

ISSN: 2306-9716 (Print)
ISSN: 2664-6110 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

4(55)



Видавничий дім
«Гельветика»
2024

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ	7
Васютинська К.А. Оцінка впливу чинника урбанізації на параметри техногенних пожеж в регіонах України.....	7
ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ	16
Бургаз О.А., Гарабажій Т.А., Тимошук М.О. Огляд стану забруднення атмосферного повітря міста Одеса за даними маршрутних спостережень.....	16
Поліщук М.М., Ролік О.І. Дрон для екологічного моніторингу стану водойм.....	22
Боголюбов В.М., Клепко А.В., Бондарь В.І. Моніторинг атмосферного повітря у контексті переходу до сталого сільського розвитку.....	30
Коляда О.В., Головань Л.В., Чуприна Ю.Ю., Сургай Л.Л. Біоіндикаційна оцінка якості атмосферного повітря в умовах антропогенного навантаження.....	35
Якименко Г.М., Гай А.Є. Оцінка впливу на довкілля як складова державної системи моніторингу довкілля.....	40
ЕКОЛОГІЯ АГРОВИРОБНИЦТВА	44
Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В., Харченко М.В. Патентно-винахідницька діяльність у Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла щодо еколого-фізіологічних, генетико-селекційних та біотехнологічних досліджень.....	44
ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ	49
Берія В.Д., Гандзюра В.П. Зміни еколого-популяційних особливостей угруповань літорального зоопланктону водних екосистем річки Ірпінь та її приток у весняно-літній період 2024 року.....	49
Кірейцева Г.В., Циганенко-Дзюбенко І.Ю., Герасимчук О.Л., Скиба Г.В., Хоменко С.В. GAP-аналіз водокористування у контексті запобігання евтрофікації річки Тетерів в межах урбоєкосистеми м. Житомира.....	53
Магась Н.І. Характеристика природних та кліматичних умов формування сучасного гідроекологічного стану в пониззі річки Синюха.....	59
ЕКОЛОГІЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ	70
Бондар О.І., Риженко Н.О., Четвериков В.В. Методичні засади очищення забруднених ділянок від стійких органічних забрудників.....	70
ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО	79
Давибіда Л.І. Використання платформи Google Earth Engine для систематизації даних геоекологічних досліджень на прикладі території Карпатського регіону.....	79
Волошин В.С. Про деякі закономірності щодо мінімізації відходів у джерелі їх виникнення – технологічному процесі.....	84
Вольчин І.А., Кривошеєв С.І. Шлях впровадження вимог директиви 2015/2193/EU про обмеження викидів забруднюючих речовин до середніх спалювальних установок нафтогазової галузі України.....	90
Лопушанська М.Р., Іванов Є.А., Біланик В.І., Пилипович О.В., Циганок Л.В., Ревуцька Н.В. Екосистемні послуги при проектуванні та експлуатації об'єктів відновлюваної енергетики (на прикладі Львівської області).....	95
Сірик А.О., Євтушенко О.В. Еколого-безпекові особливості експлуатації промислових котельних установок підприємств харчової промисловості.....	100
Шибанова А.М., Руда М.В., Джумеля Е.А., Паславський М.М. Врахування екосистемних послуг в методології оцінки життєвого циклу складних технічних систем.....	105
ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄННИХ ДІЙ	114
Божко Т.В., Ігнатенко М.Я. Стан річки Сіверський Донець та шляхи його покращення. Вплив воєнних дій на водні ресурси України.....	114

УДК 621.311.22:504.3.054:664:331.45

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.4-55.16>

ЕКОЛОГО-БЕЗПЕКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Сірик А.О., Євтушенко О.В.

Національний університет харчових технологій
вул. Володимирька, 68, 01601, м. Київ
01033sao@gmail.com, 0677389857@ukr.net

У роботі проаналізовано вплив викидів забруднюючих речовин при експлуатації промислових котельних установок харчових підприємств на довкілля. Розуміння проблем забруднення навколишнього середовища під час експлуатації промислових котельних установок, дозволить запропонувати заходи, які необхідно вжити для зменшення тиску на навколишнє середовище та мінімізацію негативного впливу на здоров'я працівників котельні. Робота промислових котельних установок є необхідною складовою забезпечення харчового виробництва всіма видами теплової енергії. Головним джерелом газопилових викидів від котельні є викиди частинок димових газів, які утворюються під час спалювання палива. З труб ТЕС в атмосферу викидається велика кількість оксидів сірки і азоту, дрібних твердих частинок золи, шлаку, повністю не згорілого палива. Одним з найбільш сучасних та ефективних підходів очищення димових газів від оксидів азоту є застосування амонійних сполук, що дозволяє об'єднати системи напівсухого сіркоочищення та системи селективного некаталітичного відновлення в одну комплексну систему газоочищення димових газів, що в свою чергу знижує викиди парникових газів та токсичних речовин. Але, при застосуванні сумішей амоніаку та водню, виникає необхідність розробки та впровадження менеджменту безпеки праці на робочих місцях у приміщеннях котельні з урахуванням фізичних, хімічних та біологічних шкідливих факторів, так як амоніак є потенційно небезпечним при потраплянні у повітря робочої зони, якщо його значення перевищують гранично допустимі концентрації. Запропоновано заходи щодо попередження ризику потрапляння амоніаку у робочу зону котельні з урахуванням вимог стандарту ISO 45001 «Системи менеджменту охорони здоров'я та безпеки праці». Отримані результати можуть бути використані при створенні інформаційного забезпечення системи екоменеджменту на підприємствах харчової промисловості в частині розробки систем управління та контролю екологічної безпеки. В цілому робота присвячена актуальній проблемі у сфері екології та безпеки праці у галузі дослідження роботи промислових котельних установок, зокрема ті що експлуатуються підприємствами харчової промисловості. *Ключові слова:* викиди, екологічна безпека, безпека праці, котлоагрегат, котельня, працівник.

Environmental and safety features of operation of industrial boiler plants at food industry enterprises. Siryk A., Yevtushenko O.

The paper analyzes the impact of pollutant emissions during operation of industrial boiler plants of food enterprises on the environment. Understanding the problems of environmental pollution during the operation of industrial boiler plants will allow us to propose measures that must be taken to reduce the pressure on the environment and minimize the negative impact on the health of boiler plant workers. The work of industrial boiler plants is a necessary component of providing food production with all types of heat energy. The main source of gas and dust emissions from the boiler house is the emission of flue gas particles, which are formed during fuel combustion. A large amount of sulfur and nitrogen oxides, small solid particles of ash, slag, and completely unburned fuel are emitted into the atmosphere from the pipes of the thermal power plant. One of the most modern and effective approaches to cleaning flue gases from nitrogen oxides is the use of ammonium compounds, which allows combining semi-dry desulfurization systems and selective non-catalytic reduction systems into one complex flue gas cleaning system, which in turn reduces emissions of greenhouse gases and toxic substances. But, when using mixtures of ammonia and hydrogen, there is a need to develop and implement occupational safety management at workplaces in the premises of the boiler room, taking into account physical, chemical and biological harmful factors, since ammonia is potentially dangerous when it enters the air of the working area, if its values exceed the maximum permissible concentration. Measures are proposed to prevent the risk of ammonia entering the working area of the boiler room, taking into account the requirements of the ISO 45001 standard "Occupational Health and Safety Management Systems". The obtained results can be used in the creation of information support of the eco-management system at food industry enterprises in the part of the development of environmental safety management and control systems. In general, the work is devoted to the current problem in the field of ecology and labor safety in the field of research into the operation of industrial boiler plants, in particular those operated by food industry enterprises. *Key words:* emissions, environmental safety, labor safety, boiler unit, boiler house, worker.

Постановка проблеми. Проблема забруднення навколишнього середовища при експлуатації промислових котельних установок, зокрема на підприємствах харчової промисловості, є важливим завданням сьогодення [1–5, 13, 15]. Сучасні природоохоронні вимоги ставлять на порядок денний перед промисловцями та науковцями в сфері екології та безпеки праці акту-

альні питання наближення до європейських значень та вимог міжнародних Директив скорочення викидів забруднюючих речовин та парникових газів при експлуатації котельних агрегатів, зокрема на підприємствах харчової промисловості. Це співпадає з планами України до вступу до Європейського Союзу. Промислова теплоенергетична установка, що пра-

цює на вугільному паливі, має відповідати принципу HELE – High Efficiency and Low Emission (високої ефективності та низьких викидів). Для дотримання Європейських екологічних вимог, через зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, котельні установки повинні оснащуватися новітніми системами очищення від забруднюючих речовин [1–4].

Водночас, із запровадженням модернізованих, екологічно спрямованих систем для роботи котельних агрегатів, виникає потреба зосередити увагу на безпеку процесів праці з урахуванням вимог законодавства України.

Актуальність дослідження. Робота промислових котельних установок є необхідною складовою забезпечення харчового виробництва всіма видами теплової енергії. Однак, від роботи котлоагрегатів на підприємствах харчової промисловості спостерігаються викиди забруднюючих речовин у атмосферу, які мають негативний вплив на довкілля і здоров'я людей, що є однією з екологічних загроз. Головним джерелом газопилових викидів від котельні є викиди частинок димових газів, які утворюються під час спалювання палива. З труб ТЕС в атмосферу викидається велика кількість оксидів сірки і азоту, дрібних твердих частинок золи, шлаку, повністю не згорілого палива.

Тому, дедалі більшої актуальності набувають сучасні методи зниження викиду діоксиду сірки при роботі котельних агрегатів з використанням напівсухих технологій сіркоочищення, оскільки такі технології мають достатню ефективність видалення SO_2 та невеликі капітальні й експлуатаційні затрати. Водночас ці методи (речовини) можуть чинити негативний вплив здоров'я працівників від їх можливих викидів за умови порушення норм безпеки при експлуатації або несправності обладнання у котельні.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Розглянута тема відповідає актуальним науковим дослідженням у сфері екології та безпеки праці в Україні у галузі дослідження роботи промислових котельних установок, зокрема ті, що експлуатуються підприємствами харчової промисловості. Слід зазначити, що з 15 грудня 2010 року в Україні ратифіковано Протокол «Про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства», де Україна зобов'язалася адаптувати національне законодавство в сфері енергетики та довкілля, одним із завдань якого є захист навколишнього середовища. В Договорі передбачено, що після 31 грудня 2017 року всі великі спалювальні установки (котлоагрегати) потужністю більше 50 МВт держав-членів Договору мають відповідати вимогам Директиви 2001/80/ЄС про обмеження викидів деяких забруднюючих речовин в атмосферу від великих спалювальних установок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізом екологічних аспектів діяльності хар-

чових підприємств, у тому числі дослідженням викидів при роботі котельних агрегатів, займалися І. Вольчин [1–4, 11, 14], Л. Гапонич [11], Згоран І. [11], Пшибильській В. [1–4, 14], Д. Олива [12], Т. Мостенська [13], та ін. У проаналізованих наукових працях не виділені конкретні екологічні особливості, зумовлені роботою промислових котельних підприємств харчової промисловості з урахуванням забезпечення безпечних умов праці працівників, які обслуговують котлоагрегати. Це зроблено авторами вперше, що підсилює наукову цінність та практичне значення цієї роботи.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Основною задачею науковців в сфері екології є зменшення забруднення навколишнього середовища, зокрема при роботі котлоагрегатів на промислових об'єктах, з урахуванням безпеки праці на робочих місцях. Один із способів зниження забруднення при експлуатації котельних установок є застосування амонійних сполук та ефективних системи сіркоочищення, враховуючи можливий негативний вплив на здоров'я працівників від викидів амоніаку, за умови порушення норм безпеки при експлуатації або несправності обладнання у котельні.

Новизна. Новизна дослідження полягає у комплексному дослідженні викидів речовин, які забруднюють повітря при експлуатації котлоагрегатів харчових підприємств. Результати наукової роботи дадуть змогу впроваджувати відповідні заходи щодо мінімізації впливу шкідливих речовин на навколишнє природне середовище та обґрунтувати управлінські рішення забезпечення безпечних умов праці працівників котельні.

Методологічне або загальнонаукове значення. Великого значення в енергетиці, за умови роботи складного енергетичного обладнання, зокрема на харчових підприємствах, набуває екологічно-безпековий аспект експлуатації котлоагрегатів. Ці установки необхідні в різних промислових процесах, включаючи безпосереднє виробництво харчової продукції, виробництво електроенергії та опалення.

Разом з тим, при спалюванні твердого палива котельними агрегатами підприємств харчової промисловості є те, що з димовими газами в атмосферу надходить летуча зола, частинки якої містять вуглець, сірку, діоксид кремнію, оксиди алюмінію та заліза, деякі органічні сполуки, важкі метали та інші хімічні елементи. Одним із найбільш токсичних газоподібних викидів енергоустановок при спалюванні вугілля та мазуту є діоксид сірки SO_2 , що становить 98–99% викидів сірчастих сполук котельних. Склад і кількість продуктів згорання органічних палив у топках котлів харчових підприємств можуть змінюватися залежно від умов згорання, якості палива та ефективності системи згорання [5]. Якщо разом з вугіллям в топку ТЕС потрапляє порожня порода, яка містить в своєму складі домішки природ-

них радіоактивних елементів, то має місце радіоактивне забруднення атмосфери і земної поверхні, яке може набагато перевищувати можливе радіоактивне забруднення при експлуатації АЕС [6–9].

Метою статті є дослідження екологічних особливостей при експлуатації промислових котельних установок харчових підприємств з урахуванням забезпечення безпечних умов праці працівників котельень.

Виклад основного матеріалу. Усі процеси, пов'язані зі спалюванням органічних видів палива у котельних установках різної потужності, є джерелами забруднюючих речовин. Значну роль при роботі теплоенергетичного обладнання підприємств харчової промисловості є дослідження характеристик їх викидів у навколишнє середовище та негативний вплив газових викидів, аерозолів, оксидів металів які утворюються під час спалювання органічних палив в енергетичних установках. Кількість продуктів згорання органічних палив у топках котлів харчових підприємств можуть змінюватися залежно від умов згорання, якості палива та ефективності системи згорання. Означені питання викликають занепокоєння, саме тому їм повинна приділятися ретельна увага. Необхідно впроваджувати і підтримувати вітчизняні та Європейські стандарти й законодавство, спрямовані на обмеження шкідливих викидів у повітря.

Однією з найбільш складних для імплементації директив як в інституціональному, так і в вартісному плані є Директива 2010/75/ЄС «Про промислові викиди» (інтегроване запобігання та контроль забруднення), яка охоплює базові сфери промисловості, що системно впливають на показники якості навколишнього середовища [10].

На рис. 1 зазначені основні екологічні проблеми при експлуатації промислових котельних установок, що пов'язані із застарілим обладнанням, яке експлуатується на підприємствах харчової промисловості, а саме відсутністю ефективних установок сірко-

газоочищення, а також систем пилоочищення. Склад і кількість продуктів згорання органічних палив у топках котлів харчових підприємств досліджено у роботі [5].

Для дотримання вимог сучасних вітчизняних та Європейських екологічних стандартів при експлуатації промислових котельних установок підприємств харчової промисловості, зокрема що працюють вугіллі, необхідно впроваджувати ефективні технології очищення димових газів. Одним із найбільш ефективних підходів є застосування амонійних сполук, що дозволить об'єднати системи напівсухого сіркоочищення та системи селективного некаталітичного відновлення в одну комплексну систему газоочищення димових газів. Використання амоніаку як екологічно чистого палива для енергетичних установок дозволить знизити викиди парникових газів та токсичних речовин [1–4]. У роботі [11] автори визначають необхідний ступінь сіркоочищення димових газів та пріоритетний метод сіркоочищення для впровадження на ТЕС України.

З іншого боку, розглядаючи питання експлуатації теплоенергетичного обладнання підприємств харчової промисловості та вирішення питань зменшення екологічного навантаження при застосуванні сумішей амоніаку та водню, виникає необхідність розробки та впровадження менеджменту безпеки праці на робочих місцях у приміщеннях котельні з урахуванням фізичних, хімічних а також біологічних шкідливих та небезпечних факторів. Так, до хімічних факторів, при обслуговуванні промислових котельних установок належать: викиди шкідливих газів – оксиди азоту (NO_x), діоксид сірки (SO_2), окис вуглецю (CO) та інші токсичні речовини, які можуть виділятися під час роботи котельних установок, вдихання цих газів працівниками може призвести до отруєнь, подразнення дихальних шляхів та інших серйозних проблем зі здоров'ям. Амоніак є потенційно небезпечним для працівників котель-

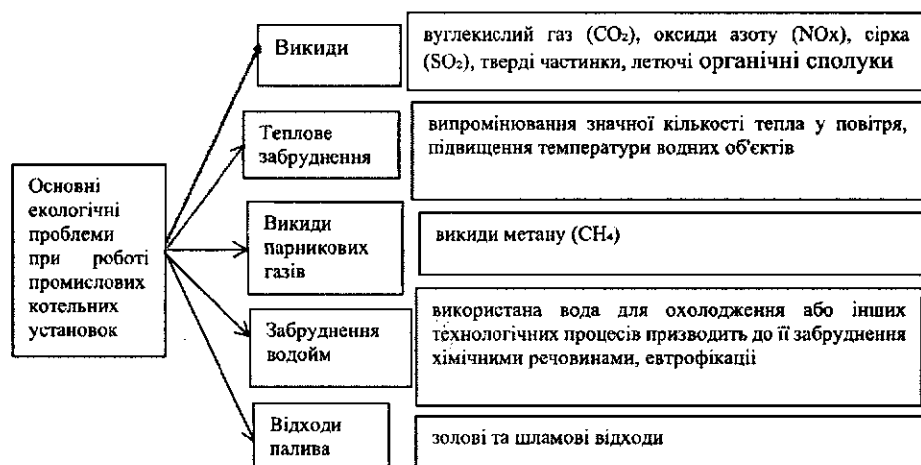


Рис. 1. Основні екологічні проблеми при експлуатації промислових котельних установок

них, якщо він потрапляє в повітря робочої зони та його значення перевищують гранично допустимі концентрації. Викиди амоніаку можуть відбуватися при несправності обладнання або порушенні норм безпеки. Амоніак є агресивною хімічним речовиною для людини, яка при контакті може викликати серйозні опіки очей і шкіри. Тривале або інтенсивне вдихання амоніаку може спричинити головний біль, запаморочення, втрату координації та навіть втрату свідомості. При постійному впливі низьких концентрацій амоніаку можуть виникати хронічні проблеми зі здоров'ям, включаючи астму, бронхіт та інші захворювання дихальної системи. Для мінімізації ризиків негативного впливу на працівників необхідно передбачити заходи, що виключають або зменшують їх показники до допустимих меж, проводити регулярні перевірки обладнання, за потреби використовувати засоби індивідуального захисту, а також встановлювати ефективні системи вентиляції, що запобігатиме накопиченню амоніаку у повітрі. Вище запропоновані заходи враховують вимоги стандарту ISO 45001 «Системи менеджменту охорони здоров'я та безпеки праці», що був розроблений для проактивного підходу до здоров'я працівників та спирається на попереджувальні дії. Стимулом до впровадження Системи менеджменту охорони здоров'я та безпеки праці на підприємствах харчової промисловості може бути легкість її інтеграції з Системою екологічного менеджменту згідно з ISO 14001 а також Системою управління якістю згідно з ISO 9001.

Головні висновки. Встановлено, що процеси, пов'язані зі спалюванням органічних видів палива у котельних установках різної потужності, є джерелами забруднюючих речовин. Зокрема, значне екологічне навантаження на екосистему спричиняють викиди при

роботі теплоенергетичного обладнання підприємств харчової промисловості, які утворюються під час спалювання органічних палив в енергетичних установках. Тому, для дотримання вимог сучасних вітчизняних та Європейських екологічних стандартів при експлуатації промислових котельних установок підприємств харчової промисловості необхідно впроваджувати і підтримувати стандарти та законодавство, спрямовані на обмеження шкідливих викидів у повітря.

Розглянуто підходи до очищення димових газів від оксидів азоту на основі застосування сумішей амоніаку та водню, з урахуванням менеджменту безпеки праці на робочих місцях у приміщеннях котельні. Адаже амоніак є потенційно небезпечним для працівників котельних, якщо він потрапляє у повітря робочої зони та його значення перевищують гранично допустимі концентрації. Тому, для попередження ризику потраплення амоніаку у робочу зону котельні необхідно проводити регулярні перевірки обладнання, вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони, аудит з охорони праці, а також встановлювати ефективні системи вентиляції, що запобігатиме накопиченню амоніаку у повітрі.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати можуть бути використані при створенні інформаційного забезпечення системи екоменеджменту на підприємствах харчової промисловості в частині розробки систем управління та контролю екологічної безпеки.

Перспективним напрямком подальших досліджень у сфері еколого-безпекових особливостей експлуатації промислових котельних установок підприємств харчової промисловості може бути широке коло питань щодо розроблення методів зниження екологічного навантаження на екосистему з урахуванням безпеки праці працівників котельні.

Література

1. Volchyn I., Cherevatskyi D., Mokretskyy V., Pzybylski W. Creating the Holdings of Nuclear Power Plants and/or Renewable Energy Sources with Ammonia Production Plants on the Base of Circular Economy. Eds. Prof. Nasser S. S Awwad and Dr. Hamed Majdooa Algami. *Nuclear Power Plants – New Insights*, 2023. Chapter 5.
2. Volchyn I., Mokretskyy V., Pzybylski W. Experimental Study of REDUXCO Fuel Additive Impact on Coal Boiler Performance, Efficiency and Emissions. Ed. A. Zaporozhets. *Systems, Decision and Control in Energy*, 2023. V. P. 411-423.
3. Volchyn I.A., Horyanoi S.V., Mezin S.V., Przybylski W.Ja., Yasynetskyi A.O. (2023) Peculiarities of using ammonium reagents in technologies of semi-dry desulfurization of flue gas. Ed. A. Zaporozhets. *Systems, Decision and Control in Energy*, 2023. V. P. 767-778.
4. Вольчин І., Ясинецький А., Пшибильські В. Екологічні аспекти ролі зеленого амоніаку в енергетиці України. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2022. № 2. 76-83.
5. Сірик А. О., Євтушенко О. В. Вплив викидів котлоагрегатів харчових підприємств на якість атмосферного повітря. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія Технічні науки*. 2023. № 4. С. 135-143.
6. Sahu S. K., Tiwari M., Bhargare R. C., Ajmal P. Y., Pandit G. G. Partitioning behavior of natural radionuclides during combustion of coal in thermal power plants, *Environmental Forensics*. 2017. № 18:1. С. 36-43.
7. Sudhir Y., Rajiv P. Status and Environmental Impact of Emissions from Thermal Power Plants in India. *Environmental Forensics*. 2014. №15:3. С. 219-224.
8. Ozden, B. Enrichment of naturally occurring radionuclides and trace elements in Yatagan and Yenikoy coal-fired thermal power plants, Turkey, *Journal of Environmental Radioactivity*. 2017.
9. Mohan Singh, Lalit & Kumar, Mukesh & Sahoo, Bijay & Sapra, Balvinder & Kumar, Rajesh. 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*. 2016. 171.

10. Маковецька Ю.М., Омеляненко Т.Л. Поводження з відходами в контексті вимог Директиви 2010/75/ЄС про промислові викиди. *Економіка природокористування і охорони довкілля*. 2014. С. 10-12.
11. Вольчин І.А., Гапонич Л.С., Згоран І.П. Вибір технології десульфуризації димових газів для українських вугільних теплових електростанцій. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2018. Т. 24, № 4. С. 154-168.
12. Іваненко С.Д., Олива Д.А. Аналіз впливу на стан довкілля підприємств харчової промисловості. Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених. Харків: НУЦЗУ. 2020. С. 355.
13. Мостенська Т.Л. Екологічні загрози при виробництві харчових продуктів. *Інтелект XXI*. 2015. № 3. С. 93-99.
14. Вольчин І.А., Ясинецький А.О., Пшибильські В.Я. Екологічні аспекти ролі «зеленого» амоніаку в енергетиці України. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2022. № 2. С. 76-83.
15. Громова О.М., Маркова Т.Д. Доцільність використання екологічно чистих технологій енергозабезпечення на підприємствах харчової промисловості. *Економіка харчової промисловості*. 2010. № 3. С. 59-62.