

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

Журнал заснований у 1918 році

**ВЧЕНІ ЗАПИСКИ
ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

Серія: Технічні науки

Том 34 (73) № 4 2023



Видавничий дім
«Гельветика»
2023

Стаценко Д.В., Стаценко В.В., Злотенко Б.М., Романюк Є.О. ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ.....	111
Трофименко О.Г., Прокоп Ю.В., Чепурна О.Є., Баландіна Н.М. РОЛЬ МАТЕМАТИКИ У РІЗНИХ СФЕРАХ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	117
Яровий О.В., Завгородній В.В. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМИ АГЕНТАМИ.....	124

ЕНЕРГЕТИКА

Пантелєєва І.В., Шматько Н.М., Глушко А.В. ВИДИ ІННОВАЦІЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ, ЩО РОЗВИВАЮТЬСЯ.....	129
Сірик А.О., Євтушенко О.В. ВПЛИВ ВИКИДІВ КОТЛОАГРЕГАТИВ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	135
Стринада П.С., Соломаха А.С. ГІДРОДИНАМІКА ЗА ПРОТИТЕЧІЇ ПЛІВКИ РІДИНИ ТА ГАЗУ У ВЕРТИКАЛЬНІЙ ТРУБІ.....	144
Ярошевич М.В., Соломаха А.С. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДО-ПАЛИВНОЇ ЕМУЛЬСІЇ ДЛЯ ПЕРЕВЕДЕННЯ ПОБУТОВИХ КОТЛІВ НА АЛЬТЕРНАТИВНІ ВИДИ ПАЛИВА.....	151

ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Андріянова М.В., Головенко В.О., Лінькова О.В. РОЗРОБКА СКЛАДУ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СОЛЕЙ ПОЛІГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНІДИНУ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ ВІД ДІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ.....	157
Бондаренко С.Г., Василькевич О.І., Абрамова А.О. ВДОСКОНАЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА З ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛІЙ.....	163
Денисенко А.М., Черьопкіна Р.І. ВИКОРИСТАННЯ ЛУЖНО-СУЛЬФІТОГО СПОСОБУ ДЛЯ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ДЕРЕВИНИ ПАВЛОВНІЇ.....	169
Дрозд О.В. ЕКСПЕРТИЗА ВІДХОДІВ РУЙНАЦІЇ НА ОСНОВІ ОЗНАК СТРУКТУРНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ МАТЕРІАЛІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РЕЦИКЛІНГУ.....	176
Yeremeyev I.S., Dychko A.O., Remez N.S., Kyselov V.B., Minaieva Yu.Yu., Ometsynska N.V. MEASURING, FORECASTING AND MONITORING SUSTAINABILITY OF BIOSCHEMICAL WASTEWATER TREATMENT IN WAR PERIOD.....	183
Кравченко С.О., Мірошніченко Д.В., Чеботарьов А.М., Туркіна О.В., Чаплянко С.В., Приплюцький С.І., Лебедєв В.В., Грушецький В.О. ВИЗНАЧЕННЯ КАПІТАЛЬНИХ ВКЛАДЕНЬ НА РЕКОНСТРУКЦІЮ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА З ПОРІВНЯННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ГАСІННЯ КОКСУ.....	191
Мовчанюк О.М. ТЕХНОЛОГІЯ БАШМАЧНОГО ПРЕСУВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ.....	197
Пилипенко Т.М. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНІКА КОСМЕТИЧНОГО ДЛЯ ОБЛИЧЧЯ.....	203
Спасьонова Л.М., Бондарчук О.Ю., Мокієнко А.В. РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІНОВАНОГО ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ДІОКСИДОМ ХЛОРУ ТА ГІПОХЛОРИТОМ НАТРІЮ.....	207
Толстопалова Н.М. МОДЕЛЮВАННЯ ФЛОТАЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ ХРОМУ (III).....	213
Трус І.М., Твердохліб М.М., Гомеля М.Д., Макаренко І.М. ВИКОРИСТАННЯ МЕМБРАН ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ НИЗЬКОГО ТИСКУ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ХЛОРИДІВ З ВОДИ.....	219

Сірик А.О.

Національний університет харчових технологій

Євтушенко О.В.

Національний університет харчових технологій

ВПЛИВ ВИКИДІВ КОТЛОАГРЕГАТИВ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Стаття присвячена актуальній темі впливу викидів продуктів згорання при роботі котельних агрегатів підприємств харчової промисловості України на якість атмосферного повітря за умови спалювання різних видів палива. Наведено дані стосовно джерел, складу, характеристик викидів котлоагрегатами підприємств харчової промисловості у навколишнє середовище та негативний вплив газових викидів, аерозолів, оксидів металів які утворюються під час спалювання органічних палив в енергетичних установках. Адже, в процесі спалювання органічного палива відбувається приблизно 80% сумарних обсягів антропогенних викидів в атмосферу, у тому числі 90% діоксиду вуглецю – головного парникового компонента атмосфери. Проаналізовано котельне обладнання підприємств харчової промисловості, що експлуатується залежно від потужності та виду палива, а також екологічну безпеку сучасних методів скорочення шкідливих викидів від котелень та особливості роботи технічних установок, які використовуються для досягнення скорочення антропогенного впливу на довкілля. Розглянуто процес формування та розповсюдження в атмосфері забруднюючих речовин які містяться у викидах котелень з оцінкою екологічного впливу а також заходи та засоби по скороченню або запобіганню шкідливих викидів у навколишнє середовище. Виконано огляд вимог вітчизняного та європейського законодавства щодо впливу забруднення атмосферного повітря речовинами техногенного походження на довкілля та здоров'я людини. Розглянуто досвід, що використовується в ЄС щодо правового регулювання та моніторингу якості атмосферного повітря. Проаналізовано основні положення Директиви 2010/75/ЄС «Про промислові викиди» яка охоплює базові сфери промисловості, що системно впливають на показники якості навколишнього середовища. В цілому робота присвячена актуальній проблемі дослідження техногенного навантаження на якість атмосферного повітря при роботі котлоагрегатів підприємств харчової промисловості України.

Ключові слова: котлоагрегати, викиди, якість атмосферного повітря, екологічне законодавство.

Постановка проблеми. Охорона довкілля та раціоналізація використання ресурсів навколишнього природного середовища за умов інтенсивного зростання промислового виробництва є найважливішим завданням сьогодення. Поряд з підприємствами хімічної, металургійної та інших галузей промисловості, що спричиняють найбільш негативні впливи на стан екосистем, підприємства харчової промисловості також є активними споживачами сировинних ресурсів і генераторами відходів [1]. До основних екологічних загроз у харчовому виробництві відносять викиди забруднюючих речовин у атмосферу від роботи котлоагрегатів, які можуть мати негативний вплив на довкілля і здоров'я людей. 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. Якщо разом з вугіллям в топку ТЕС потрапляє порожня порода, яка містить в своєму складі домішки природних радіоактивних елементів, то має місце радіоактивне забруднення атмосфери і земної поверхні, яке може набагато перевищувати можливе радіоактивне забруднення при експлуатації АЕС [2–5].

Проте оцінка екологічних впливів харчових підприємств на довкілля не набула загальноприйнятої практики, тому потребує наукових досліджень.

У процесі дослідження було використано такі методи дослідження: абстрактно-логічний (для узагальнення методів оцінки впливу шкідливих речовин котелень підприємств харчової промисловості на довкілля), аналізу і синтезу (для опису складових компонентів комплексного індексу оцінки негативних впливів на довкілля підприємств харчової промисловості), системного

аналізу (для узагальнення заходів із зменшення викидів котелень харчових підприємств).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналізом екологічних аспектів діяльності харчових підприємств займалися Д. Олива [6], Т. Мостенська [7], І. Ширяєва [8], О. Іванько, Л. Бідненко [9], Г. Кондратенко [10], Л. Лобоцька, В. Добровольський [11], О. Фесенко [12], Іваненко С., Коваль С. [13], Крусір Г. [14, 15], Струтинська Л. [16], Громова О., Маркова Т. [17], та ін. У проаналізованих наукових доробках не виділені конкретні екологічні аспекти, зумовлені роботою котелень підприємств харчової промисловості, що суттєво впливають на стан атмосферного повітря. Це зроблено авторами вперше, що підсилює наукову цінність та практичне значення цієї роботи.

Метою статті є дослідження екологічних аспектів впливу викидів котелень харчових підприємств на якість атмосферного повітря. Завданням дослідження є: вивчення екологічних впливів на довкілля від роботи котлоагрегатів харчових підприємств; характеристика методів оцінки впливу шкідливих речовин газопилових викидів на навколишнє природне середовище; обґрунтування системи заходів із запобігання забрудненню атмосферного повітря викидами котелень підприємств харчової промисловості. Виконати огляд вимог вітчизняного та європейського законодавства щодо впливу викидів у повітря речовин техногенного походження з урахуванням досвіду країн ЄС щодо правового регулювання та моніторингу якості атмосферного повітря.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основними галузями промисловості в Україні є вуглевидобування, енергетика, чорна та кольорова металургія, машинобудування, автомобілебудування, хімічна промисловість, промислове сільське господарство та харчова промисловість. «Національна екологічна стратегія 2020» визначає забруднення атмосферного повітря, як одну з ключових екологічних проблем країни. Оксиди азоту (NO_x), двоокис вуглецю (CO_2), діоксид сірки (SO_2) та тверді частки визначено основними речовинами, що забруднюють атмосферне повітря. Приблизно 60% викидів здійснюється стаціонарними джерелами [18].

Харчові підприємства споживають величезну кількість тепла, пари, гарячої води на технологічні потреби, вентиляцію, опалення та гаряче водопостачання. Призначення котельних установок на підприємствах харчової промисловості полягає в забезпеченні парою і гарячої води необхідних параметрів. Пару, в основному, одержу-

ють за рахунок теплоти, що виділяється при спалюванні органічного палива. При цьому в котлах можна спалювати будь-які види палива – рідке, газоподібне або тверде. Відповідно експлуатують парові котли, водогрійні котли і пароводогрійні котли. Для забезпечення потреб малопотужних підприємств харчової промисловості (наприкладі цукрових підприємств) з тиском пари до 25 бар встановлюються котли типу ДКВР, які працюють на газу, або топки цих котлів переробляють під роботу на вугіллі або під пілети на рухомій колосніковій решітці, а також котли Е-1-9 на 1 т/год пари, що працюють на вугіллі. На підприємствах середньої потужності з тиском пари 40 бар переважно встановлені парогенератори БГМ-35 що працюють на мазуті та газу, але багато підприємств їх модернізують під вугілля. Потужні котли типу БКЗ-75-39 ГМ працюють на твердому паливі із шаровим спалюванням, малопотужні котли ДЕ реконструюють під шарове спалювання вугілля.

Взаємозалежність умов забезпечення теплогоспоживання виробничих процесів на харчовому підприємстві та забруднення навколишнього середовища як факторів розвитку виробничих сил привертає увагу до цього аспекту проблеми антропогенного впливу на довкілля. Викиди забруднюючих речовин котельних цих підприємств зумовлені процесами згоряння органічного палива. Обсяги шкідливих газопилових викидів пов'язані з якістю та кількістю палива, що спалюється, повнотою його використання, а також з ефективністю загальною роботи джерела тепlopостачання. Процеси спалювання органічного палива є джерелом приблизно 80% сумарних обсягів антропогенних викидів в атмосферу, у тому числі 90% діоксиду вуглецю – головного парникового компонента атмосфери.

Рівень забруднення повітря в Україні стаціонарними джерелами визначається концентраціями домішок в приземному шарі повітря і залежить від технологічних факторів: витрата газоповітряної суміші та її температура, концентрація домішок у викидах, висота джерел, поперечний переріз гирла труби тощо. До метеорологічних факторів належать: місцезнаходження джерела викидів, переважаючий напрям вітру та його швидкість, температура і вологість атмосферного повітря; наявність інверсії, туману, опадів тощо [19].

Забруднення атмосфери виникає через недосконалість конструкції обладнання та установок, порушень правил експлуатації, низької технічної культури та екологічної безграмотності обслуговуючого персоналу, а іноді і внаслідок аварій

чи надзвичайних ситуацій. Токсичність вихідних газів, що викидаються в навколишнє повітряне середовище, залежить, головним чином від якості, сорту та виду спалюваного вуглеводневого палива, умов організації процесу його згоряння, технічного стану паливоспалювальних установок. Наприклад, застосування низькосортних палив, з одного боку, сприяє зменшенню поточних експлуатаційних витрат на придбання палива, а з іншого – підвищує кількість екологічно небезпечних забруднювачів, що викидаються в атмосферу. Інтенсивність забруднення атмосфери шкідливими газами визначається концентрацією та чисельністю джерел забруднення на одиниці площі; типом, потужністю та режимом використання паливоспалюючих установок, конструкцією та станом їх паливних систем, станом та рівнем експлуатації технічних засобів, наявністю систем та пристроїв, які якісно та кількісно знижують шкідливі викиди в атмосферу, та іншими факторами [20].

На роботу котельних установок підприємств харчової промисловості також впливають технологічні та структурні фактори, а саме застарілі технології виробництва – основне обладнання у котельнях впроваджене в експлуатацію в 60–70 роки минулого століття і спроектоване за нормами 1950-х років, відпрацювало свій парковий ресурс; та структура споживання палива – високий рівень викидів, передусім оксидів сірки, котельнями може бути зумовлений використанням вугілля непроектової якості (знижена якість вугілля призводить до збільшення обсягів шкідливих викидів в атмосферу) [21]. Одним із пер-

спективних напрямків щодо зниження газового забруднення атмосферного повітря, є усунення причин виникнення шкідливих викидів шляхом активного впливу на процеси їх утворення. Або, іншими словами, якісна та кількісна зміна механізмів формування небезпечних забруднювачів повітряного басейну, адже джерелами шкідливих викидів є похідні хімічних речовин, сполук та елементів, що містяться як в атмосферному повітрі, так і у викопному паливі [20].

Важливо враховувати, що склад і кількість продуктів згорання органічних палив у топках котлів харчових підприємств можуть змінюватися залежно від умов згоряння, якості палива та ефективності системи згоряння. Для зменшення негативного впливу продуктів згорання на навколишнє середовище і здоров'я людей використовуються різні методи очищення викидів та контролю якості палива. Оксид вуглецю (рис. 1) утворюється при неповному згорянні палива. Він становить близько 50% загальної масової кількості всіх шкідливих речовин, що надходять у повітряний в атмосферне повітря. СО дуже стабільний може перебувати в атмосферному повітрі до 4 місяців.

На котельні установки (частка котельних малої потужності тут значна) припадає до 80% викидів оксидів сірки SO_x (рис. 1). Оксиди сірки у формі двооксиду SO_2 й триоксиду SO_3 утворюються в зоні горіння мазуту й твердих палив, які містять зв'язану сірку. У паливі сірка знаходиться в трьох видах: органічна, колчеданна та сульфатна. При спалюванні природного газу утворення оксидів сірки має місце в незначній кількості за наявності в паливі сірководню H_2S й частково – сіркову-

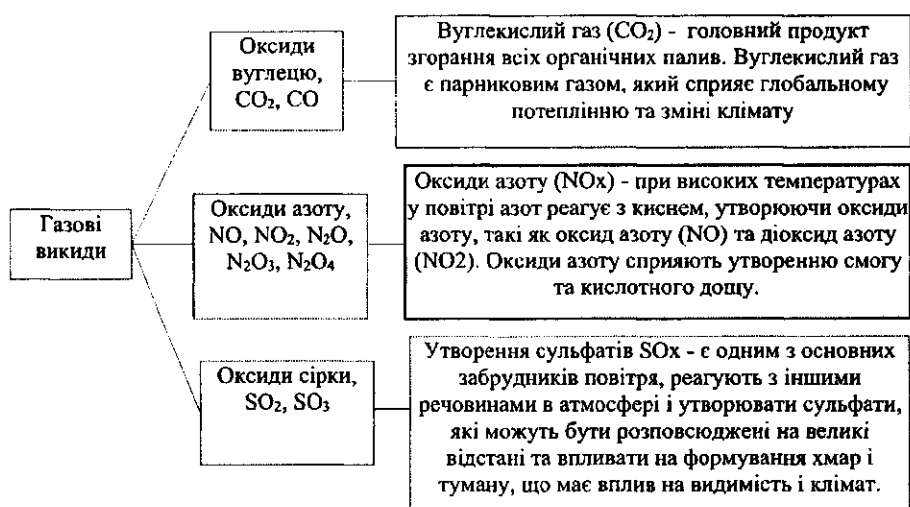


Рис. 1. Негативний вплив газових викидів які утворюються під час спалювання органічних палив в котлах

глецю C_2S . Одним із найбільш токсичних газоподібних викидів енергоустановок при спалюванні вугілля та мазуту є діоксид сірки SO_2 , що становить 98–99% викидів сірчистих сполук ТЕС [23]. Для очищення газів від сірчистих сполук застосовують кілька способів: промивання газів водою, вапняний, кислотно-каталітичний, комбінований (поєднання кислотно-каталітичного та вапняного), магнезитовий, аміачні (мокрый та сухий) методи. Найбільш широко використовують три методи, засновані на селективному поглинанні діоксиду сірки: аміачно-циклічний, магнезитовий та вапняний. Перевагою сіркоочищення димових газів є його безумовна ефективність (видалення викидів до 90–95 %) [22].

Джерелом викидів оксидів азоту NO_x (оксид азоту NO та діоксид азоту NO_2), викиди яких визначаються в перерахунку на NO_2 (рис. 1) є котельні установки різного призначення, на які припадає більше половини усіх техногенних викидів. Оксиди азоту утворюються в процесі термічного окислювання азоту повітря та палива при спалюванні палива в топках котлів. При контролі складу атмосфери звичайно фіксується сума оксидів азоту $NO_x = NO + NO_2$. Первинні (режимно-технологічні) заходи спрямовують на зменшення утворення оксидів азоту в топці або камері згоряння установки спалювання. До цих заходів відносяться: ступенева подача повітря та палива, рециркуляція димових газів тощо. За неможливості досягти за допомогою первинних заходів допустимої концентрації оксидів азоту в димових газах для їх очищення від NO_x використовують газоочисну установку. Для очищення димових газів від оксидів азоту використовують

уловлювання оксидів азоту з наступною переробкою в товарну продукцію з руйнуванням оксидів азоту до нетоксичних складових. При цьому характерні методи абсорбції й адсорбції. Одним з найпоширеніших абсорбційних методів є лужне поглинання оксидів азоту. Тут використовується Na_2CO_3 , $Ca(OH)_2$ або розчини аміаку, що забезпечують поглинання оксидів азоту. Аміак є єдиною доступним відновником вибіркової дії, здатним відновити домішки оксиду азоту до азоту й кисню.

При спалюванні палива в котельнях утворюється зола (рис. 2) – це залишок, що залишається після згоряння палива, її склад залежить від виду палива, яке використовується. Зазвичай зола містить різні неорганічні речовини, такі як оксиди кальцію, калію, натрію, магнію та інших елементів. Збирання і утилізація золи є важливою складовою процесу спалювання палива. Вона може бути використана в якості добрива, якщо вона не містить шкідливих речовин. Також можуть бути застосовані спеціальні технології для видалення шкідливих речовин з золи перед її утилізацією. Деякі котельні використовують спеціальні системи для зменшення утворення золи, такі як системи очищення димових газів або використання біомаси як палива. Ці системи допомагають зменшити кількість утворюваної золи і покращити екологічні показники процесу спалювання. Усі котли, що працюють на твердому паливі, забезпечені пристроями для вловлювання золи з продуктів згоряння. Залежно від виду палива, потужності котла, способу спалювання палива у котлах, уловлювання золи промислових котелень здійснюється різноманітними золовловлювачами, які класифікуються насамперед за способом очищення.

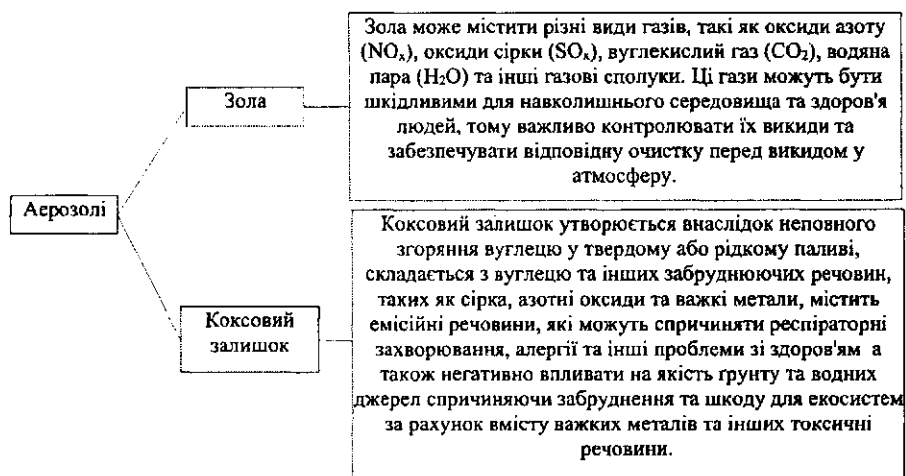


Рис. 2. Негативний вплив аерозолів при згоранні органічних палив при роботі котлоагрегатів

Механічні способи поділяють на сухі й мокрі: сухі способи очищення здійснюються гравітаційними й відцентровими апаратами, а також фільтрами, мокрий спосіб очищення здійснюється різноманітним обладнанням, серед якого найчастіше застосовують відцентрові скрубери, швидкісні й пінні газопромивники, масляні фільтри, а також спеціальні апарати.

Коксовий залишок (рис. 2) утворюється внаслідок неповного згоряння вуглецю у паливі, такому як вугілля або нафта. Він складається з вуглецю та інших забруднюючих речовин, таких як сірка, азотні оксиди та важкі метали. Одним із способів зменшення негативного впливу коксового залишку є використання більш чистих джерел енергії, таких як відновлювані джерела енергії (сонячна, вітрова, гідроенергетика) та енергоефективні технології. Також можуть застосовуватись технології очищення викидів, щоб знизити кількість забруднюючих речовин, що потрапляють до атмосфери.

Викид важких металів та їх сполук (рис. 3) пов'язано з наявністю в мінеральній частині палива сполук важких металів. Під час спалювання в котлах мазуту утворюються сполуки важких металів, які є складовими мазутної золи, з них сполуки ванадію відносяться до основних складових мазутної золи. Ефективність уловлювання твердих частинок золоуловлювальною установкою залежить від типу очисного обладнання, встановленого на установці спалювання, наприклад електростатичного фільтра, рукавного фільтра, мокрого скрубера чи батарейного циклона. При спалюванні в котлах

природного газу можуть виділятися в газоподібній формі в незначній кількості ртуть та її сполуки. Для зменшення викидів важких металів застосовуються системи очищення димових газів та фільтри, що допомагають затримувати токсичні речовини перед їх викидом у повітря.

Під час згоряння палива при роботі котлоагрегатів утворюються продукти згорання включаючи гази, пари та тверді частки, які можуть бути випущені у атмосферу. У таблиці 1 наведені значення окремих викидів в атмосферне повітря в ході спалювання різних видів палива (емісія) котлоагрегатами підприємств харчової промисловості [24].

Забруднення повітря та регулювання цієї сфери державою – залишаються одними з ключових екологічних проблем України. Нормування якості атмосферного повітря в країнах ЄС здійснюється шляхом встановлення стандартів якості (граничних величин або цільових показників, досягнення яких повинно бути забезпечено до визначеного періоду). Варто звернути увагу на те, що останніми роками принцип «забруднювач платить» є одним із ключових принципів екологічної політики ЄС. В українському законодавстві цей принцип знайшов своє відображення у Законі «Про охорону навколишнього природного середовища». Проте не всі нормативи відрхувань є чітко визначеними, а механізм розрахунків платежів за забруднення навколишнього середовища є складним (спостерігається пряма залежність між обсягами платежів і складністю системи розрахунків) [25].

Значна увага питанню нормування якості атмосферного повітря приділяється Всесвітньою

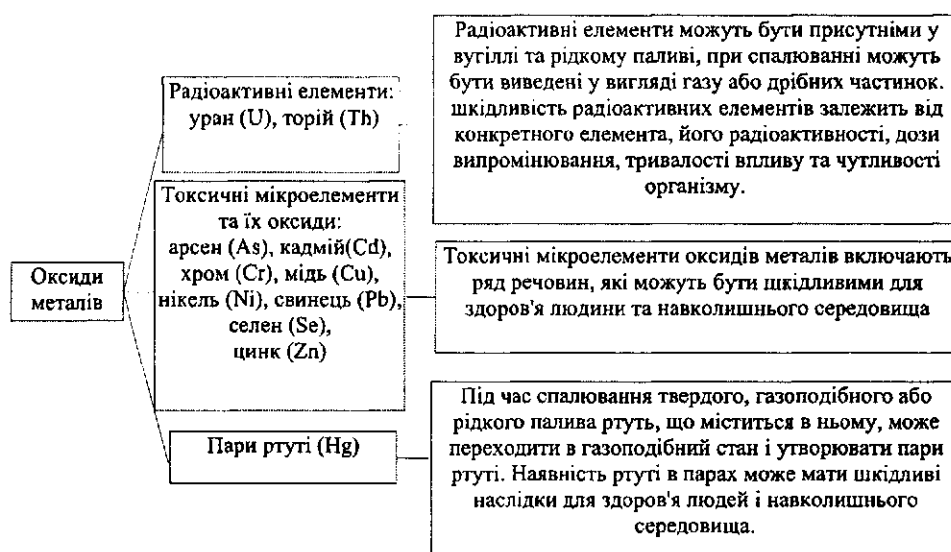


Рис. 3. Негативний вплив оксидів металів при згоранні органічних палив при роботі котлоагрегатів

Таблиця 1

Викиди забрудників у атмосферу під час спалювання різних видів палива

Забруднююча речовина		Показник емісії k	
Назва	Код	Умовне позначення	Числове значення, г/ГДж
Природний газ (нижча робоча теплота згоряння $Q' = 45,75$ МДж/кг)			
Азоту оксиди	243.1.001	k_{NOx}	64,311
Вуглецю окис	243.1.009	k_{CO}	248,75
Двоокис вуглецю	243.4.001	k_{CO2}	58748,13
Оксид діазоту	243.2.002	k_{N2O}	0,1
Метан	243.2.004	k_{CH4}	1,0
Мазут (нижча робоча теплота згоряння $Q' = 38,78$ МДж/кг)			
Азоту оксиди	243.1.001	k_{NOx}	64,311
Вуглецю окис	243.1.009	k_{CO}	318,4
Двоокис вуглецю	243.4.001	k_{CO2}	76662,63
Оксид діазоту	243.2.002	k_{N2O}	0,6
Метан	243.2.004	k_{CH4}	3,0
Неметанові легкі органічні речовини (НМЛОР)	243.2.004	$k_{НМЛОР}$	10,0
Суспендовані тверді частинки (сажа)	243.1.012	$k_{сажі}$	405,81
Ангідрид сірчаний	243.1.003	k_{SO2}	500,26
Кам'яне або буре вугілля (нижча робоча теплота згоряння $Q' = 20,47$ МДж/кг)			
Азоту оксиди	243.1.001	k_{NOx}	100,90
Вуглецю окис	243.1.009	k_{CO}	1871,5
Двоокис вуглецю	243.4.001	k_{CO2}	93740,0
Оксид діазоту	243.2.002	k_{N2O}	1,4
Метан	243.2.004	k_{CH4}	1,0
Неметанові легкі органічні речовини (НМЛОР)	243.2.004	$k_{НМЛОР}$	600,0
Суспендовані тверді частинки (сажа)	243.1.012	$k_{сажі}$	2305,9
Ангідрид сірчаний	243.1.003	k_{SO2}	2506,0

організацією охорони здоров'я. Так, у 2005 році затверджені «Рекомендації ВООЗ щодо якості повітря, що стосуються твердих сполук, озону, двоокису азоту та двоокису сірки». У Рекомендаціях визначається, що шляхом встановлення рівнів забруднюючих речовин, нижче яких їх вплив протягом усього життя або конкретного періоду часу не становить істотного ризику для здоров'я населення, а нормативні показники (рекомендовані безпечні рівні) складають основу для розробки стандартів або граничних значень вмісту забруднюючих речовин у повітрі. Таким чином, вбачається знайома для українського законодавства система нормативів гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин, які встановлено МОЗ України з метою оцінки рівня забруднення та якості атмосферного повітря. Ці нормативи є постійно діючими стандартами навколишнього середовища, єдиними для всієї території України. Можна припустити, що нор-

мативи ГДК за правовою природою ототожнюються зі стандартами якості ЄС. У рамках Угоди про асоціацію з Європейським Союзом Україна бере на себе низку зобов'язань щодо приведення власного законодавства до вимог європейського права. 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 [26]. Директива 2010/75/ЄС базується на пропозиції Європейської Комісії про перегляд, оновлення та об'єднання семи раніше діючих директив, включаючи директиву про інтегроване запобігання та контроль забруднення (ІПРС), щодо великих спалювальних установок (LCP), щодо спалювання відходів (WI), щодо викидів від розчинників та 3-х директив щодо регулювання діоксиду титану.

З одного боку, вона продовжує 80-ю, з іншого – це загальна Директива по Комплексному попередженню і контролю забруднень (IPPC) [27].

Директивою 2010/75/ЄС про промислові викиди, що прийнята на зміну Директиви 2001/80/ЄС, внесено принципові зміни до чинного законодавства ЄС. Одна з найбільш важливих змін полягає у більш жорстких допустимих граничних значеннях викидів діоксиду сірки, оксидів азоту та пилу від великих спалювальних установок. Ці вимоги набули чинності в країнах ЄС для великих спалювальних установок з 1 січня 2016 року. При цьому країнам ЄС дозволяється застосування перехідного національного плану (стаття 32 Директиви 2010/75/ЄС) з пролонгацією строку 5 досягнення деякими спалювальними установками вимог Директиви 2010/75/ЄС до 30 червня 2020 року. Згідно з рішенням Ради Міністрів Енергетичного Співтовариства від 24 жовтня 2013 року вимоги Директиви 2010/75/ЄС набувають чинності в Енергетичному Співтоваристві для великих спалювальних установок після 31 грудня 2027 року.

Концепція про промислові викиди передбачає прийняття окремих нормативних актів, що будуть регулювати застосування НДТ, можливість відхилення від ГДВ і ТНДВ, а також встановлення балансу між захистом повітря, води та ґрунту, управлінням відходами та важливими соціальними інтересами. Довідкові документи НДТ (BREFs) мають бути перекладені українською мовою та поступово перенесені до українського законодавства (для деяких заходів до 2023 року, а для всіх заходів до 2028 року).

У 2007 році була прийнята Стратегія державної екологічної політики України на період до 2020 року. На початку 2020 року вона повинна бути замінена на Закон «Про основні засади (стратегії) державної екологічної політики України на період до 2030 року». Екологічна стратегія 2020 передбачає інтеграцію питань захисту навколишнього середовища до галузевих політик, зокрема, у галузі енергетики та промисловості, транспорту та сільського господарства. Така інтеграція вимагає тісної співпраці з відповідними міністерствами й організаціями, детального перегляду нормативної бази. В Екологічній стратегії 2030 окреслено ряд проблемних сфер управління за критеріями, що включають забруднення повітря і ґрунтів, однак не приведено жодних пропозицій для їх вирішення. За винятком імплементації Директиви про промислові викиди (2010/75/ЄС), як одного з пріоритетних шляхів, у стратегії немає інших адекватних цілей [18].

Високий рівень захисту природного навколишнього середовища – одне з пріоритетних завдань в адаптації законодавства України до законодавства ЄС. Вимоги щодо адаптації законодавства України до європейського визначено Стратегією сталого розвитку «Україна – 2020». Аналіз вітчизняного законодавства дозволяє зробити висновок про те, що нормативні документи України щодо охорони атмосферного повітря частково відповідають нормативним документам ЄС. Підходи щодо нормування вмісту забруднюючих речовин досить різняться. Так, українське законодавство передбачає використання ГДК, що базується на впливі забрудників на здоров'я людини, а законодавство ЄС також враховує аспект впливу забрудників на довкілля [28].

Також, необхідно відмітити низький рівень відповідності вимогам Директиви 2010/75/ЄС. Директива 2010/75/ЄС об'єднала, покращила та зробила більш чітким законодавство та скасувала декілька інших директив у сфері запобігання промисловим забрудненням. Положення Директиви про промислові викиди акцентують увагу на дозвільній системі та процедурах, а також на визначенні загальної структури інтегрованого запобігання забрудненню та контролю над ним. Метою комплексного підходу до контролю забруднення є попередження викидів в атмосферу та скидів у воду та ґрунт усюди, де це можливо, враховуючи поводження з відходами [29].

Висновки. Зазначимо, що при спалюванні твердого палива котельними агрегатами підприємств харчової промисловості в атмосферу з димовими газами надходить летуча зола, частинки якої містять вуглець, сірку, діоксид кремнію, оксиди алюмінію та заліза, деякі органічні сполуки, важкі метали та інші хімічні елементи. Склад і кількість продуктів згорання органічних палив у топках котлів харчових підприємств можуть змінюватися залежно від умов згорання, якості палива та ефективності системи згорання. При спалюванні рідкого палива та газу вихід твердих частинок значно менше, проте газоподібні продукти характеризуються високими концентраціями багатьох шкідливих хімічних речовин, що негативно впливають як на якість атмосферного повітря так і на здоров'я людей. Обсяги шкідливих газопилових викидів пов'язані з якістю та кількістю палива, що спалюється, повнотою його використання, а також з ефективністю роботи джерела теплопостачання.

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. Для зменшення негативного впливу оксидів сірки на якість атмосферного повітря важливо приймати заходи контролю за викидами SO_x , включаючи встановлення фільтрів та очисних систем на працюючому обладнанні, використання більш чистих джерел енергії та сприяння енергоефективності. Необхідно впроваджувати і підтримувати стандарти та законодавство, спрямовані на обмеження викидів SO_x у повітря. Запропоновано підходи до очищення димових газів від оксидів азоту на основі уловлювання оксидів азоту з наступною переробкою в товарну продукцію та руйнування оксидів азоту до нетоксичних складових. Також, необхідно відмітити низький рівень чинного зако-

нодавства України вимогам нормативних документів ЄС, зокрема вимогам Директиви 2010/75/ЄС «Про промислові викиди» яка охоплює базові сфери промисловості, що системно впливають на показники якості в тому числі атмосферного повітря. Адже для забезпечення своїх зобов'язань Україна має скористатися успішним досвідом скорочення викидів забруднюючих речовин низкою європейських країн, зокрема Німеччини та Польщі, упродовж останніх 20 років. Таким чином, перед Україною постає доволі значний обсяг завдань як з огляду на недосконалість нормативно-правового поля, так і враховуючи необхідність суттєвої екологічної модернізації котельні підприємств харчової промисловості.

Список літератури:

1. Васильцова О. В. Екологічні аспекти функціонування хлібопекарських підприємств України. *Інвестиції: практика та досвід*. № 17. 2018. С. 61-66
2. Sahu S. K., Tiwari M., Bhangare R. C., Ajmal P. Y., Pandit G. G. Partitioning behavior of natural radionuclides during combustion of coal in thermal power plants, *Environmental Forensics*, № 18:1. 2017. С. 36-43
3. Sudhir Y., Rajiv P. Status and Environmental Impact of Emissions from Thermal Power Plants in India. *Environmental Forensics*. (2014). №15:3. С. 219- 224
4. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.09.016>.
5. 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.
6. 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.
7. Мостенська Т.Л. Екологічні загрози при виробництві харчових продуктів. *Інтелект XXI*. № 3. 2015. С. 93-99.
8. Ширяєва І.В. Вплив переробних підприємств АПК на якість природного середовища регіону. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2014. № 8. С. 219-223.
9. Іванько О.М., Бідненко Л.І. Сучасні методи знезараження стічних вод (огляд літератури). *Проблеми військової охорони здоров'я*. 2012. Вип. 33. С. 137-150.
10. Крусір Г.В., Кондратенко І.П. Оцінка впливу хлібопекарного підприємства на навколишнє середовище на основі критерію екологічності. *Харчова наука і технологія*. 2012. № 2. С. 81-83.
11. Крусір Г.В., Кондратенко І.П., Лобоцька Л.Л., Добровольський В.В. Щодо оцінки індексу екологічної небезпеки хлібопекарського підприємства з урахуванням можливості техногенної аварії. *Екологічна безпека*. 2016. Вип. 2. С. 89-96.
12. Фесенко О.А., Кондратенко І.П. Оцінка екологічної безпеки підприємства експертним методом. *Сучасні технології в промисловому виробництві: матеріали II Всеукр. міжвузівської наук.-техн. конф., м. Суми, 17-20 квітня 2012 р.* Суми: СумДУ. 2012. Ч. 2. С. 70.
13. Коваль С.О. Вплив на довкілля харчової промисловості. Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій. 27-28 листопада. Тернопіль. 2019. С. 82.
14. Крусір Г.В. Екологічний аудит хлібопекарського підприємства. *Харчова наука і технологія*. 2013. № 1. С. 80-81.
15. Крусір Г.В. Оцінка екологічної безпеки хлібних виробів. *Харчова наука і технологія*. 2013. № 1. С. 84-87.
16. Струтинська Л.Р. Екологічна ефективність харчових і переробних підприємств малого та середнього бізнесу. *Вісник ХНТУ*. № 1 (84). 2023. С. 250-257.
17. Громова О.М., Маркова Т.Д. Доцільність використання екологічно чистих технологій енергозабезпечення на підприємствах харчової промисловості. *Економіка харчової промисловості*. № 3. 2010. С. 59-62.

18. Брудне небо над головою: законодавство у сфері охорони атмосферного повітря в Україні та ЄС. Порівняльний аналіз законодавства, політики та практики. <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2020/12/dirty-skies-above-ua.pdf>
19. Bataltsev Y., Plyatsuk L., Ablieva I., Hurets L., Miakaiev O. Environmental efficiency of managing the combustion process in boilers with circulating fluidized bed. Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека», 5(1/2019) С. 55-61.
20. Риндюк Д.В., Шелешей Т.В., Беднарська І.С. Інженерна екологія енергетики. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 141 с.
21. Зменшення викидів у тепловій електроенергетиці України через виконання вимог Європейського енергетичного співтовариства. Зелена книга. Міжнародний центр перспективних досліджень. Київ 2011 рік. https://cdn.regulation.gov.ua/e5/9a/3f/3e/regulation.gov.ua_File_183.pdf
22. Зацеркляний М.М., Зацеркляний О.М., Столевич Т.Б. Процеси захисту навколишнього середовища: підручник. Одеса : Фенікс, 2017. 454 с.
23. Риндюк Д.В., Шелешей Т.В., Беднарська І.С., Беднарська Я.С. Оцінка впливу марки мазуту на викиди сірчистого ангідриду на енергетичних об'єктах. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки, 2020. Том 31(70) № 2. С. 231-236.
24. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Том І. Український науковий центр технічної екології. Донецьк. 2004. 183 с.
25. Копиця Є.М. Міжнародний досвід правового регулювання нормування якості атмосферного повітря. Теорія і практика правознавства. Вип. 1(7)/2015. №2. С 206-217.
26. Маковецька Ю.М., Омеляненко Т.Л. Поводження з відходами в контексті вимог Директиви 2010/75/ЄС про промислові викиди. Економіка природокористування і охорони довкілля: 36. наук. пр. – К.: ДУ ІЕПСР НАН України, 2014. С. 10-12.
27. Владимирова, О. Г. (2021) Труднощі імплементації директиви ЄС «Про промислове забруднення» в національне законодавство: Третя Всеукраїнська науково-практична конференція «Євроінтеграція екологічної політики України», 20 жовтня 2021, Одеса, Україна.
28. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 році. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Natsionalna-dopovid-pro-stan-navkolyshnogo-prirodnoho-seredovyshha-v-Ukrayini-u-2018-rotsi_.pdf
29. Закон України «Про Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. // ВВР України. 2019. № 16. Ст. 70

Siryk A.O., Yevtushenko O.V. THE INFLUENCE OF EMISSIONS FROM BOILER UNITS OF FOOD INDUSTRY ENTERPRISES ON ATMOSPHERIC AIR QUALITY

The article is devoted to the current topic of the impact of combustion products emissions during the operation of boiler units of food industry enterprises of Ukraine on the quality of atmospheric air under the conditions of burning different types of fuel. Data are given on the sources, composition, and characteristics of emissions from boiler units of food industry enterprises into the environment and the negative impact of gas emissions, aerosols, and metal oxides that are formed during the combustion of organic fuels in energy installations. After all, in the process of burning organic fuel, approximately 80% of the total volume of anthropogenic emissions into the atmosphere occurs, including 90% of carbon dioxide – the main greenhouse component of the atmosphere. The boiler equipment of food industry enterprises, which is operated depending on the capacity and type of fuel, as well as the environmental safety of modern methods of reducing harmful emissions from boiler plants and the peculiarities of the operation of technical installations used to achieve the reduction of anthropogenic impact on the environment, are analyzed. The process of formation and distribution in the atmosphere of polluting substances contained in the emissions of boiler houses with an assessment of the ecological impact, as well as measures and means to reduce or prevent harmful emissions into the environment, are considered. A review of the requirements of domestic and European legislation regarding the impact of atmospheric air pollution by man-made substances on the environment and human health was conducted. The experience of the EU with regard to legal regulation and monitoring of atmospheric air quality is considered. The main provisions of the Directive 2010/75/EC "On industrial emissions" concerning the main branches of industry, which systematically affect indicators of environmental quality, have been analyzed. In general, the work is devoted to the actual problem of researching man-made load on the quality of atmospheric air during the operation of boiler units of the food industry enterprises of Ukraine.

Key words: boiler units, emissions, atmospheric air quality, environmental legislation.