

Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ЗОНІ ВПЛИВУ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВІДХОДІВ СОНЯШНИКА

М. В. Оськіна¹, І. О. Гончаренко², О. С. Рижченко³¹Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна²Сумський державний Університет, Суми, Україна³Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

УДК 504.05/06+504.75.05

DOI: 10.52363/2522-1892.2023.2.2

Отримано: 22 вересня 2023

Прийнято: 29 листопада 2023

Cite as: Oskina M., Honcharenko I., Ryzhchenko O. (2023). Environmental safety of atmospheric air in the zone of influence of thermal power plants while using sunflower wastes. *Technogenic and ecological safety*, 14(2/2023), 16–22. doi: 10.52363/2522-1892.2023.2.2

Анотація

Забруднення повітря, величезне занепокоєння для охорони здоров'я, є важливою глобальною проблемою, яка постійно зростає. Щороку це безпосередньо призводить до 6,5 мільйонів передчасних смертей, пов'язаних із серцево-судинними та респіраторними захворюваннями, спричиненими впливом забруднювачів повітря, особливо дрібних твердих частинок (PM). Крім добре задокументованих впливів, нові дані епідеміологічних і контрольованих досліджень на тваринах підкреслюють його шкідливий вплив на когнітивні функції та здоров'я мозку. Примітно, що проживання в сильно забруднених районах корелює з підвищеною когнітивною дисфункцією та ризиком нейродегенерації. Ця кореляція особливо виражена із забруднювачами, пов'язаними з енергетикою та транспортом, включаючи PM та оксиди азоту (NOx). Складна природа PM забруднювачів повітря, особливо тих, що мають діаметр менше 100 нм, ультратонких частинок (UFP), дозволяє їм проникати в організм людини, минаючи різні захисні бар'єри. Враховуючи попередній контекст, особливої актуальності набувають дослідження впливу енергетичних установок, що працюють на твердому паливі та які за даними The European Environment Agency є одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря. Чинне нормативно-правове та методологічне забезпечення не відповідає сучасним реаліям та потребам, зокрема щодо оцінювання та регулювання впливу теплових електростанцій при використанні відходів сільського господарства в якості палива. Дане дослідження спрямоване на науково-теоретичне обґрунтування додаткових компонентів впливу складових викидів теплових електростанцій на людину та довкілля, що є важливим при вирішенні питання розміщення таких об'єктів поблизу населених пунктів або вибору технології виробництва енергії з відновлювальних джерел.

Ключові слова: екологічна безпека, атмосферне повітря, забруднення, тверді частинки (PM), теплові електростанції, альтернативна енергія, відходи сільського господарства.

Постановка проблеми

Основними складовими енергетичного балансу України останні 20 років залишаються вугілля, природний газ та атомна енергія, проте, починаючи з 2014 року, завдяки цілям, поставленим стратегічними документами та впровадженню механізмів підтримки частки відновлюваних джерел в енергобалансі України поступово зростає (рис. 1) [1].

За даними як офіційних джерел [2] так і різних експертних груп потенціал всіх типів відновлювальних джерел енергії щороку збільшується. За даними Держенергоефективності Україна має значний технічно-досяжний потенціал для виробництва енергії з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), який становить понад 68,9 млн. т н.е. на рік [3].

Згідно даних [4] за рахунок використання відходів сільського господарства в енергетичних цілях можна замінити близько 9,3 млрд м³ природного газу в рік. Україна, також, з 2012 року є одним із світових лідерів з виробництва соняшника. При переробці насіння соняшнику утворюється приблизно 15% лушпиння, що використовується для отримання енергії в основному шляхом спалювання [5]. Використання лушпиння соняшнику є привабливим варіантом для виробництва енергії установ-

ками різної потужності: від котлів малої і середньої потужності до теплових електростанцій [6].

Одночасно з цим забруднення повітря є найбільшою небезпекою для здоров'я навколишнього середовища в Європі, слугуючи основною причиною передчасної смертності та захворювань. Згідно з оцінками Європейського агентства з навколишнього середовища, станом на 2021 рік [7] [приблизно 238,0 тис. передчасних смертей були пов'язані з PM 2,5 (тверді частки діаметром 2,5 мікрметра або менше) у 27 державах-членах ЄС. Основним джерелом утворення PM визначено енергетичний та транспортний сектор, що використовує органічне паливо (виропне чи відновлювальне). З огляду на щорічне збільшення об'єктів генерації енергії з використанням відходів сільського господарства та їх розміщення в безпосередній близькості або в населених пунктах важливо оцінити реальний вплив цих об'єктів на людину та довкілля через аналіз складу викидів забруднюючих речовин які надходять до атмосферного повітря.

Метою дослідження є аналіз адекватності та повноцінності національного методологічного апарату з оцінки впливу на навколишнє середовище енергетичних установок при використанні відходів переробки соняшника в якості палива.

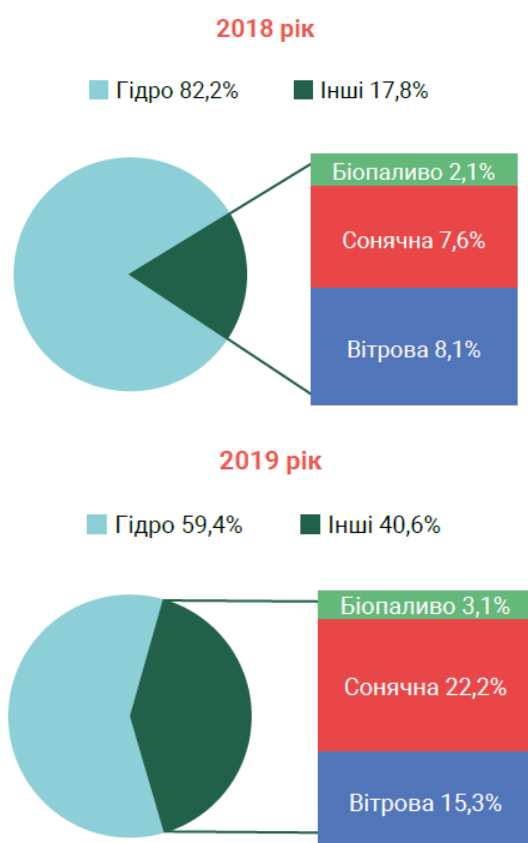


Рисунок 1 – Порівняння структури виробництва електроенергії з відновлювальних джерел енергії за даними НАК «Укренерго» за 2018-2019 р.р. [2]

Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити **наступні задачі**:

1. Проаналізувати сучасні дослідження із екологічної безпеки спалювання органічного палива на прикладі відходів соняшника з метою отримання енергії.
2. Порівняти результати провідних досліджень в пропонуваній галузі із наявним в Україні методологічним забезпеченням.
3. Надати рекомендації щодо вдосконалення методики оцінювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря енергетичними установками при використанні відходів сільського господарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розвитку використання відновлювальних джерел енергії сприяє впровадження документів державного планування як на загальноєвропейському так і на національному рівні. Зокрема відповідно до Цілей сталого розвитку в Україні впроваджено низку нормативно-правових актів в підтримку збільшення частки та розвитку відновлювальних джерел енергії в енергетичному секторі, зокрема, Енергетична стратегія України до 2035 року [8], Концепція реалізації державної політики у сфері теплопостачання [9], Національна економічна стратегія на період до 2030 року [10]. Сектор виробництва енергії з біомаси регулюється в Україні значним обсягом законодавства, однак

основними «рамковими» законами, які визначають його правові засади, є Закон України «Про альтернативні види палива» та Закон України «Про альтернативні джерела енергії» [11]. Одночасно з цим питання оцінювання та нормування впливу на навколишнє середовище і людину таких об'єктів лишається незмінним з 1996 року [12]. За більш ніж 25 років проведено численну кількість досліджень щодо небезпечного впливу забруднюючих речовин на живі об'єкти та довкілля, що вимагає перегляду та оновлення національної нормативно-правової бази з екологічної безпеки та санітарних правил.

Як виявлено в дослідженні, опублікованому в [13], забруднене повітря згубно впливає не лише на легені та дихальну систему, але також поширює свій шкідливий вплив на інші системи органів тіла. Недавні оцінки, проведені Європейським агентством з навколишнього середовища (ЕЕА), підкреслюють, що UFP продовжують справляти найбільший вплив на здоров'я (див. Рис. 2), особливо сприяючи таким захворюванням, як рак легенів. Крім того, забруднення повітря є причиною 19% усіх смертей від серцево-судинних захворювань і вражаючих 21% усіх смертей внаслідок інсульту.

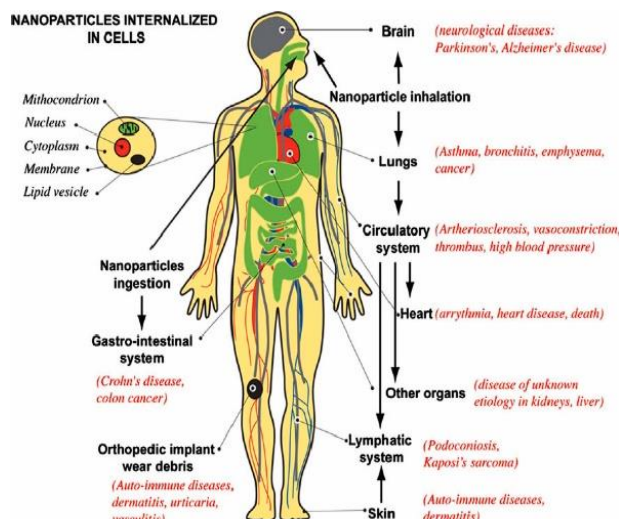


Рисунок 2 – Ланцюги людського тіла з шляхами наночастинок, ураженими органами та пов'язаними захворюваннями з епідеміологічних досліджень, досліджень *in vivo* та *in vitro* [15]

PM є значним забруднювачем повітря, що сприяє найсерйознішим проблемам зі здоров'ям і передчасній смерті. У 2021 році 97% міського населення зазнали впливу концентрації UFP, яка перевищувала нормативні рівні, встановлені Всесвітньою організацією охорони здоров'я [14]. Окрім передчасної смертності, забруднене повітря також є причиною різноманітних захворювань. Різноманітні методи візуалізації та аналізу даних дозволяють оцінити негативний вплив PM на здоров'я людини. Наприклад, рис. 3 ілюструє зв'язок між впливом PM 2,5, рівнем смертності та ВВП на душу населення.

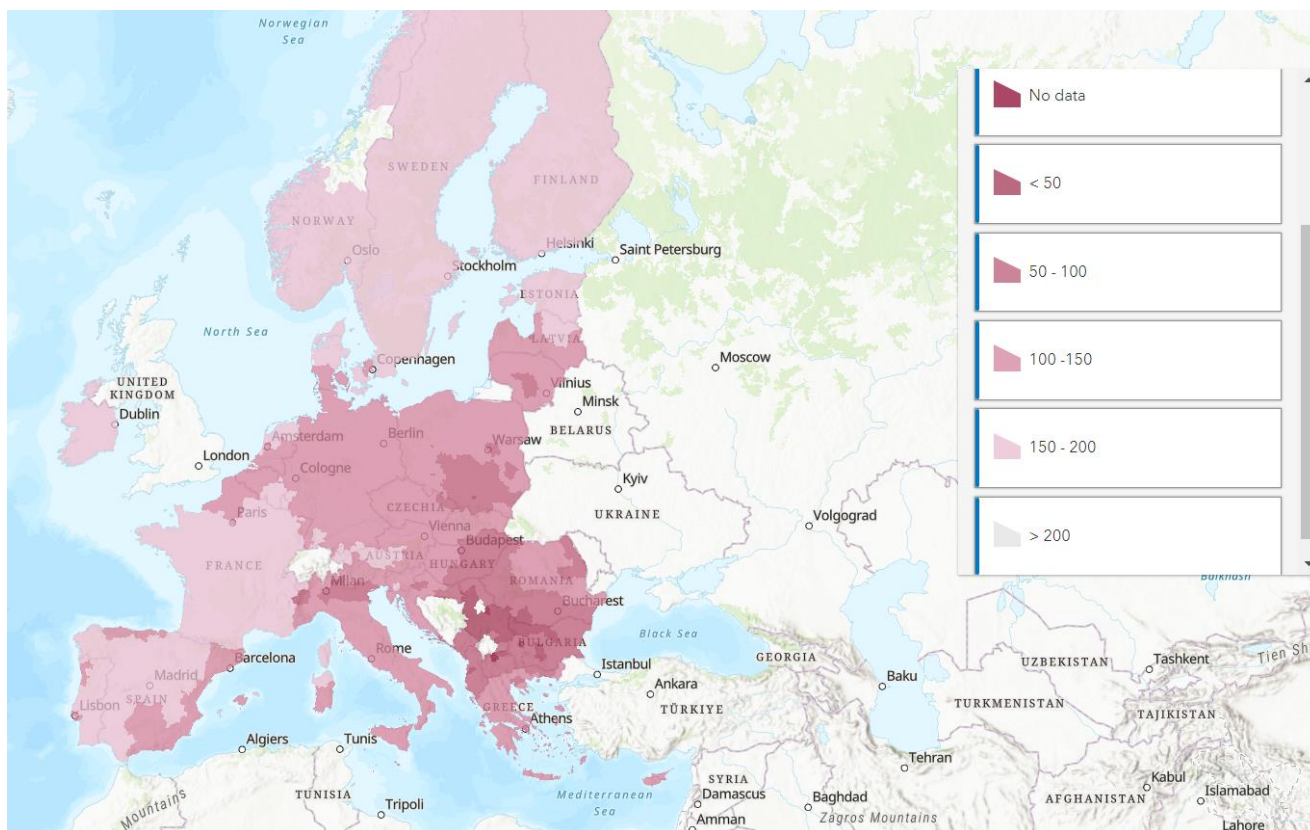


Рисунок 3 – Інтерактивна карта: Зв’язок між впливом PM_{2,5}, смертністю та ВВП на душу населення [16]

Деякі вчені [17] відзначили прямий зв’язок між поширенням COVID-19 і рівнем забруднення повітря, зокрема UFP. Вони провели аналіз поширення вірусної інфекції в 2010, 2016, 2018 і 2020 роках. Зокрема, вони розробили теорію, яка передбачає пряму залежність між зростанням випадків COVID-19 і районами з більш високим рівнем забруднення повітря, спричиненим PM₁₀ і PM_{2,5}. Шкідливі системні наслідки для здоров’я від впливу PM, часто пов’язані з фракцією надтонких частинок (UFP) [18]. Наддрібні частинки, які називаються UFP, - це аерозолі, що характеризуються аеродинамічним діаметром 0,1 мкм (100 нм) або менше.

Особливе занепокоєння щодо UFP викликає їх здатність досягати найглибших відділів легенів, а саме альвеол, минаючи первинний захист дихальної системи. При вдиханні UFP ефективно проходять через дихальні шляхи та досягають альвеол завдяки своєму невеликому розміру. Невелика частка UFP навіть проникає через альвеолярно-капілярний бар’єр, дозволяючи їм розсіюватися по всьому тілі через систему кровообігу [19].

Крім того, UFP вважаються більш небезпечними порівняно з більшими PM через їх підвищену питому площу поверхні, яка вказує на загальну відкриту площу поверхні на одиницю маси. Ця більша площа поверхні в поєднанні з високою поверхневою реакційною здатністю дозволяє UFP адсорбувати більшу кількість небезпечних металів і органічних сполук для заданої маси PM (табл. 1).

Хімічний склад ультрадисперсних частинок (UFPs) у різних середовищах не отримав широкого

значення [20]. В атмосфері UFP походять із багатьох джерел. На сьогоднішній день проведено відносно обмежені дослідження, присвячені розділенню розподілу розміру на компоненти, пов’язані з джерелом. Це в першу чергу пов’язано з проблемами, пов’язаними зі змінами розподілу розмірів, що є наслідком випаровування та росту частинок, а також впливом процесів нуклеації в атмосфері, що призводить до створення нових частинок. UFP переважно складаються з органічних сполук, елементарного вуглецю, слідів оксидів металів, сульфатів та нітрат-іонів. Більшість маси в межах PM_{0,1} зазвичай складається з вуглецевого матеріалу з незначною часткою неорганічних іонів. Це підкреслює поширеність джерел горіння. У таблиці 2 забруднювачі, присутні в PM, класифіковані відповідно до джерела викидів.

Таблиця 1 – Коротка характеристика твердих часток в залежності від розміру

	10,0 мкм	2,5 мкм	0,1 мкм
Загальна маса	1,0	1,0	1,0
Кількість частинок	1,0	64,0	1000000,0
Площа поверхні на частинку	1,0	0,0625	0,0001
Площа поверхні на масу	1,0	4,0	100,0

Таблиця 2 – Забруднювачі, присутні в складі UFP відповідно до джерела викидів

Джерело викидів	Склад
Спалювання вугілля	Al, As, Ba, C, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rh, S, Se, Si, Ti, V, Zn, PAHs
Спалювання біомаси	Organic Carbon, PAHs, Metals
Спалювання вихопного палива	BC, Organic Carbon, PAHs
Автотранспорт	Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Rb, Sb, Se, Sr y Te, Ti, U, V, Zn, PAHs, BC
Промислові викиди	As, Cd, Cu, Co, Cr, Pb, Zn, Ni, Zn

У моделі *in vitro* дослідники продемонстрували, що позитивно заряджені частинки UFP можуть проникати в клітини в 20-40 разів ефективніше, ніж негативно заряджені частинки [21]. Широкий діапазон сполук, які можуть зв'язуватися з цими частинками, ймовірно, є значним фактором їхньої токсичності. Однак широка варіабельність адсорбованих матеріалів ускладнює встановлення прямих зв'язків між впливом UFP та конкретними станами здоров'я.

Було опубліковано численні дослідницькі роботи щодо впливу РМ на мозок і нервову систему, а також численні дослідження на тваринах досліджують механізми, за допомогою яких UFP впливає на функцію та розвиток мозку. Слід зазначити, що транслюкований UFP можна виявити в мозку вже через 4-24 години після інгаляції. Зокрема, носовий UFP має здатність проходити вздовж нюхових нервів, досягаючи мозку. Навіть через сім днів після впливу, тварини, які зазнали впливу аерозолів UFP, демонструють найвищий рівень поглинання мозком нюховою цибулиною [22, 23]. Цей шлях, здатний обходити

гематоенцефалічний бар'єр, може бути навіть більш прямим у людей, як підкреслено [22]. Незважаючи на значний потенціал UFP для негативного впливу на здоров'я, їх точна роль у багатьох захворюваннях залишається невідомою та потребує подальших досліджень.

Постановка завдання та його вирішення

Для підтвердження необхідності вдосконалення методологічного забезпечення проведено оцінювання впливу забруднюючих речовин з використанням національних методик, як наприклад, МВВ № 081/12-0161-05, та обладнання, як наприклад - газоаналізатор ОКСІ 5М-5Н. В якості практичного об'єкту дослідження було обрано теплову електричну станцію, яка розташована у с. Нова Водолага Харківської області та використовує поширену в Україні технологію спалювання з подальшим отриманням електричної енергії в кількості - 48000 Мвт/рік. Для виробництва електроенергії на підприємстві встановлені два парових котла на твердому паливі КПП 16000-40-440 R, які працюють на лушпинні соняшниковому пресованому гранульованому в об'ємі- 41600 т/рік. Під час спалювання палива котлами утворюється пар, який приводить в дію турбогенератор, який у свою чергу виробляє електроенергію. Для очищення аспіраційних газів, що утворюються внаслідок горіння, на кожному з котлів встановлено систему пилогазовловлення, що складається з циклону батарейного ЦБ-56 (КПД до 75,5 %) та установка фільтра рукавного з імпульсною регенерацією ВФФ-І-М3-500А (КПД до 98,9 %).

Навесні 2023 року були проведенні прямі інструментально-лабораторні вимірювання на джерелі викидів забруднюючих речовин з використанням загальнодоступних методик, а саме, ДСТУ 8726:2017 «Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел» та КНД 211.2.3.063-98 «Відбір проб промислових викидів». Перевищень затверджених нормативів гранично-допустимих викидів на момент дослідження не встановлено, як видно з результатів вимірювання на графіку (див. рис. 4).

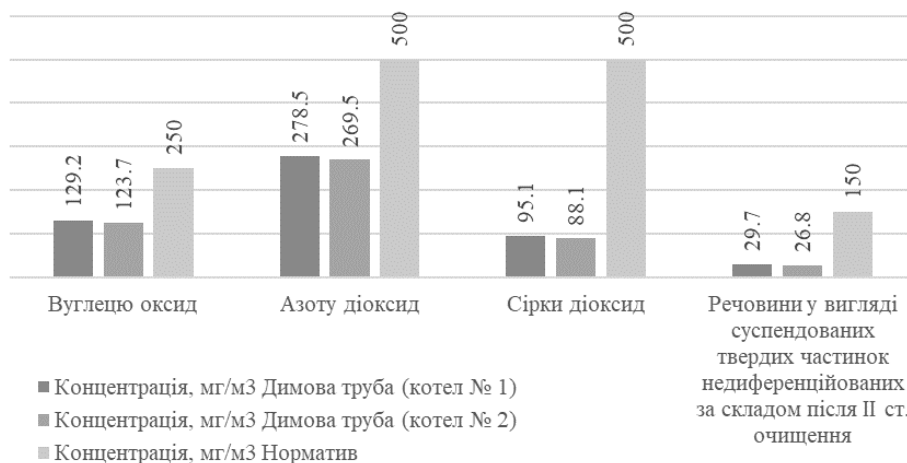


Рисунок 4 – Результати прямих інструментально-лабораторних вимірювань вмісту забруднюючих речовин в складі викидів

Слід зазначити, що одним із найбільш повних та ґрунтовних джерел інформації для розрахунків кількісного та якісного складу викидів забруднюючих речовин від енергетичних установок з використанням різних типів палива є «Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами» [22]. Відповідно до таблиці Г.6 вказаного збірника наведено масовий елементний склад та теплоту згоряння деяких видів палива, у тому числі лузги соняшника.

Використовувана для статистичних розрахунків «Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від використання палива на побутові потреби в домогосподарствах», затверджена наказом Держкомстату України від 22.04.2011 № 98, взагалі не має можливості проводити оцінку викидів для відходів сільського господарства, що належать до

альтернативних чи відновлювальних джерел енергії. Одночасно з цим слід зазначити, що за даними [22] проведено дослідження елементного складу лузги соняшника застосуванням європейських стандартів та встановлено відмінності, що мають суттєве значення в питаннях екологічної безпеки, зокрема щодо наявності хлору в кількості 6,73 мг/кг. Визначення вмісту хлору проводилося відповідно до стандарту UNE-EN 15289, за допомогою потенціометрії (використовувався прилад TITRATOR METTLER TOLEDO G20).

Для оцінювання небезпечного впливу діяльності об'єкту проведено вимірювання ступеню забрудненості атмосферного повітря на межі найближчої житлової забудови в західному напрямку від підприємства. Вимірювання проведено з використанням газоаналізатору CM-2-CO-NO₂-SO₂ та РД52.04 -186-89. Результати представлено на графіку (див. рис. 5).

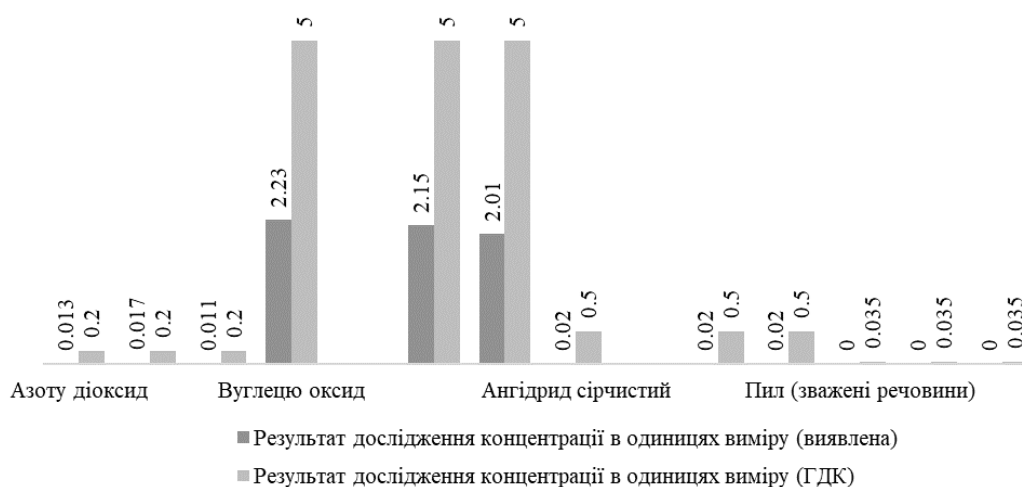


Рисунок 5 – Результати прямих інструментально-лабораторних вимірювань вмісту забруднюючих речовин в складі викидів

Результати

Результати безпосередніх вимірювань на енергетичному об'єкті з використанням національного методологічного забезпечення та нормативно-правових документів в галузі екологічної безпеки підтвердили допустимість провадження господарської діяльності. Одночасно з цим проведений аналіз провідних світових досліджень в даній галузі ставить під сумнів такі результати через небезпечний вплив забруднюючих речовин, які не враховані національними методиками, зокрема, з'єднань хлору, UFP та поліциклічних ароматичних вуглеводнів.

З огляду на викладене неможливо якісно оцінити негативний вплив діяльності теплових електростанцій на життя/здоров'я населення та довкілля. Застосування національних правил при наданні дозвільних документів за таких обставин може призвести до збільшення рівня захворюваності та погіршення стану навколишнього середовища в зоні впливу теплових електростанцій з використанням відходів сільського господарства з довготривалими наслідками.

Висновки

З огляду на викладене методики та інші документи державного регулювання в галузі санітарної та екологічної безпеки будівництва, розміщення та експлуатації теплових електростанцій з використанням альтернативних джерел енергії, у тому числі відходів сільського господарства, як наприклад, лузга соняшника, підлягають оновленню/перегляду з врахуванням:

1) визначення питомих показників емісії забруднюючих речовин теплових електростанцій при використанні відходів сільського господарства з врахуванням інформації про елементний склад палива, що відрізняється не тільки в залежності від типу палива, але й від місця вирощування (виробництва);

2) оновлення класифікації санітарно-захисних зон та гігієнічних нормативів вмісту забруднюючих речовин в навколишньому середовищі, зокрема, щодо хлормістких сполук та UFP, що є важливим в питаннях планування та забудови населених пунктів, щодо нормування санітарно-захисних зон об'єктів виробництва теплової чи електричної енергії з відходів сільського господарства;

3) запровадження нормативно-правового регулювання вмісту небезпечних хімічних речовин, як то важкі метали чи пестициди та агрохімікати, в складі відходів сільського господарства, які використо-

вуються в якості альтернативних джерел енергії. Останнє є особливо актуальним в питаннях відновлення та розбудови постраждалих від військових дій населених пунктів України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сприяння енергетичній безпеці та сталому розвитку місцевих громад в Україні. ГО «Агенство відновлювальної енергетики». 2021. 108 с.
2. Веб ресурс НАК «Укренерго». URL: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrayiny> (дата звернення: 23.08.2023).
3. Веб ресурс Держенергоефективності України. URL: <https://sae.gov.ua/uk/activity/vidnovlyvana-enerhytyka/potencial> (дата звернення: 15.07.2023).
4. Веб ресурс Держенергоефективності України «ТЕПЛО З БІОПАЛИВА». URL: https://sae.gov.ua/sites/default/files/Heat_biomass_ua.pdf (дата звернення: 25.08.2023).
5. Перспективи енергетичного використання побічної продукції від вирощування сояшнику / Гелетуха Г. Г., Драгнев С. В., Желєзна Т. А., Баштовий А. І. *Біоенергетична асоціація України. Аналітична записка*. 2020. № 25. 35 с. URL: <https://uabio.org/materials/uabio-analytics> (дата звернення: 08.07.2023).
6. Проект AgroBioHeat DL VA 211-2022. Енергія з агропромислових залишків. Іспанська біоенергетична асоціація (AVEBIOM) спільно з Центром досліджень і технологій Еллади (CERTH). 2022. 60 с.
7. Health impacts of air pollution in Europe. European Environment Agency, 2021. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/health-impacts-of-air-pollution> (access date: 15.08.2023).
8. Про схвалення Енергетичної стратегії України до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядження Кабінету Міністрів України № 605-р від 18.08.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 17.08.2023).
9. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання. Розпорядження Кабінету Міністрів України №569-р від 18.08.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 19.08.2023).
10. Національна економічна стратегія на період до 2030 року. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npras/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179> (дата звернення: 13.07.2023).
11. Про альтернативні види палива. Закон України №1391-VI від 21.05.2009. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1391-14> (дата звернення: 15.08.2023).
12. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. Наказ МОЗ України №173 від 19.06.1996. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text> (дата звернення: 13.08.2023).
13. Buzea C., Pacheco I., Robble K. Nanomaterial and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*. 2007. Vol. 2 (4). Pp. 49–55.
14. Air Pollution and Noncommunicable Diseases / Schraufnagel D.E. et al. *Chest*. 2019. Vol. 155, no. 2. Pp. 417–426. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.10.041> (access date: 17.09.2023).
15. Europe's Air Quality Status. European Environmental Agency. 2023. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2023/> (access date: 23.08.2023).
16. Interactive map: Relationship between PM2.5 exposure, mortality and GDP per capita. URL: <https://eea.maps.arcgis.com/apps/InteractiveLegend/index.html?appid=f008e0dc0ce24edfae5463748de10f27> (access date: 08.09.2023).
17. Relazione circa l'effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione / Setti L. et al. *Società Italiana di Medicina Ambientale*, 2020. 6 p. URL: <https://projects.iq.harvard.edu/covid-pm/publications/relazione-circa-l%E2%80%99effetto-dell%E2%80%99inquinamento-da-particolato-atmosferico-e-la> (access date: 15.08.2023).
18. Kwon H.-S., Ryu M. H., Carlsten C. Ultrafine particles: unique physicochemical properties relevant to health and disease. *Experimental & Molecular Medicine*. 2020. Vol. 52, no. 3. P. 318–328. URL: <https://doi.org/10.1038/s12276-020-0405-1> (access date: 11.08.2023).
19. Inhaled nanoparticles accumulate at sites of vascular disease / Miller M. R. et al. *ACS Nano*. 2017. Vol. 11, Pp. 4542–4552.
20. Moreno-Rios A. L., Tejada-Benítez L. P., Bustillo-Lecompte C. F. Sources, characteristics, toxicity, and control of ultrafine particles: An overview. *Geoscience Frontiers*. 2021. Vol. 13(1). Art. 101147. DOI: 10.1016/j.gsf.2021.101147.
21. Mechanisms of Alveolar Epithelial Translocation of a Defined Population of Nanoparticles / Yacobi N. R. et al. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*. 2010. Vol. 42, No. 5. Pp. 604–614. DOI: 10.1165/rcmb.2009-0138oc.
22. Air Pollution Exposure Increases ABCB1 and ASCT1 Transporter Levels in Mouse Cortex / Puris E. et al. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2022. Vol. 96. Art. 104003. URL: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.104003> (access date: 16.08.2023).
23. Translocation of Inhaled Ultrafine Particles to the Brain / Oberdorster G. et al. *Inhalation Toxicology*. 2004. 16, pp. 437–445.
24. Correlation of regional deposition dosage for inhaled nanoparticles in human and rat olfactory / Tian L. et al. *Particle and Fibre Toxicology*. 2019. Vol. 16. Art. 6.
25. Jumpponen M. Occupational exposure to components of biomass-fired power plant ash. Publications of the University of Eastern Finland. Dissertations in Forestry and Natural Sciences, 285. 2017.
26. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Схвалений Міністерством екології та природних ресурсів України, лист №10990/20/1-10 від 08.11.2014. Український науковий центр технічної екології. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=53404 (дата звернення: 17.08.2023).
27. Perea-Moreno M.-A., Manzano-Agugliaro F., Perea-Moreno A.-J. Sustainable Energy Based on Sunflower Seed Husk Boiler for Residential Buildings. *Sustainability*. 2018. Vol. 10. Art. 3407. URL: <https://doi.org/10.3390/su10103407> (access date: 14.08.2023).

Oskina M., Honcharenko I., Ryzhchenko O.

ENVIRONMENTAL SAFETY OF ATMOSPHERIC AIR IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THERMAL POWER PLANTS WHILE USING SUNFLOWER WASTES

Air pollution is a significant and escalating global issue, posing a major threat to public health. Each year, it directly contributes to 6.5 million premature deaths, primarily due to cardiovascular and respiratory diseases resulting from exposure to air pollutants, notably fine particulate matter (PM). Beyond its well-documented health effects, recent evidence from epidemiological studies and controlled animal research underscore its detrimental impact on cognitive function and brain health. It's worth noting that residing in heavily polluted areas is linked to increased cognitive impairment and a heightened risk of neurodegenerative conditions. This association is particularly strong with pollutants stemming from energy and transportation, such as PM and nitrogen oxides (NOx). The intricate nature of PM pollutants, particularly ultrafine particles (UFP) with a diameter of less than 100 nm, enables them to infiltrate the human body, bypassing various protective mechanisms. Given this context, investigations into the influence of solid-fuel power plants, recognized by the European Environment Agency as major contributors to atmospheric air pollution, are of utmost importance. Existing regulatory and methodological frameworks do not adequately address contemporary realities and requirements, especially concerning the assessment and control of the environmental impact of thermal power plants using agricultural waste as fuel. This study aims to provide scientific and theoretical support for additional aspects related to the emissions of thermal power plants and their effects on both humans and the environment. This research holds particular significance when evaluating the placement of such facilities near populated areas and when making informed decisions regarding energy production technologies from renewable sources.

Key words: environmental safety, atmospheric air, pollution, particulate matter, thermal power plants, renewable energy, agricultural waste.

REFERENCES

1. HO "Ahenstvo vidnovliuvainoi enerhetyky". (2021). *Spryanna enerhetychnii bezpetsi ta stalomu rozvytku mistsevykh hromad v Ukraini*. [Promoting energy security and sustainable development of local communities in Ukraine]. HO "Ahenstvo vidnovliuvainoi enerhetyky", 108. [in Ukrainian]
2. *Web resource of NJS "Ukrenergo"*. URL: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrainy>. [in Ukrainian]
3. *Web resource of the State Energy Efficiency Agency of Ukraine*. URL: <https://sae.gov.ua/uk/activity/vidnovlyuvana-enerhetyka/potentsial>. [in Ukrainian]
4. *Web resource of the State Energy Efficiency Agency of Ukraine "HEAT FROM BIOFUEL"*. URL: https://sae.gov.ua/sites/default/files/Heat_biomass_ua.pdf. [in Ukrainian]
5. Heletukha, H. H., Drahnev, S. V., Zheliezna, T. A., & Bashtovi, A. I. (2020). Perspektivy enerhetychnoho vykorystannia pobichnoi produktsii vid vyroshchuvannia soniashnyku [Prospects for the energy use of by-products from sunflower cultivation]. *Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy. Analitichna zapyska*, 25, 35. URL: <https://uabio.org/materials/uabio-analytics>. [in Ukrainian]
6. The Spanish Bioenergy Association (AVEBIOM) together with the Center for Research and Technology of Hellas (CERTH). (2022). *AgroBioHeat DL VA 211-2022 project. Enerhiia z ahropromyslovykh zalyshkiv*. [Energy from agricultural residues]. The Spanish Bioenergy Association (AVEBIOM) together with the Center for Research and Technology of Hellas (CERTH), 60. [in Ukrainian]
7. European Environment Agency. (2021). *Health impacts of air pollution in Europe*. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/health-impacts-of-air-pollution>. [in English]
8. *Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainy do 2035 roku "Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist"* [On the Approval of the Energy Strategy of Ukraine until 2035 "Safety, Energy Efficiency, Competitiveness"]. 373-r Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine (2017). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>. [in Ukrainian]
9. *Pro skhvalennia Kontseptsii realizatsii derzhavnoi polityky u sferi teplopstachannia* [On the Approval of the Concept of Implementation of State Policy in the Field of Heat Supply]. 569-r Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine (2017). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2017-%D1%80#Text>. [in Ukrainian]
10. *Natsionalna ekonomichna stratehiia na period do 2030 roku*. [National economic strategy for the period until 2030]. (2021). URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179>. [in Ukrainian]
11. *Pro alternatyvni vydy palyva* [On Alternative Fuels]. 1391-VI Law of Ukraine. (2009). URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>. [in Ukrainian]
12. *Pro Zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh pravyl planuvannia ta zabudovy naselennykh punktiv* [On the approval of the State Sanitary Rules for the Planning and Development of Settlements]. 173 Order of the Ministry of Health of Ukraine (1996). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text>. [in Ukrainian]
13. Buzea, C., Pacheco, I., & Robble, K. (2007). Nanomaterial and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*, 2(4), 49–55.
14. Schraufnagel, D. E., Balmes, J. R., Cowl, C. T., De Matteis, S., Jung, S.-H., Mortimer, K., Perez-Padilla, R., Rice, M. B., Riojas-Rodriguez, H., Sood, A., Thurston, G. D., To, T., Vanker, A., & Wuebbles, D. J. (2019). Air Pollution and Noncommunicable Diseases. *Chest*, 55(2), 417–426. DOI: 10.1016/j.chest.2018.10.041.
15. *European Environmental Agency*. (2023). Europe's Air Quality Status. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2023/>.
16. *Interactive map: Relationship between PM2.5 exposure, mortality and GDP per capita*. URL: <https://eea.maps.arcgis.com/apps/InteractiveLegend/index.html?appid=f008e0dc0ce24edfae5463748de10f27>.
17. Setti, L., Passarini, F., de Gennaro, G., Di Gilio, A., Palmisani, J., Buono, P., Fornari, G., Perrone, M. G., Piazzalunga, A., Barbieri, P., Rizzo, E., & Miani, A. (2020). *Relazione circa l'effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione*. Società Italiana di Medicina Ambientale, 2020. 6 p. URL: <https://projects.iq.harvard.edu/covid-pm/publications/relazione-circa-l%E2%80%99effetto-dell%E2%80%99inquinamento-da-particolato-atmosferico-e-la>.
18. Kwon, H.-S., Ryu, M.H., & Carlsten, C. (2020). Ultrafine particles: unique physicochemical properties relevant to health and disease. *Experimental & Molecular Medicine*, 52(3), 318–328. DOI: 10.1038/s12276-020-0405-1.
19. Miller, M. R., Raftis, J. B., Langrish, J. P., McLean, S. G., Samutrtai, P., Connell, S. P., Wilson, S., Vesey, A. T., Fokkens, P. H. B., Boere, A. J. F., Krystek, P., Campbell, C. J., Hadoke, P. W. F., Donaldson, K., Cassee, F. R., Newby, D. E., Duffin, R., & Mills, N. L. (2017). Inhaled nanoparticles accumulate at sites of vascular disease. *ACS Nano*, 11, 4542–4552.
20. Moreno-Rios, A. L., Tejada-Benitez, L. P., & Bustillo-Lecompte, C. F. (2021). Sources, characteristics, toxicity, and control of ultrafine particles: An overview. *Geoscience Frontiers*, 101147. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101147>.
21. Yacobi, N. R., Malmstadt, N., Fazlollahi, F., DeMaio, L., Marchelletta, R., Hamm-Alvarez, S. F., Borok, Z., Kim, K.-J., & Crandall, E. D. (2010). Mechanisms of Alveolar Epithelial Translocation of a Defined Population of Nanoparticles. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*, 42(5), 604–614. DOI: 10.1165/rcmb.2009-0138oc.
22. Puris, E., Saveleva, L., Gorova, V., Vartiainen, P., Kortelainen, M., Lamberg, H., Sippula, O., Malm, T., Jalava, P. I., Auriola, S., & Kanninen, K. M. (2022). Air Pollution Exposure Increases ABCB1 and ASCT1 Transporter Levels in Mouse Cortex. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 96, 104003. DOI: 10.1016/j.etap.2022.104003.
23. Oberdorster, G., Sharp, Z., Atudorei, V., Elder, A., Gelein, R., Kreyling, W., & Cox, C. (2004). Translocation of Inhaled Ultrafine Particles to the Brain. *Inhalation Toxicology*, 16, 437–445.
24. Tian, L., Shang, Y., Chen, R., Bai, R., Chen, C., Inthavong, K., & Tu, J. (2019). Correlation of regional deposition dosage for inhaled nanoparticles in human and rat olfactory. *Particle and Fibre Toxicology*, 16, 6.
25. Jumpponen, M. (2017). *Occupational exposure to components of biomass-fired power plant ash*. Publications of the University of Eastern Finland. Dissertations in Forestry and Natural Sciences, 285. 2017.
26. *Zbirnyk pokaznykh emisii (pytomykh vykydiv) zabrudniuiuchykh rechovyn v atmosferne povitria riznymi vyrobnytstvamy* [Compendium of indicators of emissions (specific emissions) of pollutants into atmospheric air by various industries]. Approved by the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine (2014). Ukrainian Scientific Center of Technical Ecology. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=53404. [in Ukrainian]
27. Perea-Moreno, M.-A., Manzano-Agugliaro, F., & Perea-Moreno, A.-J. (2018). Sustainable Energy Based on Sunflower Seed Husk Boiler for Residential Buildings. *Sustainability*, 10, 3407. DOI: 10.3390/su10103407.