність. [24]

З точки зору взаємозв'язку з довкіллям, тепловою електростанцію можна класифікувати як об'єкт який займається виробництвом первинних ресурсів теплової енергії та є причиною утворення відходів.

Під час проведення оцінювання екологічної ефективності ТЕС, час від часу апелюють поняттям «екологічно чиста ТЕС». Загалом, існування такого типу теплової електростанції практично не можливе, адже у будь якому випадку несе шкоду довкіллю у процесі своєї діяльності таким ресурсам як вода, повітря, паливо. Така ідея суперечить першому закону термодинаміки, тому що корисна енергія була б вироблена без витрат первинної енергії.

Класифікуючи ТЕС за екологічними індикаторами зазвичай розглядається лише період коли вони були в експлуатації, але не враховується та шкода для навколишнього середовища, яка наноситься в процесі її будівництва, виготовлення матеріалів, обладнання та інше. Зважаючи на це, необхідно дещо інакше розглянути «ТЕС які мають граничний екологічний показниками» або «безвідходна теплова електростанція». [22]

У понятті ТЕС із граничними екологічними показниками мається на увазі електростанція, що разом із одержанням електричної та теплової енергії із всього обсягу відходів в процесі виробництва також виробляє вторинні ресурси у вигляді товарних продуктів.

Як результат, шкідливе екологічне навантаження на довкілля знижується. Робота таких теплових електростанцій не суперечить першому закону термодинаміки, але разом з тим суперечить другому закону термодинаміки який каже про те, що всі технічні процеси не можуть бути оборотними. [31]

Первинні енергоресурси не можливо повністю перетворити у вторинні ресурси без екологічних наслідків так само як і не можна всю приведену до циклу теплоту не можливо перевести в роботу. Але за історію розвитку теплової енергетики завжди прослідковувалося прагнення приблизити технологічні процеси до таки теплових електростанцій.

Уже тривалий час тепла енергетика прагне створити високо та енерготехнологічні комплекси у яких рух буде відбуватися в такому напрямку.

Зважаючи на все вищеописане, всі ідеї можна характеризувати як ідеальні і далекі від реальних. Необхідно розглянути ТЕС, які мають дуже низький рівень впливу на довкілля. У випадку, якщо негативний вплив теплової електростанції на довкілля в результаті роботи подають викиди в атмосферне повітря в межах господарської ємності біосфери враховуючи її здатність до самоочищення, і як результат робота теплової електростанції практично не руйнує природну основу для відтворення життя на Землі, і можливо умовно відносити до класу умовно екологічно безпечних.

Саме на ТЕС такого типу активно впроваджуються технічні процеси, які запобігають утворенню шкідливих рідких, твердих, газоподібних, теплових видів відходів, стічні води підлягають багаторазовому використанню в роботі замкнених циклів, тверді відходи підлягають використанню як сировини для побідних підприємств. [44]

Не реалізовані стоки та вихідні гази підлягають глибокому доочищенню.

Певна кількість твердих відходів, які ще залишаються, передаються для довготривалого зберігання в безпечних умовах. Електростанція яка застосовує в своїй роботі такі принципи може називатися маловідходною.

На сьогоднішній день будівництво та робота таких теплових електростанцій реалізуються у індустріально розвинених країнах (таких як Японія, США, Західна Європа та інші).

Для прикладу, у Німеччині подібні електростанції мають назву «Теплові електростанції, які мають сприятливі виробничі процеси для навколишнього середовища» (Umweltfreundliche Waimerkraftwerke). До розряду таких теплових електростанцій можна віднести і ті теплові електростанції, які розробляються в Україні в межах державної науково-технічної програми «Екологічно чиста енергетика».

До нових теплових електростанцій що працюють із нормованими викидами в довкілля, а саме таких що мають обмежений стандартами нормативний вплив на довкілля, а той час як для діючих електростанцій діють інші обмеження – гранично припустимі викиди (ГПВ). [48]

Разом з тим, наявні теплові електростанції які продовжують свою діяльність і при цьому мають низькі екологічні показники. В результаті їх роботи відбувається скид у довкілля стоків, недостатньо очищених газів, під шлами та золівідвали відведено значні площі території. В процесі роботи таких теплових електростанцій спостерігаються значні і швидкі зміни у природньому навколишньому середовищі, і такі зміни можна класифікувати як екологічно небезпечні.

В період останніх 20 років в індустріально розвинених країнах уже побудовано значну кількість електростанцій, що можуть бути класифіковані як екологічно безпечні теплові електростанції (для прикладу блок №5 ТЕС Альтбах-Дейцизау, Німеччина). [38]

Вищезгаданий енергоблок працює за принципом теплофікаційного циклу при якому виробляє електроенергію і при цьому подає кип'яток для теплопостачання. До системи енергетики він був підключений у 1985 році.

## *2.4 Взаємодія теплової електростанції із навколишнім природним середовищем*

Загалом теплові електростанції можна розглядати як джерело вироблення електричної та теплової енергії із використанням в процесі роботи первинні ресурси (такі як вода, атмосферне повітря, органічне паливо та інші). Як результат роботи даного технологічного процесу на теплових електростанціях виникають матеріальні та енергетичні відходи виробництва. Матеріальні відходи розподілено на дві категорії:

- Організовані, які надходять у довкілля через канали, пульпопроводи, димові труби та інше у залежності від режиму та типу функціонування електростанції;
- Організовані, які в тій чи іншій мірі мають залежність від природних умов таких як опади, швидкість вітру, пори року ніж від режимних факторів. [9]

Технічна політика в напрямку екології визначила, що викиди і скиди забруднювачів, фізичний вплив, утворення відходів необхідно обмежити з метою збереження стабільності стану довкілля у регіоні місця розташування ТЕС.

Серед чинників, які негативно впливають на довкілля в результаті роботи теплової електростанції можна виділити:

- природні та кліматичні особливості місця розміщення;
- оцінка екологічної ситуації в місці розміщення;
- технологічна схема роботи виробництва та параметри обладнання яке використовується;
- склад і вид палива.[29]

Загалом можна зазначити, що забруднення та навантаження довкілля відбувається у зв'язку із реалізацією допоміжних та основних процесів в роботі на тепловій електростанції, адже неможливо побудувати абсолютно «безвідходні теплові електростанції».

### РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ В РЕЗУЛЬТАТІ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ТРИПІЛЬСЬКОЇ ТЕС

#### *3.1 Локальний вплив роботи ТЕС на навколишнє середовище*

Паливо – енергетичний комплекс є одним із найбільших збудників навколишнього природного середовища. Якщо розглядати галузеві напрямки ПЕК, теплові електростанції є основним чинником негативного впливу на природне середовище в енергетичному секторі.

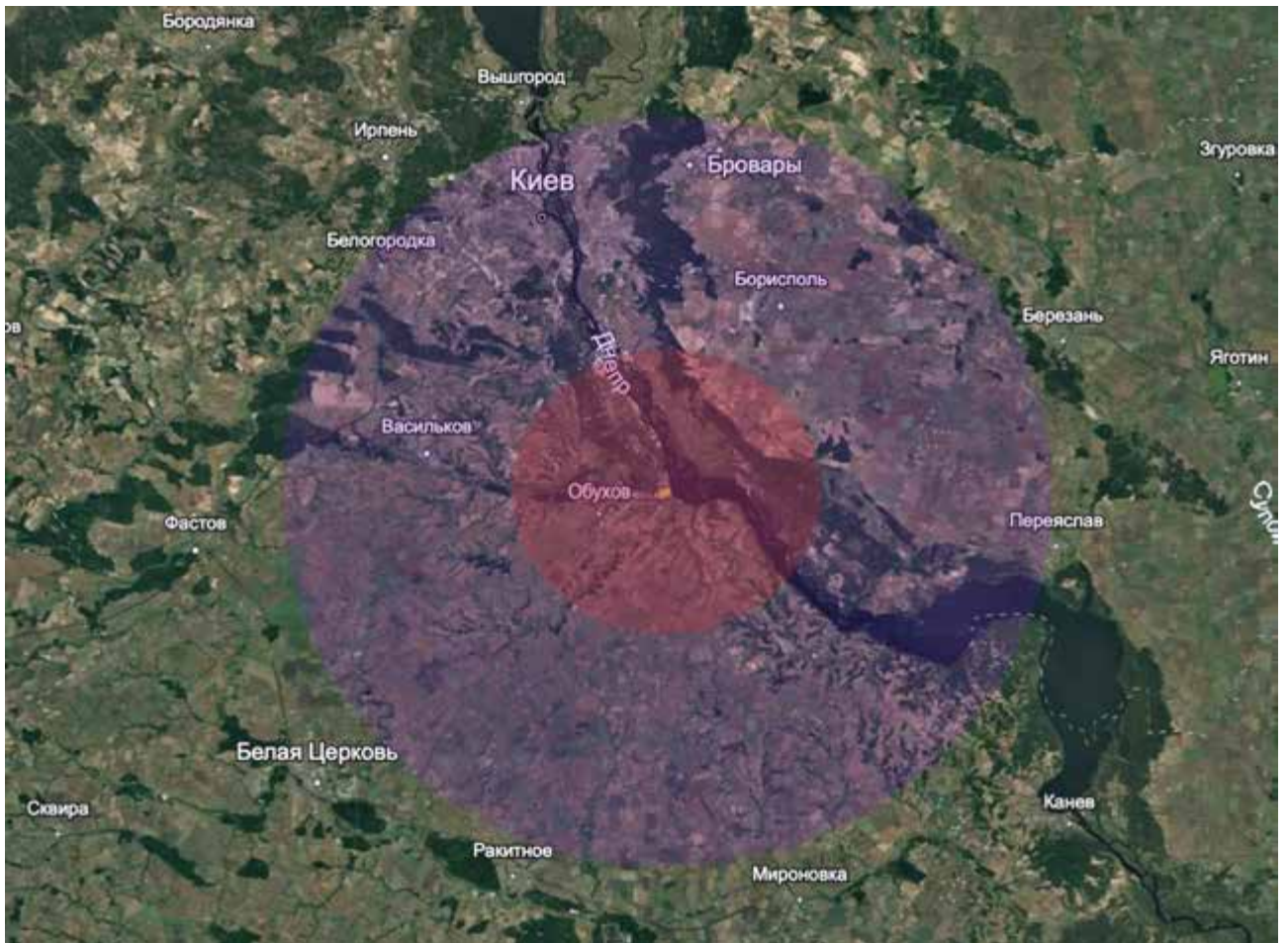
Негативний вплив ТЕС можна розділити на два основні аспекти, такі як:

- Локальний вплив (в той чи інший час або на конкретній частині Землі);
- Глобальний вплив (на навколишнє середовище із урахуванням швидких темпів урбанізації та розвитку виробництва). [27]

Локальний вплив полягає в тому, що теплові електростанції є чинником негативного впливу на території розміром 20-50 км (рисунок 3.1.1) у зв'язку з тим, що у процесі роботи відбуваються процеси горіння органічного палива разом з іншими продуктами згорання у результаті чого виникає з'єднання таких поллютантів як летюча зола, оксид сірки та азот. Викид в атмосферне повітря відбувається через димарі. У випадку неповного згорання палива у котлі створюються канцерогенні речовини та оксид вуглецю, які є надзвичайно шкідливими для людини. Разом з тим, при застосуванні у процесі роботи осучаснених технологій спалювання палива на ТЕС можливо звести до мінімуму або ж взагалі виключити виділення продуктів неповного згорання. [24]

В процесі роботи ТЕС відбувається використання води та утворюються стічні води, які внаслідок їх експлуатації містять шкідливі речовини. Скид відбувається у поверхневі водойми – у випадку Трипільської ТЕС це річка Дніпро.

Викиди та скиди від ТЕС мають значний негативний вплив у тому числі і на всі компоненти живої природи.



*Рисунок 3.1.1 Локальний вплив від Трипільської ТЕС (20/50 км)*

При аналізуванні викидів в атмосферу, значно чутливим до шкоди від діоксиду сірки ( $SO_2$ ) є рослини. Токсичний вплив пов'язаний із тим, що виникає пошкодження листя рослин, хвойних рослин у результаті руйнування хлорофілу який є у їх складі. Негативний вплив діоксиду сірки на рослини, які щорічно скидають листя значно менший. Отже, найбільше страждають хвойні дерева. [36]

Високий рівень діоксиду вуглецю призводить до виникнення захворювань серця, атеросклерозу, бронхіальної астми, хронічного бронхіту та інших хвороб.

Токсичність оксиду азоту ( $NO_x$ ) також є фактором негативного впливу на здоров'я людини, а саме на слизову оболонку очей, в результаті глибокого проникнення респіраторних захворювань зростає, а дихальні функції понижуються.

У випадку, якщо шкодочинна дія оксиду азоту відбувається в концентраціях  $2 \text{ мг/м}^3$  у рослин починається розвиток хлорозу. При концентраціях у розмірі  $4-6 \text{ мг/м}^3$  провокує гостре пошкодження рослин. Оксид

азоту також може поглинати природну радіацію, що є причиною пониження прозорості атмосфери і є причиною виникнення смогу. [36]

Шкідливий вплив також має летюча зола, яка є причиною збільшення надходження у водойму та ґрунт важких металів.

Водойми – це складні екологічні системи в яких співіснують рослини та тварини, а отже постійно відбуваються процеси зміни їх складу з метою утворення стану рівноваги.

Внесення змін у такій екосистемі від стану рівноваги призводить до того, що внаслідок ланцюгової реакції відбувається пригноблення на усіх рівнях біоценозу (рослин та тварин).

У період з початку ХХ століття і до нині зафіксовано значне збільшення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері від 0,029 до 0,032%, що має не значний вплив на людей, рослинний та тваринний світ, але є негативним фактором у зміні клімату в результаті утворення парникового ефекту і утворює глобальний негативний вплив на біосферу. [12]

### ***3.2 Відповідність Трипільської теплової електростанції нормативним вимогам***

Трипільська тепла електростанція розташована на березі річки Дніпро за 45 кілометрів на південь від міста Київ. Розташована на межі міста Українка та села Трипілья Обухівського району Київської області.

В процесі спалювання вугілля в котельнях теплової електростанції в умовах підвищеної температури із неспаленої неорганічної частини твердого палива утворюються золо-шлаковідходи. Віддаленість від золошлаковідвалу до існуючої житлової забудови становить 400 м на північ.

Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів (ДСП 173-96), пунктом 5.4 визначено, що промислові об'єкти які є фактором забруднення навколишнього природного середовища антропогенними



факторами (хімічними, фізичними або біологічними), у разі не можливості створення та/або застосування безвідходних технологій необхідно відокремлювати від житлової забудови санітарно-захисними зонами.

Санітарно-захисна зона – це територія в межах якої визначено потенційно небезпечний вплив від підприємства та заборонено будівництво житлової та громадської забудови з метою захисту населення від негативного впливу підприємства. Разом з цим, на місці зовнішньої межі санітарно-захисної зони рівень концентрації забруднюючих речовин не повинен перевищувати ГДК та/або ГДР.

Відповідно до пункту 5.5 ДСП 173-96 розмір СЗЗ від об'єкта, який потенційно є джерелом виділення шкідливих речовин, є необхідність визначати у відповідності до чинних санітарних норм їх розміщення після підтвердження що саме така СЗЗ є достатньою для того, щоб унеможливити негативний вплив на здоров'я людей.

Пунктом 8.33 ДСП 173-96 розмір СЗЗ від майданчиків які є накопичувачами промислових відходів до житлової та громадської забудови визначається у відповідності до типу та класу небезпеки відходів. Для золошлаковідвалів розмір санітарно захисної зони визначається розрахунковим шляхом, але не менше ніж 300 м.

Зважаючи на вищесказане, розмір СЗЗ навколо золо-шлаковідвалу Трипільської теплової електростанції необхідно визначити шляхом експертизи від профільної санітарно-епідеміологічної установи за умови що на межі СЗЗ не можливе перевищення гігієнічних нормативів та відсутній негативний вплив. На здоров'я людей.

В результаті проведення періодичних моніторингових досліджень було визначено що зважаючи на те, що за 460 м від золо-шлаковідвалів рівень забруднення атмосферного повітря частинками пилу, золи та шлаку перевищують ГДК, отже розмір санітарно захисної зони від золо-шлаковідвалів Трипільської теплової електростанції повинен бути більше ніж 300 м які

визначено які мінімальний розмір СЗЗ від майданчика промислового накопичувача.

У разі, якщо організація санітарно-захисної зони потребує до трьохкратного збільшення від мінімально можливого розміру СЗЗ, то такий об'єкт можливо використовувати. Якщо ж потреба у збільшенні санітарно захисної зони більше ніж утричі, то необхідно приймати рішення щодо зміни технології виробництва таким чином, щоб було знижено обсяги викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, перепрофілювання об'єкту або його закриття.

В залежності від розміру санітарно захисної зони повинно визначається площа озелених територій. Мінімальна площа озеленення в СЗЗ повинна складати:

- СЗЗ до 300 м – 60%;
- СЗЗ від 300 до 1000 м – 50%;
- СЗЗ понад 1000 м – 40%.

У зв'язку із відсутністю встановленого розміру санітарно захисної зони навколо Трипільської теплової електростанції

### ***3.3 Оцінка впливу теплової електростанції на атмосферне повітря***

Згоряння палива є причиною викиду газів у складі яких наявний особливо високий рівень викидів при роботі теплової електростанції. Викиди відбуваються через димові труби, а отже можуть бути контрольовані. Серед основних забруднювачів, які викидаються в атмосферне повітря із димарів ТЕС можна виділити:

- діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ): теплові електростанції які працюють на вугіллі є чинником викиду в атмосферне повітря дрібнодисперсних частинок, якими в результаті дихають люди і вони проникають у легені після чого поглинаються кровостоком. Діоксид сірки може бути також причиною виникнення кислотних

дощів які негативно впливають на ліси, ґрунтовий покрив, є причиною окислення річок та озер;

- оксид азоту ( $\text{NO}_x$ ): є причиною виникнення смогу або озону, які є причиною подразнення (спалення) легеневої тканини, виникнення або загострення астми що в результаті є причиною погіршення імунітету людей і робить їх вразливішими до хронічних та респіраторних захворювань;

- ртуть: теплові електростанції є значним джерелом викиду такого важкого та токсичного металу як ртуть. Перевищення його концентрації в навколишньому середовищі є причиною таких погіршень у здоров'ї людини як проблеми із серцем, пошкодження мозку та інші;

- тверді частинки: летюча зола (сажа) також є причиною загострення або виникнення хронічного бронхіту та астми що в результаті може бути причиною летальних випадків.[46]

Серед поллютантів, які постійно викидаються ТЕС можна виділити: кадмій, свинець, окис вуглецю, миш'як, леткі органічні сполуки, вуглеводні. Ці поллютанти також є причиною виникнення головної болі, є причиною збільшення навантаження на здоров'я людей які мають схильність до хвороб серця.

В залежності від типу теплової електростанції варіюється обсяги викидів поллютантів у навколишнє середовище. Детальніше про температурні характеристики вугілля та середні викиди при спалюванні вугілля наведено у таблиця 3.3.1 та таблиці 3.3.2.

*Таблиця 3.3.1*

*Теплова характеристика вугілля [6]*

<b>Тип вугілля</b>	<b>Температура</b>	<b>Температура запалювання</b>
Буре вугілля	130-170	240-450
Бітумне вугілля	200-300	400-500
Антрацит	380-400	700-800

Таблиця 3.3.2

Середня емісія димових газів від спалювання вугілля [6]

<b>Забруднююча речовина</b>	<b>Антрацит</b>	<b>Буре вугілля</b>
CO <sub>2</sub>	94,600	101
SO <sub>2</sub>	765	1,361
NO <sub>x</sub>	292	183
CO	89,1	89,1
Тверді частинки	1,203	3,254

Визначення ступеня забруднення атмосферного повітря відбувається шляхом визначення концентрації домішок в приземному шарі повітря, яка на пряму залежить від таких техногенних факторів:

- температури;
- висота джерела викиду;
- витрати газоповітряних сумішей;
- концентрація домішок та інші .[17]

Також рівень концентрацій домішок в приземному шарі має залежність від метеорологічних чинників, таких як:

- Напрямок та швидкість пануючих вітрів;
- Розташування теплової електростанції;
- Наявність інверсії;
- Туманність;
- Опади;
- Вологість атмосферного повітря.[17]

Взаємозв'язок між метеорологічними та техногенними факторами є результатом створення особливих умов утворення мікроклімату у районі розташування теплової електростанції.

Робота теплової електростанції також є техногенним фактором, який впливає на формування мікроклімату, а саме є причиною:

- Хімічного забруднення, а саме утворення викидів димових газів;

- Теплового забруднення повітряного та водного басейнів, що в результаті впливає на зміну швидкості вітру, рівня вологості, температуру повітря, атмосферні інверсії, тощо.

### ***3.3.1 Характеристики впливу Трипільської теплової електростанції на атмосферне повітря***

Вплив Трипільської теплової електростанції на мікроклімат у місці її розташування у значній мірі залежить від значних обсягів викидів димових газів у атмосферне повітря, що є причиною теплового та хімічного забруднення.

Таке забруднення обумовлене тим, що в технологічному процесі роботи теплової електростанції є необхідність у створенні високого рівня температури у ядрі факела горіння, яка в результаті спалює вугілля із виникненням рідкого шлаковидалення і як наслідок є причиною високого рівня концентрації викидів  $\text{NO}_x$ , а також високий рівень  $\text{SO}_2$  у зв'язку із наявністю високого рівня сірки у паливі. Попри те, що технологія мокрого очищення димових газів працює таким чином, що дає можливість утримувати до 2,5% діоксиду сірки, проблема очищення та відновлення атмосферного повітря від вищеперерахованих поллютантів залишається не вирішеною.

За даними екологічних паспортів Київської області за 2017-2023 роки, було визначено, що Трипільська тепла електростанція є основним забруднювачем атмосферного повітря у Київській області уже протягом багатьох років, а обсяг викидів складає 64,5% від усіх викидів стаціонарних джерел в Київській області. (Таблиця 3.2.1.1)

Визначення обсягів забруднюючої речовини в атмосферному повітрі відбувається шляхом контролю за рівнем гранично допустимої концентрації, які в результаті негативно впливають на здоров'я людей та стан навколишнього середовища.

Таблиця 3.3.1.1

*Забруднення атмосферного повітря від ПАТ «Центрэнерго» Трипільська  
ТЕС за 2023 рік [6]*

Назва	Частка викидів забруднюючої речовини			Частка оснащення джерел викидів ГОУ, %	Ефективність роботи ГОУ, %	Зменшення обсягів викидів за рахунок впровадження природоохоронних заходів, т/рік	
	Всього викидів, т/рік	До загального обсягу викидів об'єкта, %	До загального обсягу викидів населеного пункту, %			Очікуване	Фактичне
Метали та їх сполуки	11,769	0,033	-	-	-	-	-
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	9660,182	26,97	-	-	-	-	-
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок більше 2,5 мкм та менше 10 мкм	121,185	0,338	-	-	93,52	-	-
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок 2,5 мкм та менше	9538,997	26,638	-	-	91,78	-	-
Сполуки азоту	3463,003	9,670	-	-	-	-	-
Діоксиди та інші сполуки сірки	22194,705	62,98	-	-	-	-	-
Оксид вуглецю	446,382	1,247	-	-	-	-	-
Не метанові легкі органічні сполуки	0,663	0,92	-	-	-	-	-
Метан	32,969	0,092	-	-	-	-	-
Стійкі органічні забруднювачі	0,004	0	-	-	-	-	-
Хлор та сполуки хлору (у перерахунку на хлор)	0,001	0	-	-	-	-	-
Фтор та його сполуки	0,025	0	-	-	-	-	-
Всього	35809,707	100	-	-	-	-	-
Діоксид вуглецю	2559790,478		-	-	-	-	-

Відповідно до Наказу №813 від 10 травня 2024 року «Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» визначено, такі гранично допустимі концентрації, орієнтовно безпечні рівні впливу хімічних і біологічних речовин та їх клас небезпеки можна порівняти із вмістом забруднюючих речовин у атмосферному повітрі які було виявлено в результаті натурних досліджень інститутом громадського здоров'я ім.О.М.Марзева:

Таблиця 3.3.1.2

№	Назва речовини	Виявлено, мг/м <sup>3</sup>	CAS №	Гранично допустима концентрація, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпеки
				Максимально разова	середньодобова	
1.	Пил неорганічний, що містить двоокис кремнію 70-20% (шамот, цемент, ін)	0,48	-	0,3	0,1	3
2.	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,0009	1306- 19-0	-	0,0003	1
3.	Свинець і його неорганічні сполуки	0,00012	7439- 92-1	0,001	0,003	1
4.	Хром шестивалентний	0,0031	7440- 47-3	0,0015	0,0015	1
5.	Нікелю оксид (у перерахунку на цинк)	0,0031	1313- 99-1	-	0,001	2
6.	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,0032	1314- 13-2	-	0,05	3

За даними таблиці 3.2.1.2 можна зробити висновки щодо відібраних проб атмосферного повітря в радіусі впливу золошлаковідвалу Трипільської, а також у точці на відстані приблизно 460 м від основного джерела забруднення повітря (тіла золошлаковідвалів Трипільської ТЕС) у радіусі житлової забудови у м.Українка вміст пилу з вмістом двоокису кремнію, який є специфічним для накопичувача золи ТЕС забруднювачем ТПВ суттєво перевищує ГДВ (до 9,2 часток ГДК).

Окрім цього було визначено понаднормативне забруднення атмосферного повітря сполуками хрому (до 2,1 часток ГДК).

Наявність наднормативного забруднення атмосферного повітря поза межами мінімально допустимого для накопичувача відходів ТЕС санітарно захисною зоною 300 м є наслідком недотримання належних вимог щодо пригнічення пилоутворення на золошлаковідвалі, адже саме золошлаковідвал є потужним джерелом пилу на даній території. Визначено забруднення повітря сполуками хрому є результатом того, що зола Трипільської ТЕС містить ці сполуки.[17]

Варто також зазначити, що відбір проб атмосферного повітря при відносно невеликій швидкості вітру, а саме 1,5 м/с, тому при збільшенні швидкості вітру концентрація пилу і сполук ВМ в атмосферному повітрі у радіусі золошлаковідвалу ймовірно може бути сильно вище.

При проведенні досліджень дрібних фракцій пилу в повітрі в радіусі впливу золошлаковідвалу від Трипільської ТЕС встановлено наявність значної концентрації пилу дрібних фракцій. Директивою 2008/50/ЄС визначено ГДК зважених часток:

- у розмірі до 10-50 мкг/м<sup>3</sup>;
- розміром до 2,5 мкм – 25 мкг/м<sup>3</sup>.



### 3.3.2 *Визначення величини фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі*

Відповідно до вимог статті 23 Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про охорону атмосферного повітря», Наказом №286 від 30 липня 2001 затверджено Порядок визначення величини фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі.

Величина фонові концентрації, яку було визначено за даними фактичних спостережень визначається у відповідності до «Методики розрахунку концентрації в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які містяться у викидах підприємств» (оригінал – російська мова), затвердженої Головою Держкомгідромету СРСР від 4 липня 1986 р.

При розрахунку полів концентрацій шкідливих речовин в атмосфері без урахування впливу забудови (відповідно до ОНД – 86 для точкових джерел) було вказано такі вихідні дані:

*Таблиця 3.3.2.1*

#### *Характеристика району*

<b>Параметр</b>	<b>Значення</b>
Коефіцієнт стратифікації атмосфери	200
Коефіцієнт впливу рельєфу місцевості	1,0
Середня максимальна температура зовнішнього повітря, °С	
- найбільш теплого місяця	- 25,8
- найбільш холодного місяця	- 1,0
Швидкість вітру $V^*$ повторюваність перевищення якої становить 5%, м/с	4,0

*Таблиця 3.3.2.2*

#### *Розрахунок швидкості вітру*

<b>В м/с</b>	<b>0,5</b>	<b><math>V^*</math></b>	
В долях $V_m$	0,5	1,0	1,5

Таблиця 3.3.2.3

## Параметри розрахункового прямокутника

Довжина, м	Ширина, м	Крок по Х, м	Крок по Y, м
3000	3000	100	100

Таблиця 3.3.2.4

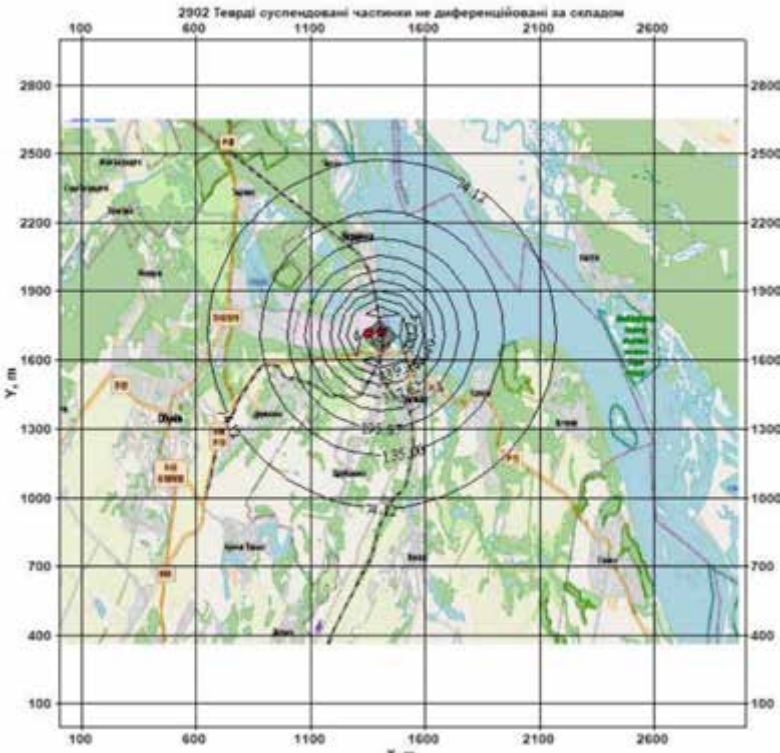
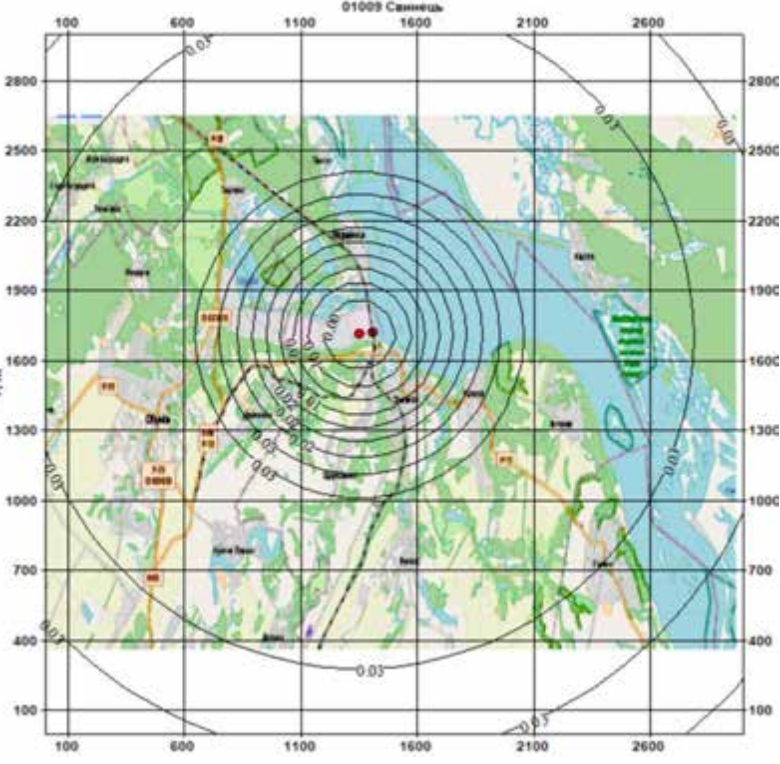
## Параметри джерел

Назва	Висота, м	Діаметр, м	Об'ємний розхід газів, м <sup>3</sup> /с	Температура газів, °С	Координата Х, м	Координата Y, м
Труба східна та західна	180	6,7	17	22	1350	1710
Склад вугілля	15	60	60	22	1410	1715

Таблиця 3.3.2.5

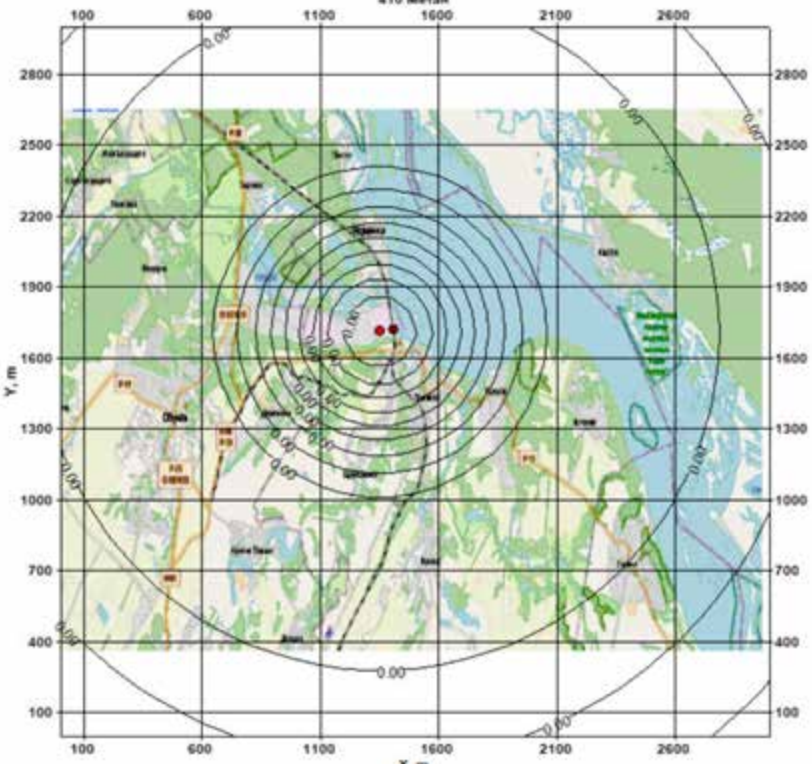
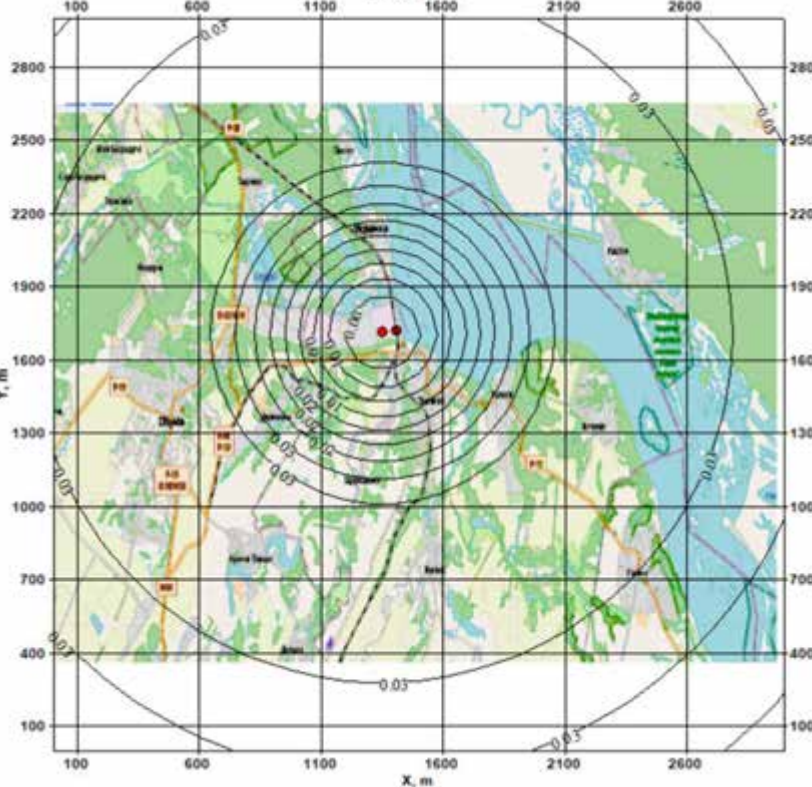
## Результати розрахунку концентрації забруднюючої речовини по розрахунковому прямокутнику

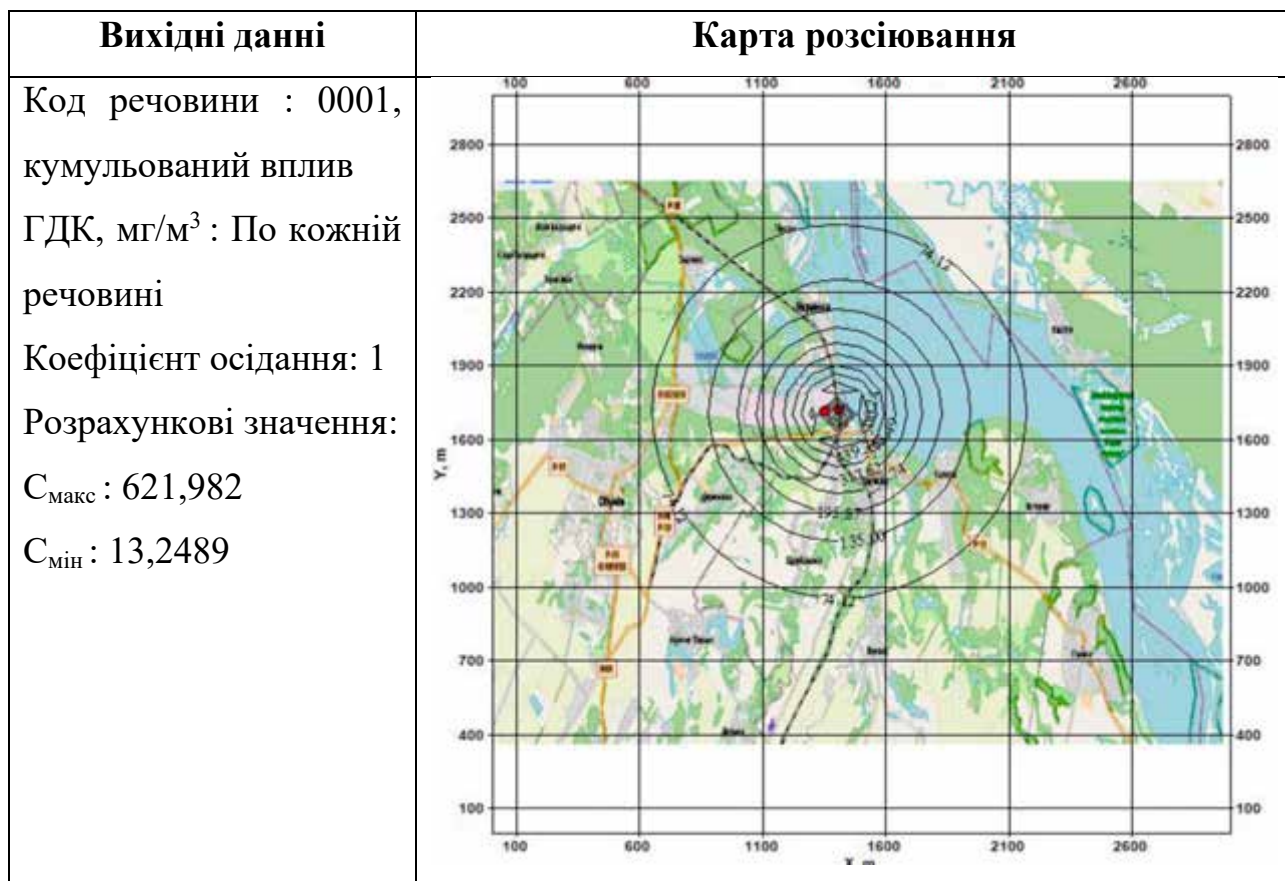
Вихідні данні	Карта розсіювання
Код речовини: 11812 Речовина: Діоксид вуглецю ГДК, мг/м <sup>3</sup> : 0,6 Коефіцієнт осадження: 1 Розрахункові значення: $C_{\text{макс}}$ : 0,1245 $C_{\text{мін}}$ : 0,0017	

Вихідні данні	Карта розсіювання
<p>Код речовини: 2902</p> <p>Речовина: Тверді суспендовані частинки не диференційовані за складом</p> <p>ГДК, мг/м<sup>3</sup>:2</p> <p>Коефіцієнт осідання: 1</p> <p>Розрахункові значення:</p> <p><math>C_{\text{макс}}</math> : 621,9820</p> <p><math>C_{\text{мін}}</math> : 13,2489</p>	 <p>2902 Тверді суспендовані частинки не диференційовані за складом</p>
<p>Код речовини: свинець</p> <p>ГДК, мг/м<sup>3</sup> : 0,01</p> <p>Коефіцієнт осідання: 1</p> <p>Розрахункові значення:</p> <p><math>C_{\text{макс}}</math> : 0,0332</p> <p><math>C_{\text{мін}}</math> : 0,0005</p>	 <p>01009 Свинець</p>

Вихідні данні	Карта розсіювання
<p>Код речовини: 01010</p> <p>Речовина: хром</p> <p>ГДК, мг/м<sup>3</sup> : 0,5</p> <p>Коефіцієнт розсіювання : 1</p> <p>Розрахункові значення:</p> <p><math>C_{\text{макс}} : 0,007</math></p> <p><math>C_{\text{мін}} : 0,0000</math></p>	
<p>Код речовини: 2754</p> <p>Речовина: НМЛОС</p> <p>ГДК, мг/м<sup>3</sup> : 0,01</p> <p>Коефіцієнт осадження: 1</p> <p>Розрахункові значення:</p> <p><math>C_{\text{макс}} : 7,2597</math></p> <p><math>C_{\text{мін}} : 0,1006</math></p>	



Вихідні данні	Карта розсіювання
<p>Код речовини: 410</p> <p>Речовина: метан</p> <p>ГДК, мг/м<sup>3</sup> : 3</p> <p>Коефіцієнт осадження: 1</p> <p>Розрахункові значення:</p> <p><math>C_{\text{макс}}</math> : 0,0019</p> <p><math>C_{\text{мін}}</math> : 0,000</p>	 <p>410 Метан</p>
<p>Код речовини: 01001</p> <p>Речовина : Арсен</p> <p>ГДК, мг/м<sup>3</sup> : 0,01</p> <p>Коефіцієнт осадження: 1</p> <p>Розрахункові значення:</p> <p><math>C_{\text{макс}}</math> : 0,0332</p> <p><math>C_{\text{мін}}</math> : 0,005</p>	 <p>01001 Арсен</p>



Отримані данні дають можливість візуально відобразити екологічну ситуацію в навколо Трипільської ТЕС та визначити чи перевищено допустимі межі викидів в навколишнє середовище. Результати досліджень повинні бути ключовими при визначенні основних напрямів для покращення стану навколишнього середовища та прийняття управлінських рішень на основі науково обґрунтованих підходів.

### ***3.4 Вплив золошлаковідвалів Трипільської ТЕС на довкілля***

Зола та шлаки є продуктом спалювання вугілля в котельнях ТЕС при підвищеннях температури з неспаленої неорганічної частини твердого палива. Після спалювання відбувається транспортування золи і шлаків із котельних установок у вигляді пульпи до золошлаковідвалів через трубопроводи.

Золо- та шлаковідвали є причиною негативного впливу на довкілля у зв'язку з тим, що:

- відбувається розсіювання золи та шлаків вітром;
- крізь стінки та дно золо- та шлаковідвалів можливе забруднення води;
- є ризик виникнення аварійних скидів освітлених вод, що проходять під час мокрого золовидалення на енергоблоках теплової електростанції;
- пилоутворення золо- та шлаковідвалів є причиною погіршення санітарно-гігієнічної ситуації на прилеглих територіях, що як наслідок є причиною погіршення якості роботи машин та механізмів, негативно пливають на стан та якість сільськогосподарської продукції на території особистих селянських господарств. [21]

Рівень забруднення атмосферного повітря в радіусі впливу накопичувачів теплоенергетичних відходів прямо залежить від об'ємів та складу викидів від котлоагрегатів енергоблоків ТЕС та від емісії в атмосферне повітря дрібнодисперсних часток відходів в результаті використання вугілля на ТЕС від місця їх накопичення.

В переважній більшості екологами розглядаються та вивчаються процеси, які відбуваються уже після спалювання вугілля та із акцентом на забруднення атмосферного повітря та водних об'єктів в наслідок викиду продуктів згоряння в атмосферне повітря.

В результаті процесу спалювання твердих видів палива у котельних установках теплових електростанцій утворюється зола у вигляді залишків і кускових шлаків, пилу, золошлакові суміші, які утворюються внаслідок обробки мінеральної частини палива високими температурами (1200 – 1700 °С). [21]

На сьогоднішній день рекомендовано застосування більш сучасних технологій спалювання вугілля у ЦКП яка передбачає вдмухування у топку вапняного пилу з метою зв'язування сполук сірки. Використання цієї технології дає можливість суттєво знизити рівень викидів сірчаного андригиду, але одночасно з цим не дає можливість використання гідротранспорту у золовидаленні.



Золовидалення це дрібнодисперсний матеріал, у його складі переважають частинки у розмірі від 5 до 100 мкм. Хімічний та метеорологічний склад на пряму залежить від того, який склад мінеральної частини палива, що спалюється. В процесі згоряння кам'яного вугілля, зола є обпеченою глинистою речовиною які в складі також містять частинки кварцового піску. В процесі спалювання мінеральних часток палива проходить процес дегідратації глинистої речовини і як результат виникають алюмінати та силікати кальцію.

Ключовим складником золо-виносу являється склоподібна алюмосилікатна фаза, яка становить від 40 до 65% від усієї маси і виглядає як частинки кулеподібної форми розміром до 100 мкм.

Зважаючи на те, що в Україні теплові електростанції використовують найчастіше вугілля антрацитної групи, золовиніс яких може складатися до 15% вуглецю, що створює обмеження для потенційного використання. Зазвичай золошлаковідходи містять орієнтовно 40% пилової фракції, що є причиною виникнення схильності до вітрової ерозії, адже такі відходи потребують постійного зволоження із застосуванням незворотних вод у зв'язку з високим коефіцієнтом фільтрації золо-шлаковідходів. [21]

За даними дослідження золи та шлаку від Трипільської теплової електростанції від ДУ ІГЗ НАМНУ показники золошлаковідвалів становлять:

- рН – 8,28;
- масова частка вологи – 5,5%;
- % вміст мінеральних речовин – 91,98 ;
- % вміст органічних речовин – 8,02.

Золо-шлакові суміші Трипільської теплової електростанції мають лужний рН, характеризуються не достатньо високим рівнем вологості, переважають мінералізовані компоненти, що як наслідок виникає у зв'язку із недостатнім спалюванням вугілля.

Таблиця 3.4.1

Вміст важких металів у золошлаковій суміші Трипільської ТЕС [35]

№	Показник, мг/кг	ГДК у ґрунті, мг/кг	Кларк, мг/кг	Золошлак
1.	Свинець	32,0	10	6,7
2.	Мідь	55,0	20	28,6
3.	Цинк	100,0	50	229,0
4.	Хром	-	0,5	0,2
5.	Кадмій	-	200	40,9
6.	Нікель	85	40	5,1
7.	Алюміній	-	71 300	1088,61
8.	Залізо	-	38 000	106,1

Щорічне утворення значних обсягів золо-шлаковідходів на Трипільській ТЕС в результаті потребує збільшення площі для їх належного зберігання і призводить до порушення ландшафтів, збільшує ризик забруднення водних ресурсів (розчинами солей, важкими металами, інше), атмосферного повітря і негативно впливає на рівень захворюваності населення.

Процес транспортування, складування та обробка золо-шлакових відходів супроводжується викидами дрібнодисперсного пилу у складі якого є токсичні елементи які забруднюють атмосферне повітря та збільшують концентрацію часток PM10 та PM2,5 які також мають негативний вплив на здоров'я людей. [7]

Ефективне управління золо-шлаковідходами вимагає впровадження сучасних технологій та підходів, таких як вдосконалення очищення відходів, проведення моніторингу стану навколишнього середовища, переробка, рекультивация та план управління відходами на дане підприємство, а також проведення екологічного менеджменту з метою зменшення екологічних ризиків.

Щодо заходів із захисту повітряного басейну необхідно вжити таких заходів з метою пригнічення пилоутворень та технологічне закріплення поверхонь на золо-шлаковідвалах:

- укріплення укосів із використанням рослинного ґрунту та засівання трав;

- укріплення укосів шаром не пилюватих фракцій шлаку не менше 2 мм при потужності шару понад 0,2 м;
- постійне зволоження поверхонь відкладень із застосування ставків-відстійників із активним зволоженням поверхонь, які схильні до пилоутворення;
- технічне закріплення поверхні хімічним засобом при застосуванні речовин, що утворюють на оброблених поверхнях стійке до вітрової ерозії покриття;
- основним протифільтраційним заходом на золошлаковідвалі повинно бути облаштування екранування ложа та бортів золошлаковідвалу шаром ущільненого глинистим ґрунтом із малим коефіцієнтом фільтрації ( $10^{-5}$  –  $10^{-7}$  м/добу). [41]

### ***3.5 Розповсюдження акустичного забруднення довкілля від діяльності Трипільської теплової електростанції***

Акустичне навантаження від ТЕС відбувається шляхом роботи технологічного обладнання, такого як:

- Турбіни та генератори – є основним джерелом шуму високих частот вібраційних коливань, які утворюються під час їх роботи. Коливання передаються через металеві конструкції та фундамент, утворюючи низькочастотні звуки які поширюються на значну відстань;
- Трубопроводи, повітропроводи та інші труби – в момент викиду газів на високій швидкості виникають додаткові джерела акустичного навантаження у системі вентиляції та трубах і як наслідок є причиною появи аеродинамічного шуму;
- Охолоджувальні системи (градирні башти та конденсатори) – потоки повітря, які проходять в цих системах утворюють аеродинамічний шум. В результаті випаровування та конденсації води всередині цих систем

утворюють звукові ефекти, які можуть посилюватися пропорційно до інтенсивності їх роботи;

- Котельне обладнання – в процесі згоряння палива в котлах утворюються звукові хвилі в результаті горіння та підвищення тиску які причиною появи потужних звукових імпульсів, особливо при використанні вугільного палива. [11]

Математично – графічне моделювання поширення акустичного навантаження можливо розрахувати з використанням програмного забезпечення iNoise розробленого Нідерландською компанією.

Дане програмне забезпечення проводить розрахунок за стандартом ISO 9613 Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors Part 2: Engineering method for the prediction of sound pressure levels outdoors, який відповідає ДСТУ ГОСТ 31295.2:2007.

Вихідні умови моделювання:

- Об'єкт: Трипільська теплова електростанція;
- Місце розташування: м.Українка, Київська область;
- Координати WGS 84 : 50.13281, 30.74964;
- Картографічна основа : OSM (<https://www.openstreetmap.org/about/>)

Кліматичні умови:

- Середньодобова температура 18° С;
- Середньодобова швидкість вітру: 3-5 м/с;
- Середньодобовий напрям вітру: Пд-ПдСх;
- Атмосферний тиск : 101,325 кПа;
- Коефіцієнт стратифікації атмосфери : 200;
- Значення небезпечних атмосферних явищ : 0.

Опис предмету дослідження:

- Кількість розрахункових контрольних точок : 7
- КТ 1 Вулиця Юності ( в межах житлової забудови м.Українка)
- КТ 2 територія Трипільської ТЕС (на півдні від котельного цеху на відкритому повітрі);

- КТ 3 Житлова забудова с.Трипілья по вулиці Івана Франка 29;
- КТ 4 Житлова забудова с.Трипілья по вулиці Корольова 25;
- КТ 5 Територія Трипільської ТЕС (на півдні від турбінного цеху на відкритому повітрі);
- КТ 6 Територія Трипільської ТЕС (на схід між турбінними та котельними цехами);
- КТ 7 Територія Трипільської ТЕС (на захід від котельного цеху на залізничних коліях).

Методика та внесення основних даних, побудова моделі – побудована модель Трипільської ТЕС та околиць, а також виконано моделювання рельєфу відповідно до відміток висот (Рисунок 3.4.1)

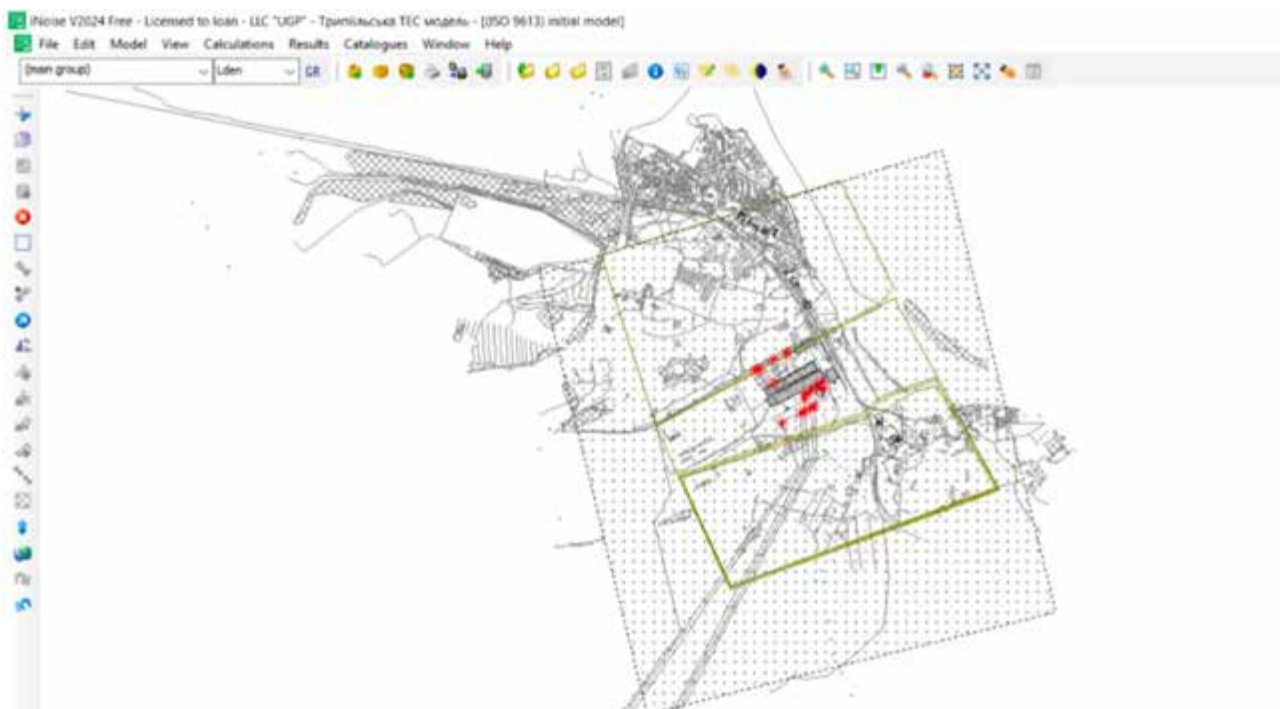


Рисунок 3.5.1 Відмітки висот за даними Google Earth pro)

На моделі, відповідно до даних OSM (<https://www.openstreetmap.org/about>) розміщені об'єкти житлової забудови та будівлі і споруди самої Трипільської ТЕС. (Рисунок 3.4.2)

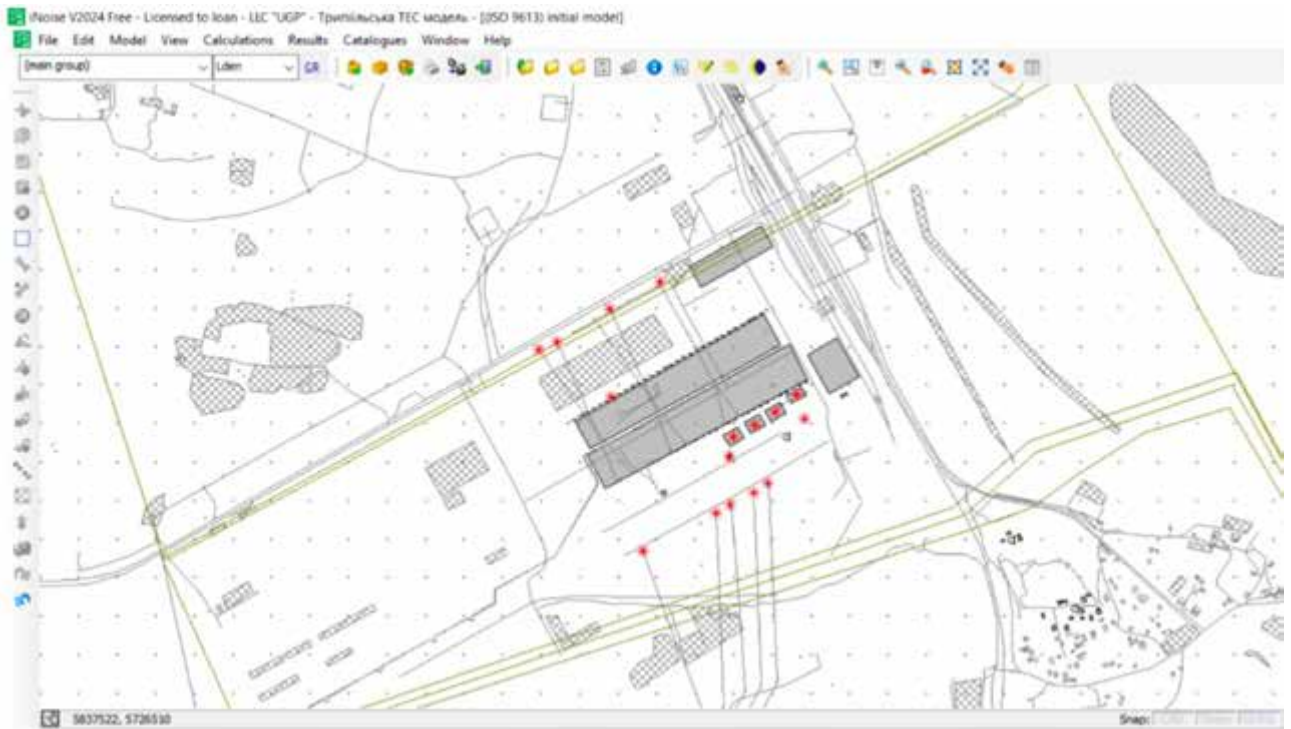


Рисунок 3.5.2 Розміщення основних джерел шуму, що досліджувалися

Результати моделювання:

За результатами розрахунків встановлено перевищення допустимих рівнів акустичного навантаження у точках КТ 2,5,6. (Рисунок 3.4.3, рисунок 3.4.4)



Рисунок 3.5.3 Карта розповсюдження акустичного навантаження

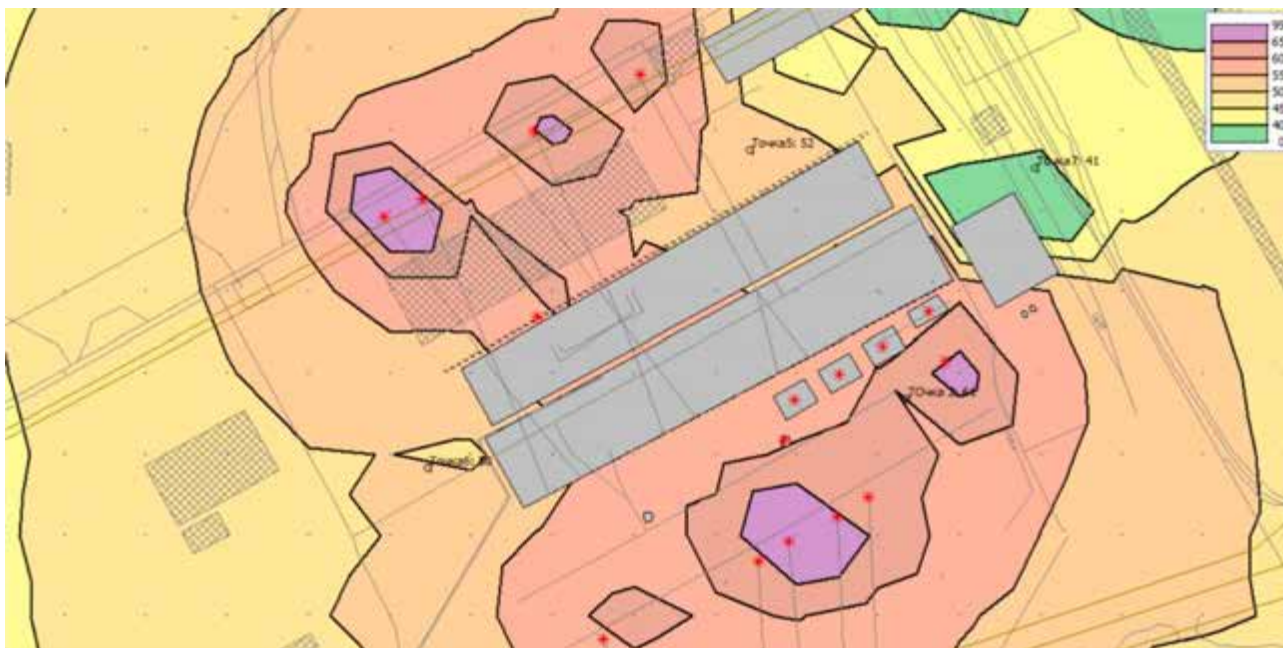


Рисунок 3.5.4 Карта розповсюдження акустичного навантаження у КТ 2,5,6,7

Варто зазначити, що Трипільська ТЕС працює цілодобово, отже розрахункові рівні шумового навантаження є аналогічними для нічного переходу з похибкою  $\pm 5$  дБ. (Таблиця 3.5.1)

Таблиця 3.5.1

*Рівні акустичного навантаження від контрольних точок*

Контрольна розрахункова точка	Рівень акустичного навантаження	Максимальні допустимі рівні навантаження в межах житлової забудови	
		День	Ніч
КТ 1	44 дБ (А)	55	45
КТ 2	61 дБ (А)	55	45
КТ 3	45 дБ (А)	55	45
КТ 4	40 дБ (А)	55	45
КТ 5	52 дБ (А)	55	45
КТ 6	50 дБ (А)	55	45
КТ 7	41 дБ (А)	55	45

### ***3.6 Вплив роботи теплової електростанції на поверхневій воді***

Для функціонування частини технологічних процесів в роботі теплової електростанції (обробка золи, паровий цикл, вивстеми десульфуризації димових газів та інші), найбільша потреба у воді виникає в процесі охолодження (орієнтовно 90%). Загалом, споживання води для даного процесу не значне, але використані потоки води можуть містити забруднювачі і перед їх скидом необхідно провести їх очищення. У зв'язку з цим, на рівні підприємства необхідне влаштування дороговартісних установок для очищення стічних вод до такого рівня, що відповідає нормам.

Системи охолодження поділяються на такі види:

- Система «одноразового охолодження» - вирізняється серед інших систем перш за все тим, що вона найдешевша. Для її роботи необхідно провести забір значних обсягів води, але використовується лише не значна її частина. Вода один раз проходить через електростанцію для охолодження пари та повертається в джерело забору трішки нагрітою. Серед негативних чинників впливу цього методу на навколишнє середовище є те, що значний за обсягами забір води може бути причиною загибелі риб та інших організмів. Також ця система охолодження не може використовуватися в період засухи;
- Система «замкненого охолодження» - полягає в тому, що охолоджувальні вежі (високі башти схожі на ті, що використовуються атомними електростанціями), забирають набагато менше води, але при цьому значна її частина випаровується. Така система дорожча та складніша, ні система «одноразового охолодження», разом з тим негативний вплив на енавколишнє середовище менший;
- Системи «сухого оголодження» - в процесі охолодження пари замість води задіюється повітря. Застосування такої системи є дороговартісним та негативно впливає на енергоефективність ТЕС. [47]



Від вибору системи охолодження теплової електростанції на пряму впливає на її енергоефективність та об'єми води, яка забирається та застосовується. Кожен випадок є індивідуальним, тому при виборі системи охолодження необхідно дотримуватися компромісу.

Активне використання водопостачання в технологічних процесах ТЕС має значний негативний вплив на екологічну ситуацію у місці розташування станції у зв'язку із необхідністю скиду підігрітої води, яка може мати підвищений рівень солей. Моніторинг за станом поверхневих водойм поруч із ТЕС є одним із важливих компонентів моніторингу впливу на довкілля. [45]

Дані щодо моніторингу стану річки Дніпро поблизу Трипільської теплової електростанції відноситься до інформації, яка повинна бути наведена у публічному доступі. Державним агентством водних ресурсів України відображено моніторингові дані та наведено оцінку водних ресурсів України.

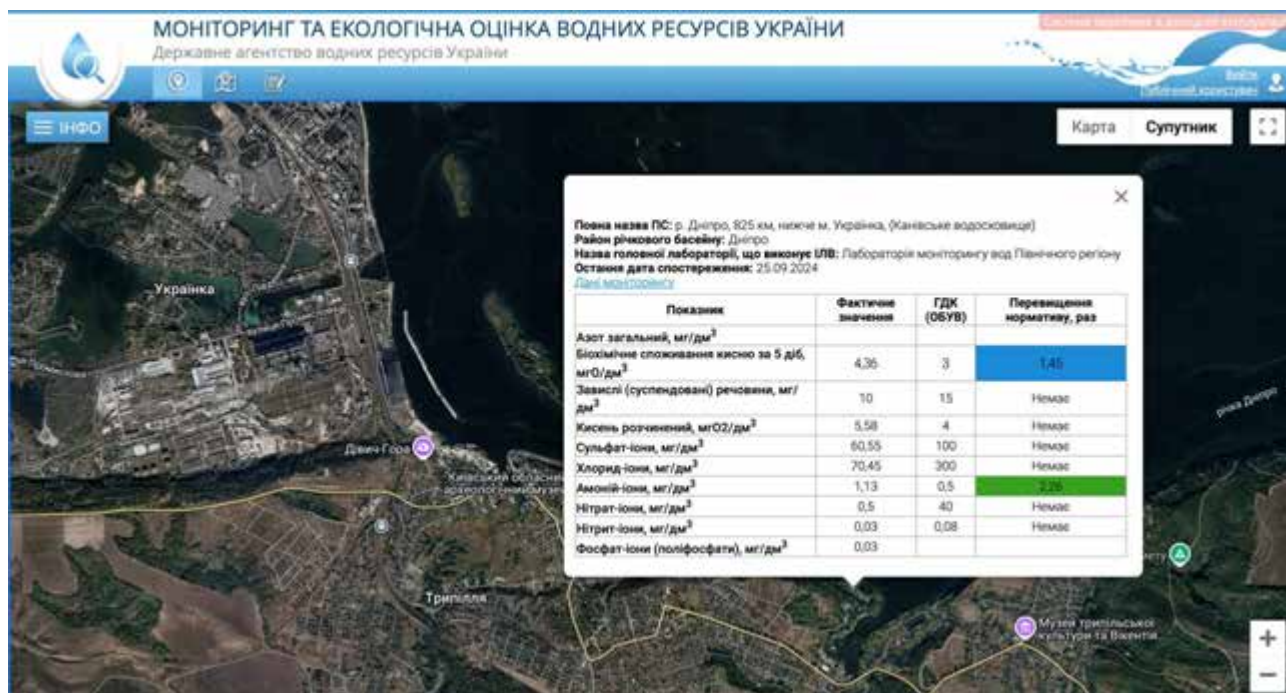


Рисунок 3.6.1 Пост спостереження за нижче міста Українка

Протягом 2024 року було проведено 8 замірів стану річки Дніпро на пості спостереження нижче міста Українка (таблиця 3.5.1)

Таблиця 3.6.1

Моніторинг заданими поста спростереження за 2024 р.

(абсолютні значення) [30]

Показники	Дата							
	20.02	26.03	08.04	20.05	19.06	24.07	21.08	25.09
Амоній-іони, мг/дм <sup>3</sup>	0,49	0,52	2,34	1,65	1,67	1,21	0,42	1,13
Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3,40	1,90	3,22	4,02	2,34	1,47	4,13	4,36
Завислі (суспендовані речовини, мг/дм <sup>3</sup>	3,20	19,60	28,00	10,80	8,40	6,80	7,00	10,00
Кисень розчинений, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,00	9,10	8,60	8,90	5,80	6,93	5,40	5,58
Нітрат-іони, мг/дм <sup>3</sup>	5,94	6,12	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Нітрит – іони, мг/дм <sup>3</sup>	0,15	0,13	0,13	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03
Сульфат – іони (поліфосфати), мг/дм <sup>3</sup>	243,00	95,70	99,70	69,90	42,60	27,05	64,45	60,55
Фосфат – іони (поліфосфати), мг/дм <sup>3</sup>	0,19	0,02	0,02	0,12	0,16	0,40	0,57	0,03
Хлорид – іони, мг/дм <sup>3</sup>	72,60	64,60	65,30	56,20	55,46	18,48	62,22	70,45

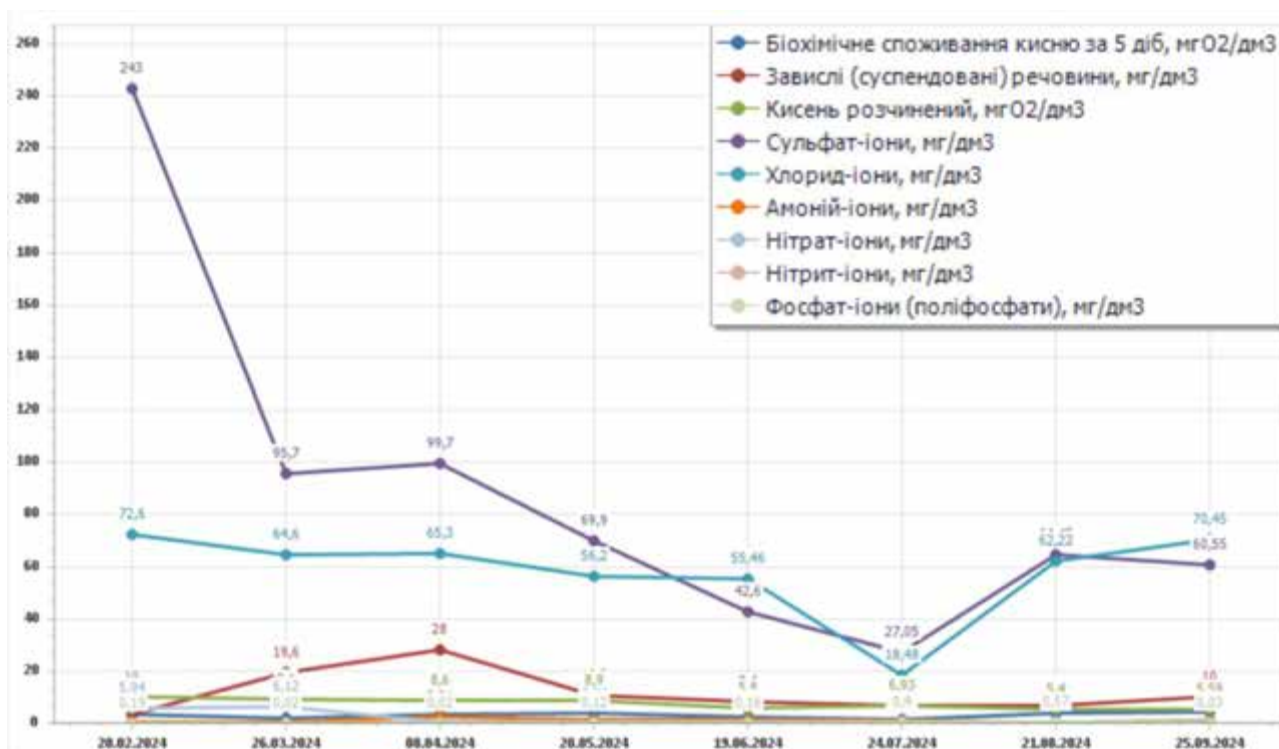


Рисунок 3.6.2 Моніторинг за даними поста спостереження за 2024 р. [30]

Зважаючи на моніторингові данні за станом вод в районі поверхневих вод річки Дніпро, а особливо в районі Канівського водосховища почав показуватися. Основними забруднювачами, які потрапляли у воду в результаті діяльності ТЕС. Зупинка роботи Трипільської теплової електростанції зменшала обсяг цих викидів, що позитивно вплинуло на рівень забруднення.

### ***3.7 Основні заходи щодо зменшення скидів та викидів від теплової електростанції у довкілля***

Теплові електростанції важливий та необхідний структурний елемент для виробництва електроенергії на території України, особливо зважаючи на обставини, які склалися внаслідок зброєної агресії РФ на території України.

До заходів, застосування яких має системний характер відносяться . До заходів із застосуванням яких можливо зменшити рівень викидів у навколишнє середовище від роботи ТЕС можна віднести:

1. Удосконалення процесу згоряння викопного палива(вугілля, нафти, газу) в енергетичних установках. Такі викиди сприяють появі кислотних дощів, смогу, зміни мікроклімату у регіоні та є причиною підвищення ризику виникнення респіраторних захворювань у людей. Удосконалення можливе із використанням передових технологій із застосуванням таких методів, як пальники із низьким вмістом азоту, рецикуляція димових газів, згоряння оксидів азоту, сірки, твєдрих частинок, вуглекислого газу, а також елективне каталітичне відновлення; [42]

2. Захоплення та зберігання вуглецю із використанням уловлювачів та зберігання вуглецю, який утворюється в результаті виробництва електроенергії та зберігання їх у підземних резервуарах. При застосування таких заходів можливо запобігти потраплянню CO<sub>2</sub> до атмосфери. Дана технологія є новітньою та дороговартісною, але має значний потенціал для зменшення негативного впливу на двікілля; [42]

3. Зниження обсягів спожитої води, яка використовується з метою охолодження , очищення утворення пари та інших процесів. Зменшення споживання води можливе при застосування системи сухого охолодження, переробляючи воду із використанням системи для сухого охолодження із використанням альтернативних джерел забору води, для прикладу вочищені стічні води, морські води, інші.[34]

4. Удосконалення заходів утилізації відходів таких як зола, шлак, гіпс та інші. Відходи є причиною підвищення ризику для довкілля та здоров'я людей, якщо її оброблення або утилізація були здійсненні не належнимчином. Якісне управління відходами полягає у тому, щоб застосовувати якісні та ефективні заходи оброблення, транспортування та утилізації із застосуванням технології утилізації відходів шляхом перетворення їх на енергію (наприклад газифікація, піроліз) та перетворення відходів на корисні продукти (синтез газ, вугілля, біомасло інші). Також можливе застосування методу мінімізації відходів, таких як засипка земель, спалювання, повторне використання та переробка відходів.

5. Використання у технологічному процесі новіших та ефективніших типів палива, які дають можливість у значній мірі зменшити обсяги витрати палива у процесі утворення електроенергії; [42]

6. Застосування нових технологій спалювання органічного палива, що дає можливість зменшення обсягу утворення шкідливих речовин. Для прикладу випалювання палива у розпаленому шлаці, низьтемпературне каталітичне спалювання, використання композитного палива, спалювання у киплячому шарі та інші. [34]

## ВИСНОВКИ

1. В процесі аналізування діяльності Трипільської теплової електростанції, що входить до складу ПАТ «Центренерго», було визначено її невідповідність ряду вимог чинним нормативно правовим актам як Конституція України, Повітряний кодекс України, Водний кодекс України, Земельний кодекс України, Законів України «Про охорону атмосферного повітря», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону земель», «Про управління відходами», «Про систему громадського здоров'я», «Про об'єкти підвищеної небезпеки», «Про питну воду та питне водопостачання», ДСП 173-96 «Державним санітарним правилам планування та забудови населених пунктів».

2. При проведенні аналізу оцінки впливу шкідливих викидів від теплової електростанції на навколишнє середовище було визначено, що екологічна ситуація в районі м.Українка та с.Трипілья є досить складною та вимагає ряду змін у технологічних процесах та переобладнання із використанням технологічно оновленого обладнання.

3. На прилеглий до Трипільської теплової електростанції території було наявне понаднормове забруднення атмосферного повітря пилом із вмістом двооксиду кремнію, сполук хрому, ґрунту вмістом кадмію, поверхневих і ґрунтових вод у джерелах централізованого водопостачання кадмієм, свинцем, нікелем, хромом, марганцем, та іншими забруднюючими речовинами.

4. Визначено необхідність реорганізації золошлаковідвалу Трипільської теплової електростанції, адже той спосіб за яким воно функціонує на сьогоднішній день порушує вимоги чинного законодавства щодо охорони довкілля та захисту здоров'я населення яке проживає в безпосередній близькості.

Зважаючи на вищесказане, є необхідність у тому, щоб провадити додаткових заходів таких як рекультивация території, на якій не проводиться намив, посилення протифільтраційного захисту, збільшення заходів із пригнічення пилоутворення, створення мережі свердловин з метою утворення

системи моніторингу, утилізація накопичених відходів та використання їх як компонента будівництва та інших з метою забезпечення недопущення перевищення гранично допустимих нормативів впливу діяльності Трипільської теплової електростанції на умови проживання населення в безпосередній близькості.

5. Місцевими жителями, які проживають в зоні впливу золошлаковідвалу Трипільської ТЕС неодноразово було звернуто увагу на те, що у зв'язку із незадовільним станом довкілля в наслідок діяльності ТЕС та як наслідок негативно впливає на стан здоров'я та умови проживання людей. Динаміка основних показників захворюваності населення серцево судинними хворобами, онкологічними хворобами, хворобами органів дихання, що чітко корелюється з відстанню джерела забруднення до населених пунктів та в залежності від напрямку вітру.

6. У зв'язку з наявністю у воді децентралізованого водопостачання дуже високих концентрацій важких металів, особливо кадмію, потреба у проведенні цілеспрямованих досліджень та розробки дієвих заходів по його усуненню.

7. Суттєвому зменшенню забруднення повітря в радіусі дії Трипільської теплової електростанції можливо при будівництві нового котлоагрегату який має екологічну технологію спалювання твердого палива у циркулюючому кип'ячому шарі в якому можливо контролювати та підтримувати температуру. За таких умов можливо поліпшити якість атмосферного повітря та досягти дотримання санітарних стандартів. Очікуваний рівень скорочення викидів при застосуванні даної технології – до 70%.

8. Заміна палива є одним із варіантів покращення стану довкілля. Серед альтернатив розглядається вугілля із низьким вмістом сірки. Серед мінусів використання такого вугілля є економічна недоцільність у зв'язку з тим, що деякі види такого вугілля мають нижчу теплоту згоряння що може негативно вплинути на ефективність зниження викидів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Батальцев Є. В. Підвищення екологічної безпеки теплових електростанцій за рахунок технології газифікації вугілля / Л. Д. Пляцук, Є. В. Батальцев // Журнал «Екологічна безпека». – 2012. – № 2. – С. 90–92.
2. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: Підручник. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. – 232 с.: іл.
3. Войцицький А.П. Техноекологія / А.П. Войцицький. В.П. Дубровський. – Київ, 2009. – 533 с.
4. Гічов Ю.О. Теплові електростанції і проблеми перетворення енергії. Частина I: Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2017. – 59 с.
5. Гічов Ю.О. Теплові електростанції і проблеми перетворення енергії. Частина I: Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2017. – 59 с.
6. Гічов Ю.О. Теплові електростанції: Частина II: Конспект лекцій: Дніпропетровськ: НМетАУ, 2011. – 58 с.
7. Гічов Ю.О. Теплові електростанції: Частина I: Конспект лекцій. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2011. – 43 с.
8. Енергетична стратегія України на період до 2030 року // Спец. випуск інформаційно-аналітичного бюлетеня. 23 березня 2006 р. – К.: Відомості Мінпаливенерго України. – 2006. – 144 с.
9. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика / А.Б. Качинський, Т.А. Хміль. – Київ: НІСД, 1997. – 127 с.
10. Кулик М.П. Підвищення ефективності роботи комбінованих парогазотурбінних енергетичних установок та зменшення забруднення на навколишнє середовище / М.П. Кулик // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. - №5. – с.107 – 110.
11. Основи теплової енергетики: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч.посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 105 Прикладна



фізика та наноматеріали / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А.В. Борисенко, В.А.Пешко. – Київ: КПІ ім.Сікорського, 2021. – 149 с.

12. Основи теплової енергетики: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А. В. Борисенко, В. А. Пешко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 149

13. Панченко Т.І., Прадівляна А.С., Урсул О.С. Оцінка впливу об'єктів теплової енергетики на навколишнє середовище // Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2018. – УДК 504.06. – 4 с.

14. Патент UA 102393. Спосіб аерації. 26.10.2015, Бюл.№20

15. Патент UA 114143. Установка для аераційного знезалізнення води. 27.02.2017, Бюл.№4

16. Патент UA 114382. Спосіб окиснювально-каталітичного очищення пластових і стічних вод. 25.05.2017, Бюл.№10

17. Патент UA 119083. Спосіб біологічного очищення стічних вод від 25.04.2029, Бюл.№8

18. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів: Наказ Міністерства охорони здоров'я від 19.06.1996 №173- <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text>

19. Середюк О.С. Сучасний стан та перспективи розвитку українських ТЕС / О.С. Сердюк // Економічний вісник Донбасу, - 2016. – 4-10 с.

20. Статистичний збірник «Доквілля України 2017». Київ, 2018. – С. 29–30.

21. A. Nabeel , T. A. Khan & D. K. Sharma (2009) Studies on the Production of Ultra-clean Coal by Alkali-acid Leaching of Low-grade Coals, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 31:7, 594-601, DOI: 10.1080/15567030701743684.

22. Aliyarov, B & Mergalimova, A & Zhalmagambetova, U. (2018). Application of Coal Thermal Treatment Technology for Oil-Free Firing of Boilers.

Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. 55. 45-55. DOI:10.2478/lpts-2018-0012.

23. Assessing the impact of Sumy CHP on soil / Leonid Pliatsuk, Larysa Hurets, Hanna Miakaieva, Oleksandr Miakaiev // Environmental Problems. – Lviv : Lviv Politechnic Publishing House, 2017. – Vol 2. – No 2. – P. 59–64.

24. Bower J., Bunn D. A Model-Based Comparison of Pool and Bilateral Market Mechanisms for Electricity Trading. London: London Business School, 1999, 19 p. – <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/retasim.doc>.

25. Bushnell J. Viewpoint. California's electricity crisis: a market apart? // Energy Policy, 2004, № 32, p. 1045–1052.

26. Cetin, B., & Abacioglu, M. (2013). Economic Analysis for Rebuilding of an Aged Pulverized Coal-Fired Boiler with a New Boiler in an Aged Thermal Power Plant. Advances in Mechanical Engineering. <https://doi.org/10.1155/2013/270159>

27. CHP Technology. A detailed guide for CHP developers – Part 2. Crown copyright 2008. Department of Energy & Climate Change. – 64 p. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.gov.uk/government/collections/combined-heat-and-power-chp-developers-guides>

28. Ewa Serafin Methods for the reduction of harmful substances in the process of energy generation // AUTOBUSY. Bezpieczeństwo i ekologia. – 2016. – № 12. – P. 409–413.

29. Geravandi, Sahar & Goudarzi, Gholamreza & Javad Mohammadi, Mohammad & Sadat Taghavirad, Sepideh & Salmanzadeh, Shokrollah. (2015). Sulfur and Nitrogen Dioxide Exposure and the Incidence of Health Endpoints in Ahvaz, Iran. Health Scope. 4. DOI:10.17795/jhealthscope-24318.

30. Hogan W.W. Electricity Market Hybrids: Mixed Market Design, Regulation and Investment // Atlantic Energy Group Seminar, January 10, 2008. Washington (DC): Federal Energy Regulatory Commission, 2008, 82 p. – [http://www.environment.harvard.edu/docs/faculty\\_pubs/hogan\\_hybrid.pdf](http://www.environment.harvard.edu/docs/faculty_pubs/hogan_hybrid.pdf)

31. Hunt S., Making Competition Work in electricity. NY: John Wiley & Sons, Inc., 2002, 450 p. ISBN-10 0471220981.

32. Integrated Pollution Prevention and Control Reference / Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants / Directive 2010/75/EU of European Commission, July 2006, 618 p.

33. Jayasinghe, K.T., 2018. Performance Comparisons on Post Combustion Flue Gas Control Systems in Locally Available Power Plants. Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka, 51(4), pp.47–56. DOI:<http://doi.org/10.4038/engineer.v51i4.7313>.

34. K. V. George , S. Manjunath , C. V. Chalapati Rao & A. M. Bopche (2003) Cyclone as a precleaner to ESP - a need for Indian coal based thermal power plants, Environmental Technology, 24:11, 1425-1430, DOI: 10.1080/09593330309385686.

35. Lin Cuia, Yue Lia et al., (2018) Integrated assessment of the environmental and economic effects of an ultra-clean flue gas treatment process in coal-fired power plant, Journal of Cleaner Production. Volume 199. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.174>

36. Mohan Singh, Lalit & Kumar, Mukesh & Sahoo, Bijay & Sapra, Balvinder & Kumar, Rajesh. (2016). Study of radon, thoron exhalation and natural radioactivity in coal and fly ash samples of Kota Super Thermal Power Plant, Rajasthan, India. Radiation Protection Dosimetry. 171. DOI:10.1093/rpd/ncw057.

37. Newbery D. Refining Market Design // Implementing the Internal Market of Electricity: Proposals and Time-Tables: conference, 9 September 2005. Brussels, 2005, 28 p. – [http://www.sessa.eu.com/documents/final/SESSA\\_report\\_wp3.pdf](http://www.sessa.eu.com/documents/final/SESSA_report_wp3.pdf).

38. Newbery D.M., Pollitt M.G. The Restructuring and Privatisation of Britain's CEGB–Was It Worth It? // The Journal of Industrial Economics, 1997, № 45, p. 269-303. DOI:10.1111/1467- 6451.00049

39. Nurdil Eskin & Arif Hepbasli (2006) Development and Applications of Clean Coal Fluidized Bed Technology, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 28:12, 1085-1097, DOI: 10.1080/10407780600622778.

40. Nurdil Eskin & Arif Hepbasli (2006) Development and Applications of Clean Coal Fluidized Bed Technology, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 28:12, 1085-1097, DOI: 10.1080/10407780600622778.

41. Ozden, B., et al., Enrichment of naturally occurring radionuclides and trace elements in Yatagan and Yenikoy coal-fired thermal power plants, Turkey, *Journal of Environmental Radioactivity* (2017), <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.09.016>.

42. Reciprocating Engine or Combustion Turbine? / K. Koenig, G. Ericson // Burns McDonnell. International District Energy Association. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.districtenergy.org/HigherLogic/System>

43. S. K. Sahu, M. Tiwari, R. C. Bhangare, P. Y. Ajmal & G. G. Pandit (2017) Partitioning behavior of natural radionuclides during combustion of coal in thermal power plants, *Environmental Forensics*, 18:1, 36-43, DOI: 10.1080/15275922.2016.1230910.

44. Shahzad Baig K, Yousaf M (2017) Coal Fired Power Plants: Emission Problems and Controlling Techniques. *J Earth Sci Clim Change* 8: 404. doi: 10.4172/2157-7617.1000404.

45. Sharma, Naman & Bhatnagar, Shubham & Jain, Siddharth. (2016). Review of emissions control and NOx reduction techniques in coal fired thermal steam generators. Vol. 1.

46. SO<sub>3</sub> Emissions and Removal by Ash in Coal-Fired Oxy-Fuel Combustion Reinhold Spörl, Johannes Walker, Lawrence Belo, Kalpit Shah, Rohan Stanger, Jörg Maier, Terry Wall, and Günter Scheffknecht. *Energy & Fuels* 2014 28 (8), 5296-5306. DOI: 10.1021/ef500806p.

47. Stirling Engine / K. Hirata. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bekkoame.ne.jp/~khirata/>

48. Sudhir Yadav & Rajiv Prakash (2014) Status and Environmental Impact of Emissions from Thermal Power Plants in India, *Environmental Forensics*, 15:3, 219- 224, DOI: 10.1080/15275922.2014.930937.

49. Sustainable Energy Conversion Through the Use of Organic Rankine Cycles for Waste Heat Recovery and Solar Applications / S. Quoilin // PhD Thesis, the University of Liège (Belgium), Liège, October 2011, 813 p.

50. Technologies for Thermal Power Plants SA Nihalani, Y Mishra, J Juremalani – IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 330, Issue 1, pp. 012122 (2018).

*Середні концентрації забруднювальних речовин в кратності ГДК у  
м. Українка за січень-серпень 2024 р.*

Місяць	Число	Домішки			
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту
Січень	11	0,3	1,0	0,2	2,5
	12	0,3	0,7	0,3	2,2
	13	0,2	0,7	0,2	2,1
	15	0,2	0,9	0,3	2,1
	16	0,2	0,7	0,3	1,9
	17	0,4	0,9	0,3	1,8
	18	0,3	0,8	0,3	2,1
	19	0,3	0,7	0,3	2,3
	20	0,3	0,9	0,4	1,8
	22	0,3	1,1	0,3	2,1
	23	0,2	1,2	0,2	2,4
	24	0,2	1,1	0,2	2,1
	25	0,2	1,1	0,2	2,4
	26	0,2	0,8	0,2	1,8
	27	0,3	0,9	0,3	2,4
	29	0,3	1,1	0,3	2,4
	30	0,2	0,9	0,3	2,0
	31	0,3	1,0	0,3	2,2
Лютий	1	0,4	0,9	0,1	1,9
	2	0,6	0,8	0,1	1,6
	3	0,7	0,9	0,1	2,0
	5	0,6	0,9	0,1	1,5
	6	0,7	0,8	0,1	1,9

Місяць	Число	Домішки			
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту
	7	0,7	0,9	0,1	1,8
	8	0,5	0,8	0,1	1,8
	9	0,5	0,9	0,1	1,9
	10	0,7	0,9	0,1	2,0
	12	0,5	0,9	0,1	1,7
	13	0,7	0,8	0,2	1,8
	14	0,9	0,9	0,1	2,0
	15	0,7	0,8	0,1	2,0
	16	0,6	0,8	0,1	2,1
	17	0,7	0,8	0,1	2,0
	19	0,5	0,9	0,1	1,7
	20	1,5	0,9	0,1	1,6
	21	0,5	0,8	0,1	1,8
	22	0,6	0,9	0,1	1,6
	23	0,6	0,9	0,1	1,8
	24	0,5	0,9	0,1	1,6
	26	0,5	0,9	0,1	1,7
	27	0,8	0,9	0,1	1,8
	28	0,5	0,9	0,1	1,7
	29	0,6	0,9	0,1	1,9
Березень	1	0,5	0,9	0,3	1,9
	2	0,3	0,9	0,3	2,0
	4	0,3	0,9	0,3	2,4
	5	0,5	0,9	0,2	2,1
	6	0,2	0,8	0,2	2,0
	7	0,2	0,9	0,2	1,8

Місяць	Число	Домішки			
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту
	8	0,3	1,1	0,2	2,2
	9	0,2	0,8	0,3	2,4
	11	0,2	1,1	0,3	2,4
	12	0,3	1,0	0,3	2,1
	13	0,2	1,1	0,2	2,4
	14	0,3	0,9	0,3	2,2
	15	0,5	0,9	0,2	1,9
	16	0,2	0,8	-	2,1
	18	0,2	0,9	-	2,1
	19	0,3	0,9	-	2,2
	20	0,3	0,9	-	1,7
	21	0,3	0,8	-	2,1
	22	0,2	1,1	-	2,4
	23	0,4	0,9	-	1,9
	25	0,4	0,7	-	2,2
	26	0,3	1,3	-	1,9
	27	0,2	1,0	-	2,2
	28	0,5	1,1	-	1,8
	29	0,4	0,9	-	2,3
	30	0,2	1,3	-	2,3
КВІТЕНЬ	1	0,5	0,4	-	1,5
	2	0,2	0,4	-	1,4
	3	0,3	0,6	-	1,9
	4	0,2	0,5	-	1,6
	5	0,3	0,5	-	1,3
	6	0,2	0,7	-	1,8



Місяць	Число	Домішки			
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту
	8	0,4	0,6	-	2,0
	9	0,4	0,5	-	2,3
	10	0,2	0,6	-	2,5
	11	0,5	1,8	-	3,9
	12	0,4	0,9	-	3,4
	13	0,4	0,4	-	2,1
	15	0,2	0,7	-	1,9
	16	0,2	0,9	-	1,6
	17	0,2	0,9	-	2,1
	18	0,2	0,3	-	1,1
	19	0,5	0,4	-	2,1
	20	0,2	0,7	-	2,3
	22	0,4	0,8	-	2,0
	23	0,5	0,8	-	2,6
	24	0,2	0,9	-	2,2
	25	0,2	0,9	-	2,2
	26	0,4	0,8	-	2,5
	27	0,4	1,0	-	2,6
	29	0,4	0,7	-	2,2
	30	0,4	1,1	-	2,5
травень	1	0,2	0,6	-	1,9
	2	0,2	0,9	-	2,0
	3	0,4	0,8	-	2,2
	4	0,5	0,7	-	2,2
	6	0,4	0,9	-	2,5
	7	0,4	0,7	-	2,1

Місяць	Число	Домішки			
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту
	8	0,3	0,9	-	2,0
	9	0,5	0,7	-	2,4
	10	0,2	0,8	-	2,3
	11	0,2	0,9	-	2,1
	13	0,3	0,6	-	2,3
	14	0,3	0,8	-	1,9
	15	0,3	1,0	-	2,5
	16	0,2	0,5	0	1,8
	17	0,2	0,8	0	2,3
	18	0,4	0,6	0	2,5
	20	0,2	0,8	0	2,0
	21	0,2	0,5	0	2,0
	22	0,5	1,0	0	2,4
	23	0,5	0,5	0	2,8
	24	0,5	0,8	0	2,6
	25	0,4	0,6	0	2,2
	27	0,2	0,8	0	2,1
	28	0,4	0,5	0	2,4
	29	0,2	1,0	0	2,3
	30	0,4	1,0	0	2,6
	31	0,4	1,1	0	2,3
червень	1	0,2	0,9	-	2,3
	3	0,4	1,0	-	2,4
	4	0,4	1,0	-	1,9
	5	0,4	1,1	-	2,4
	6	0,5	1,1	-	2,5

Місяць	Число	Домішки			
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту
	7	0,5	1,4	-	3,1
	8	0,2	0,8	-	2,2
	10	0,4	0,7	-	2,1
	11	0,2	0,5	-	2,3
	12	0,2	0,8	-	2,0
	13	0,4	0,9	-	2,5
	14	0,4	1,2	-	2,4
	15	0,2	1,1	-	2,6
	17	0,4	1,0	-	2,7
	18	0,5	1,1	-	3,0
	19	0,5	1,4	-	3,8
	20	0,2	1,1	-	2,9
	21	0,4	0,9	-	2,4
	22	0,2	1,1	-	2,6
	24	0,4	1,0	-	2,3
	25	-	1,0	-	2,6
	26	0,4	0,9	-	2,5
	27	-	1,1	-	2,9
	28	0,5	0,9	-	2,4
	29	0,5	1,2	-	2,8
ЛИПЕНЬ	1	0,2	0,9	-	2,5
	2	0,4	1,2	-	3,0
	3	0,4	1,3	-	2,7
	4	0,5	1,3	-	2,8
	5	0,5	1,2	-	3,5
	6	0,4	1,6	-	3,7

Місяць	Число	Домішки			
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту
	8	0,5	0,8	-	1,8
	9	0,5	1,3	0,3	2,5
	10	0,5	0,8	0,2	2,6
	11	0,2	0,9	0,3	2,1
	12	0,2	1,1	0,3	2,7
	13	0,5	1,2	0,5	3,2
	15	0,5	1,2	0,3	3,8
	16	-	0,6	-	1,9
	17	0,5	1,3	0,2	3,6
	18	-	0,9	-	2,3
	19	0,5	0,6	0,3	1,6
	20	0,4	0,9	0,3	2,2
	22	0,4	1,0	0,2	2,3
	23	0,2	1,4	0,3	2,3
	24	0,4	1,1	0,3	2,7
	25	0,4	0,7	0,3	1,9
	26	0,5	1,0	0,6	2,5
	27	0,2	0,9	0,6	2,6
	29	0,3	0,9	0,6	2,2
	30	0,2	0,9	0,5	2,5
	31	-	1,0	-	2,1
серпень	1	0,2	0,9	0,3	2,3
	2	0,4	0,8	0,3	2,2
	3	0,4	0,9	0,3	2,2
	5	0,4	1,0	0,3	2,7
	6	0,5	1,1	0,5	1,8

Місяць	Число	Домішки			
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту
	7	0,2	1,2	0,2	2,2
	8	0,4	0,7	0,2	2,3
	9	0,4	0,8	0,3	2,0
	10	0,2	1,1	0,3	2,4
	12	0,5	0,9	0,2	2,0
	13	0,4	1,1	0,3	2,4
	14	0,5	1,3	0,2	2,1
	15	0,5	1,0	0,4	2,5
	16	0,4	1,0	0,3	2,3
	17	0,2	1,1	0,6	2,5
	19	0,2	1,1	0,4	2,6
	20	0,2	0,9	0,3	2,1
	21	0,4	1,1	0,6	2,5
	22	0,4	1,1	0,9	2,4
	23	0,5	1,1	0,5	2,4
	24	0,4	1,1	0,4	2,2
	26	0,2	1,0	0,4	2,2
	27	-	1,0	-	2,2
	28	0,4	0,8	0,4	1,8
	29	0,5	1,3	0,4	3,5
	30	0,5	0,4	0,4	0,9
	31	0,5	0,7	0,2	1,7