

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Біотехнології та екологічного контролю

Кафедра Екологічної безпеки та охорони праці

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 101 «Екологія»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри доц. Семенова О.І.

“ 27 ” жовтня 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Руденко Лілії Володимирівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вплив стаціонарних джерел забруднення на міське повітря (на прикладі ТЕЦ-4 м. Києва)

керівник роботи Харченко В'ячеслав Валерійович, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “26” жовтня 2020 року №868к

2. Строк подання здобувачем роботи 01 лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Данні для аналізу про середньодобові концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в міста Києва взяті на сайті Міністерства енергетики та захисту довкілля України

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Пояснювальна записка складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу Презентація.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____ 27.10.2020 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Вступ	29.10.2020– 03.11.2020	Виконано
	Розділ 1. Проблема забруднення атмосферного повітря в місті Київ; Розділ 2. Методи дослідження якості атмосферного повітря.	04.11.2020– 25.11.2020	Виконано
	Розділ 3. Динаміка викидів забруднювальних речовин стаціонарними та пересувними джерелами; Розділ 4. Аналіз фонових концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері м. Києва	26.11.2020– 07.12.2020	Виконано
	Розділ 5. Аналіз впливу підприємства ТЕЦ-4 ТОВ «Євро-реконструкція» на стан атмосферного повітря в м. Києві і рівень дотримання вимог чинного природоохоронного законодавства; Розділ 6. Рекомендації щодо зменшення негативного впливу підприємства та модернізації ТЕЦ-4 ТОВ «Євро-реконструкція» щодо дотримання вимог чинного законодавства України з охорони навколишнього середовища	08.12.2020– 11.01.2021	Виконано
	Висновки. Перелік використаних джерел	12.01.2021– 25.01.2021	Виконано
	Презентація	26.01.2021– 01.02.2021	Виконано

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Руденко Л.В.
(прізвище та ініціали)

Харченко В.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Руденко Л. В. Вплив стаціонарних джерел забруднення на міське повітря (на прикладі ТЕЦ-4 м. Києва). – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 101 «Екологія» (ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»). – Національний університет харчових технологій МОН України, Київ, 2021.

У роботі сформульовано основні екологічні проблеми, що впливають на погіршення стану атмосферного повітря в м. Київ. Проведено порівняльний аналіз фактичних показників забруднюючих речовин в повітрі із нормативними показниками ГДК. Також було проведено аналіз впливу підприємства ТЕЦ-4 ТОВ «Євро-реконструкція» на стан атмосферного повітря в м. Києві і рівень дотримання вимог чинного природоохоронного законодавства.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше було проаналізовано рівень забруднення атмосферного повітря м. Києва за перший квартал 2020 року, шляхом порівняння фактичних показників середньодобових концентрацій забруднюючих речовин з загальноприйнятими величинами ГДК та проведено аналіз впливу підприємства ТЕЦ-4 на стан атмосферного повітря м. Києва за 2019 рік.

Практичне значення – результати досліджень доцільно використовувати для оцінювання забруднення повітряного шару в м. Києві з метою оптимізації управління в галузі охорони атмосферного повітря та прийняття заходів по зменшенню його забруднення.

Ключові слова: АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ВИКИДИ, ЗАБРУДНЮВАЛЬНА РЕЧОВИНА, ГДК, ТЕЦ, РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ.

ABSTRACT

Rudenko L.V. Influence of stationary sources of pollution on city air (on the example of CHP-4 of Kyiv). - Qualifying scientific hearing on the rights of the manuscript.

Qualification work on obtaining the educational degree of registration in the specialty 101 "Ecology" (OPP "Ecology and Environmental Protection"). - National University of Food Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

While working with the formation of the main environmental problems affecting the deterioration of atmospheric air in Kyiv. The comparative analysis of actual indicators of pollution of substances in air with normative indicators of maximum concentration limits is carried out. The analysis of the impact of CHP-4 LLC "Euro-reconstruction" on the atmospheric air station in Kyiv and the level of compliance with current environmental legislation was conducted.

Scientific news based on the results obtained at the time that the level of air pollution in Kyiv for the first quarter of 2020 was analyzed for the first time, by comparing the actual daily concentrations of pollutants with generally accepted maximum concentration limits and analyzing the impact of CHP-4 on atmospheric air. Kyiv for 2019.

Practical significance - the results of research should be used to assess air pollution in Kyiv using the optimization of management in the field of air protection and taking measures to reduce its pollution.

Key words: ATMOSPHERIC AIR, WICKETS, POLLUTANTS, MPC, CHP, POLLUTION LEVEL.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1_ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В МІСТІ КИЇВ.....	12
1.1 Вплив забруднення повітряного середовища на стан здоров'я населення	12
1.2 Моніторинг якості атмосферного повітря міста Київ.....	13
РОЗДІЛ 2_МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	16
РОЗДІЛ 3_ДИНАМІКА ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН СТАЦІОНАРНИМИ ТА ПЕРЕСУВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ	18
РОЗДІЛ 4_АНАЛІЗ ФОНОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ М. КИЄВА	25
РОЗДІЛ 5_АНАЛІЗ ВПЛВУ ПІДПРИЄМСТВА ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО- РЕКОНСТРУКЦІЯ» НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В М. КИЄВІ І РІВЕНЬ ДОТРИМАННЯ ВИМОГО ЧИННОГО ПРИРОДООХОРОННОГО ЗАКОНОАВСТВА.	32
5.1 Характеристика підприємства.....	32
5.2 Нормування вмісту шкідливих речовин у продуктах згорання органічного палива.....	35
5.3 Стан дотримання чинного природоохоронного законодавства України	42
5.4 Аналіз екологічних показників на ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ»	42
РОЗДІЛ 6_РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПІДПРИЄМСТВА ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО- РЕКОНСТРУКЦІЯ» ЩОДО ДОТРИМАННЯ ВИМОГ ЧИННОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ З ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	50
6.1 Заходи щодо скорочення викидів сполук сульфуру	50

6.3 Заходи щодо скорочення викидів NO _x	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

АП	Атмосферне повітря
БП	Бензапірен
ГДК	Гранично допустима концентрація
ЗА	Забруднення атмосфери
ЗР	Забруднювальна речовина
ЛОС	Леткі органічні сполуки
НС	Навколишнє середовище
ПСЗ	Пост спостереження за забрудненням
РЗ	Рівень забруднення
ШР	Шкідлива речовина

ВСТУП

Як відомо по країні в атмосферу виділяється більш ніж 17 млн тонн шкідливих речовин. Стан атмосферного повітря в Україні викликає занепокоєність екологічних організацій та медиків. Згідно з даними ВООЗ (Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я), то забруднення повітря є основним екологічним фактором збільшення проблем зі здоров'ям та підвищення рівня смертності. За цим показником лідирує Україна, не вперше котрий рік. І, як наслідок, має високий відсоток захворюваності на різні хвороби.

Джерелами забруднення в Україні є підприємства вугільної промисловості (вугілля як основне паливо), підприємства чорної металургії, енергетики, хімічної та нафтохімічної промисловості. Значний вплив саме на стан атмосферного повітря мають викиди з ТЕЦ, кількість яких щороку зростає. Тенденція зростання забруднення повітря спостерігається, нажаль, найбільше у столиці України.

Це загрожує небезпекою, бо у своєму складі димові гази мають безліч шкідливих речовин: чадний та вуглекислий газ, оксиди нітрогену, вуглеводні, сажу, бензопірени та важкі метали. Усім відомо, що чадний газ (СО) є надзвичайно небезпечним для людей, оскільки, при потраплянні в організм та з'єднанні з кров'яними тільцями, утворюється процес, який призводить до кисневого голодання організму.

Зокрема, вуглекислий газ та оксиди нітрогену, які виділяють як ТЕЦ, так і автомобілі є парниковими газами, призводять до часткових, а пізніше і серйозних змін клімату. Отже, маємо згубний вплив не лише на людину та її здоров'я, а й для навколишнього середовища. В Україні, а зокрема у великих промислових точках, значна частина забруднення повітря припадає на стаціонарні джерела викидів в атмосферу. Адже велика кількість застарілого обладнання та технологій підприємств по виробництву багатьох продуктів - зумовлюють викиди у катастрофічних обсягах. Всеукраїнська компетенція по атмосферному повітрю зазначає, що у 2015 році від підприємств в повітря країни надійшло понад 3,0 млн тонн забруднюючих речовин (на 1,2 млн тонни, або на 28,8%

менше, ніж у 2013 році). У 2013 році щільність викидів від стаціонарних джерел забруднення у розрахунку на кілометри квадратні території країни склала 7,1 тон забруднюючих речовин, а на душу населення – 94,8 кг.

Викиди токсичних речовин в атмосферу від теплових електростанцій та теплоелектроцентралей, середній вік яких перевищує 45 років, складають найбільшу частку в промисловому забрудненні повітря. На більшості підприємств ТЕЦ обладнання для очистки від сульфуру в димових газах не встановлене, а ефективність існуючого пилоочисного обладнання низька, тому викиди забруднюючих речовин на українських ТЕС - одні з найбільших в світі і перевищують стандарти Європейського Союзу в десятки разів.

За оцінкою міжнародних експертів щорічні збитки, спричинені лише шкодою здоров'ю населення від викидів підприємств теплової енергетики, оцінюються в 9,1 млрд євро.

Аналіз інформації про екологічний стан міста, є необхідним для вирішення екологічних проблем міста Києва.

Хоча місто Київ за рівнем техногенного впливу вигідно відрізняється від інших регіонів України з розвиненими енергетичними комплексами, він має низку екологічних проблем.

Тому, діяльність спрямована на стабілізацію та поліпшення екологічного стану міста, на раціональне використання й відтворення усіх видів природних ресурсів, а саме: на охорону та збереження атмосферного повітря є безумовно необхідною.

Таким чином, **актуальності** набувають дослідження, щодо отримання, збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про рівень забруднення атмосферного повітря, оцінки та прогнозування його змін, ступеня небезпечності, а також розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі охорони атмосферного повітря.

Об'єкт дослідження – ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ».

Предмет дослідження – вплив об'єктного підприємства на стан атмосферного повітря міста Києва і рівень дотримання вимог чинного

природоохоронного законодавства України на ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ».

Мета – оцінювання впливу об'єктного підприємства на стан атмосферного повітря міста Києва і рівень дотримання підприємством положень чинного природоохоронного законодавства України.

Завдання:

1. Ознайомитися з роботою Інституту промислової екології.
2. Опрацювати матеріали щодо фонових концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері м. Києва.
3. Дослідити стан роботи обладнання ТЕЦ-4 ТОВ «Євро-реконструкція» щодо дотримання вимог чинного законодавства України з охорони навколишнього середовища, відповідності фактичних показників викидів в атмосферу забруднюючих речовин в 2019 р. до всіх вимог чинного природоохоронного законодавства України.

Методи дослідження: У роботі використані теоретичні методи дослідження, а саме аналіз та порівняння даних.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше було проаналізовано рівень забруднення атмосферного повітря м. Києва за перший квартал 2020 року, шляхом порівняння фактичних показників середньодобових концентрацій забруднюючих речовин з загальноприйнятими величинами ГДК та проведено аналіз впливу підприємства ТЕЦ-4 на стан атмосферного повітря м. Києва за 2019 рік.

Практичне значення – результати досліджень доцільно використовувати для оцінювання забруднення повітряного шару в м. Києві з метою оптимізації управління в галузі охорони атмосферного повітря та прийняття заходів по зменшенню його забруднення.

Магістерська робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел. Магістерська робота викладена на 61 сторінках, містить 13 таблиць та 5 рисунків, використано 32 найменувань літературних джерел.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В МІСТІ КИЇВ

1.1 Вплив забруднення повітряного середовища на стан здоров'я населення

Останнім часом відзначається посилення антропогенного впливу на атмосферу, що виявляється переважно через її забруднення, а відтак неминуче позначається на стані екосистем і людському здоров'ї. Саме тому дослідження проблем, пов'язаних із забрудненням атмосферного повітря – надзвичайно важливого природного компонента середовища існування та життєдіяльності людини – нині набувають особливої гостроти та актуальності.

В теперішній час з погляду на проблеми екології людство зазначає критичний період свого існування. Швидкі та практично не контрольовані індустріалізація, урбанізація, посилення багатьох інших видів антропогенного впливу на навколишнє середовище порушили колообіг речовини і природні процеси в біосфері, внаслідок чого відзначається прискорене руйнування у природі. Негативні процеси, що відбуваються в природному середовищі, становлять загрозу для подальшого існування всього людства.

Ефект впливу на довкілля залежить від характеру і протяжності джерел повітряного забруднення, де, як і на якій висоті забруднювачі викидаються у повітря або виникають хімічні перетворення під час викиду забруднювачів, а також від метеорологічних факторів. Контроль повітряного забруднення часто необхідний для того, щоб захистити довкілля і здоров'я людини.

Незважаючи на тенденцію останніх 10 років щодо зниження обсягів промислових викидів в атмосферне повітря, проблема його санітарної охорони не втратила своєї актуальності. На цей час сумарний рівень забруднення повітря у великих і середніх містах України у 2–4 рази перевищує гранично допустимий рівень і є небезпечним для здоров'я населення .

У роботах Ю.Г. Фельдмана⁵ Н.В. Мережкіної,¹ Р.У. Убайдулаєва,⁴ А.А. Пенковича³ розглянуто різноманітні аспекти впливу шкідливих домішок на виникнення хвороб органів дихання. Автори зазначають зростання рівня хронічних захворювань дихальних шляхів у містах, де концентрації забруднювальних домішок в повітрі підвищені.

За даними державної установи “Інститут гігієни та медичної екології імені О.М. Марзєєва АМН”² про вплив забруднення атмосферного повітря на здоров'я дітей, встановлено, що показники фонду здоров'я дітей старшого

дошкільного віку значною мірою зумовлені станом атмосферного повітря. Найгіршою є ситуація в мікрорайонах, прилеглих до автомагістралей.

1.2 Моніторинг якості атмосферного повітря міста Київ

Склад атмосфери досить сталий. Всі домішки в приземній атмосфері не залежно від агрегатного стану в тій чи іншій мірі впливають на живі організми, що мешкають на Землі.

Людська діяльність призводить до змін в атмосфері. Численні викиди шкідливих речовин, що надходять в атмосферне повітря (АП) від антропогенних джерел, перемішуються, переміщуються і вимиваються з неї. Постійно в повітряному басейні відбуваються фотохімічні процеси, що призводять до появи нових з'єднань, іноді більш шкідливих, ніж вихідні. З метою обмеження шкідливих викидів в АП необхідно здійснювати постійний моніторинг його стану.

В м. Києві систематичні спостереження за вмістом шкідливих речовин в атмосферному повітрі проводяться Центральною геофізичною обсерваторією гідрометслужби України на 16 стаціонарних постах (ПСЗ) з періодичністю відбору проб 6 днів на тиждень, 3-4 рази на добу (рис. 1.1). Визначається 21 забруднююча домішка. Серед забруднюючих речовин переважають завислі речовини, діоксид сульфуру, оксид карбону і діоксид нітрогену.



Рисунок 1.1 - Розташування постів спостереження за станом забруднення атмосферного повітря (ПСЗ) в місті Києві

Основне джерело забруднення в місті – автомобільний транспорт (82%), за ним ідуть ТЕЦ (близько 14 %). За обсягами концентрації шкідливих речовин місто Київ є одним з найменш забруднених міст серед порівняних столиць ЄС, однак викиди шкідливих речовин в атмосферу вельми швидко зростають – щорічно на 6 %. Викиди парникового газу діоксиду карбону (CO₂) у м. Києві також найменші серед групи порівнянних міст, але ще більш стрімко зростають – на 7% щорічно.

Кожний пост працює за програмою, що розроблена спеціально для нього (з урахуванням місця розташування, близькості до джерел викидів, інших чинників). На постах столиці спостереження виконуються за повною (01, 07, 13 та 19 години) або скороченою програмою (7 та 19 години) протягом всього року, крім неділей та святкових днів. В різні роки на деяких ПСЗ спостереження проводились не в повному обсязі через відключення від електромережі.

На всіх ПСЗ визначається вміст основних забруднювальних домішок – завислі речовини (пил), діоксид сульфуру, оксид карбону і діоксид нітрогену, на 19 одному посту – вміст розчинних сульфатів і оксиду нітрогену. За вмістом специфічних речовин - сірководень, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід, бенз(а)пірен, залізо, кадмій, марганець, мідь, нікель, свинець, хром, цинк спостереження проводились на окремих постах з урахуванням викидів промислових підприємств, розташованих поблизу ПСЗ, а також в районах найбільш завантажених автомагістралей міста. ⁶

Згідно із Законом України «Про охорону атмосферного повітря»,⁷ для обмеження забруднення та можливості контролю стану повітряного середовища Міністерством охорони здоров'я України (МОЗ) встановлюються гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих атмосферу речовин (ЗР). Оцінка стану забруднення атмосферного повітря проводиться шляхом порівняння забруднюючих речовин з відповідними гранично допустимими концентраціями.

Забруднювальними речовинами повітря називаються субстанції, що присутні в атмосфері й впливають на здоров'я людини, стан тваринного, рослинного світу й мікроорганізмів та спричиняють руйнування матеріалів . ⁸

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

У роботі використані теоретичні методи дослідження, а саме аналіз та порівняння даних.

Було відібрано і проаналізовано в загальному підрахунку 532 563 проби. Визначено вміст основних забруднювальних домішок – завислих речовин (пилу), діоксиду сульфуру, оксиду карбону, діоксиду нітрогену і формальдегіду. Відбір та аналіз проб атмосферного повітря проведено Центральною геофізичною обсерваторією гідрометслужби України на 16 стаціонарних постах (ПСЗ). Ступінь забруднення атмосферного повітря визначають, порівнюючи з гранично допустимими концентраціями (ГДК), зокрема – за їх середньодобовими і разовими значеннями.

Стан забруднення атмосферного повітря оцінювали, порівнюючи з відповідними середньодобовими гранично допустимими концентраціями (ГДКс.д.) речовин у повітрі міста.

ГДК та класи небезпеки основних ЗР наведено в таблиці 1.1. Слід відзначити, що до 2011 р. діоксид нітрогену був віднесений до 2 класу небезпеки з більш жорсткими ГДК.

Таблиця 1.1 – Величини гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

№ з/п	Найменування речовини	Величина середньодобової ГДК, мг/м ³
1	2	3
1	Пил (завислі речовини)	0,15
2	Діоксид сірки	0,05
3	Оксид карбону	3,0
4	Діоксид нітрогену	0,04
5	Оксид нітрогену	0,06

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3
6	Фтористий водень	0,005
7	Хлористий водень	0,2
8	Аміак	0,04
9	Формальдегід	0,003

РОЗДІЛ 3

ДИНАМІКА ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН СТАЦІОНАРНИМИ ТА ПЕРЕСУВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

Якість атмосферного повітря в м. Києві залежить від обсягів викидів забруднювальних речовин двох основних джерел забруднення – стаціонарних і пересувних.

Протягом 2019 р. в атмосферу міста надійшло 171,0 тис. т забруднювальних речовин від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, що на 20,1% менше в порівнянні з попереднім 2018 р., і на 24,7% в порівнянні з 2010 р. (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря від різних джерел забруднення в місті Київ за 2010 – 2019 рр., тис. т. ²¹

Рік									
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Всього викидів:									
227,1	230,5	275,2	277,9	265,3	254,5	259,2	247,7	214,2	171
1. від стаціонарних джерел забруднення:									
26,4	26,5	27	43,9	28,6	33,3	32,9	31,9	31,4	26,7
2. від пересувних джерел забруднення:									
200,7	204	248,2	234	236,7	221,2	226,3	215,8	182,8	144,3
- в тому числі від автотранспорту:									
191	190,8	236,8	226,6	229,2	212,7	218,3	-	-	-

Динаміка сумарних викидів забруднювальних речовин по м. Києву, яка представлена на рисунку 3.1, свідчить про велике зростання викидів в період з

20012 по 2016 рік та зниження починаючи з 2017 р. При цьому викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел з 2010 р. по 2019 р. залишалися практично на одному рівні (26,4 тис. т – 26,7 тис. т, відповідно), за винятком 2013 р. (43,9 тис. т).

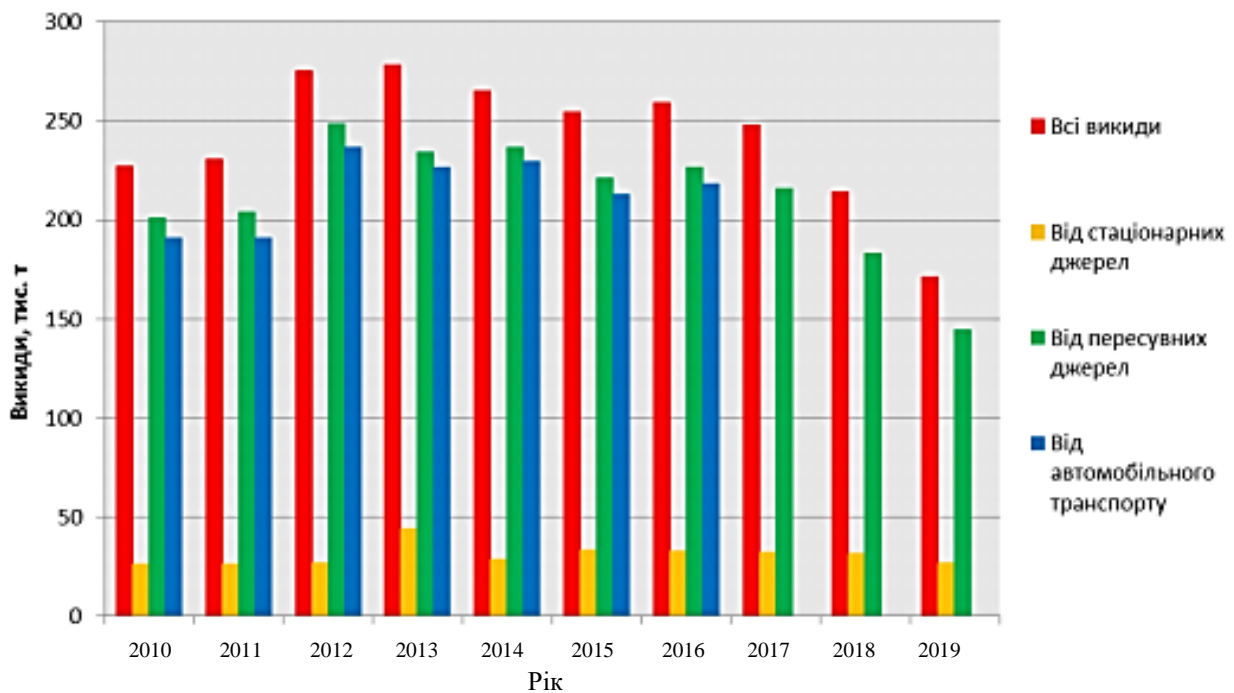


Рисунок 3.1 – Динаміка викидів забруднювальних речовин за джерелами в м. Києві за 2010 – 2019 рр.

Обсяги викидів забруднювальних речовин від пересувних джерел по місту на період 2010–2019 рр. знизились на 28% (відповідно 200,7 – 144,3 тис. т). Але в супереч цьому, пересувні джерела викидів як і раніше залишаються основним забруднювачем повітря в місті (84,4% викидів), а саме автотранспорт вносить 84,2% від загального числа викидів в 2012 р. На жаль, через відсутність даних ми не можемо побачити долю вкладу в викиди ЗР автомобільного транспорту за останні 2013 - 2015 роки.

З вище сказаного зрозуміло, що антропогенне забруднення атмосферного повітря м. Києва в основному формується за рахунок пересувних джерел. В структурі забруднення атмосферного повітря Києва в 2019 р. на пересувні джерела припадало 84 % і 16 % на стаціонарні (рисунок 3.2).

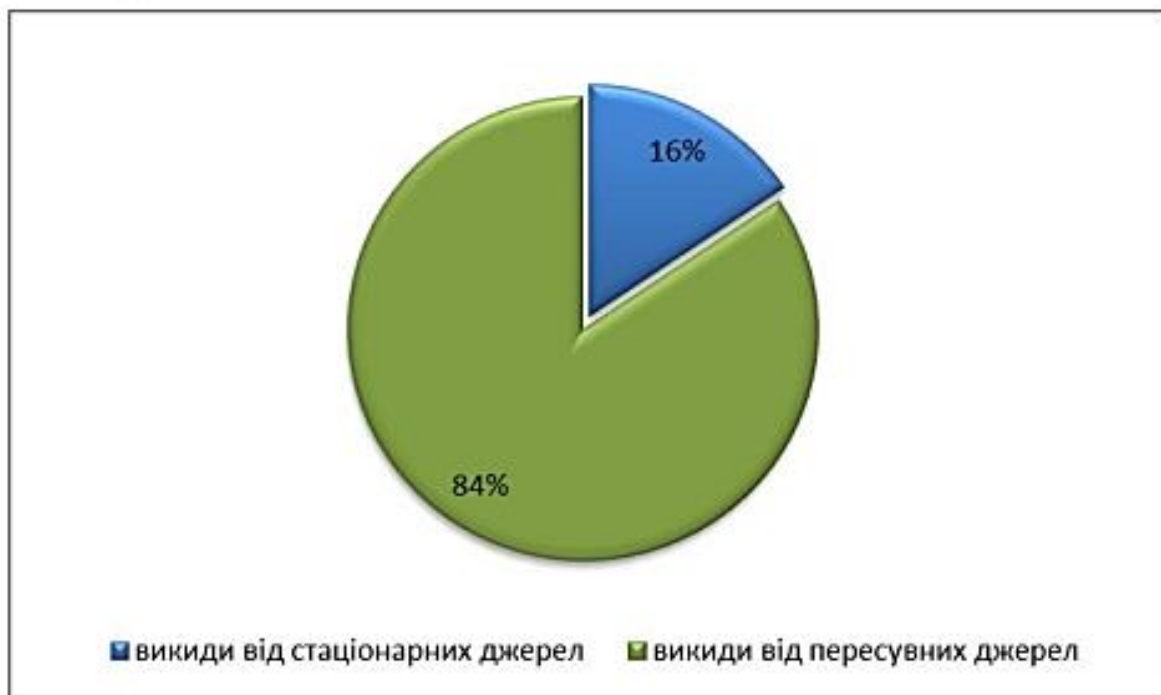


Рисунок 3.2 – Розподіл викидів забруднювальних речовин за джерелами в м. Київ в 2019 р., %

З рисунку 3.1 бачимо, що в 2012 році обсяги викидів від автотранспорту були найбільші (236,8 тис. т), це на 19,4% більше ніж у минулому 2011 році., але з роками обсяги викидів зменшились на 7,8% (2016 р.).

Обсяги викидів від автотранспорту обумовлені збільшенням кількості автотранспорту в місті за рахунок транспортних засобів населення, погіршенням технічного стану автомобільного парку автотранспортних підприємств, незадовільною якістю палива та недостатньо розвиненою законодавчою та юридичною базою у галузі ефективного управління автотранспортом. Це ставить дану проблему на провідне місце серед екологічних проблем міста Київ. Для вирішення проблеми зменшення надходжень викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від автотранспортних засобів необхідно здійснити екологічну модернізацію дорожньо-транспортної системи міста .²⁵

Київ має потужний промисловий комплекс різногалузевих підприємств, подекуди з неудосягаленими енерговитратними та ресурсовитратними технологіями без належної очистки викидів.²⁶ З таблиці 3.2 бачимо, що ще в 2011

р. викиди забруднювальних речовин у повітряний басейн міста здійснювали 1712 підприємств, установ та організацій міста, а в наступному 2008 їх кількість скоротилася до 465 одиниць, і в 2016 році нараховувалось 319 одиниць. Від них в атмосферу надійшло 32,9 тис. т забруднювальних речовин, що на 25% менше порівняно з 2013 роком, коли викидів від стаціонарних джерел було найбільше за всю вибірку.

Це було пов'язано зі збільшенням у складі палива частки мазуту та вугілля на підприємствах енергетичного комплексу. Основними забруднювачами довкілля міста були підприємства-виробники електроенергії, газу та води (93,3% шкідливих викидів). У порівнянні з січнем – березнем 2012 р. на ТЕЦ-4 «ТОВ Євро-реконструкція» і ТЕЦ-6 АК «Київенерго» відбувся перерозподіл кількості використовуваного ними палива в бік збільшення кількості вугілля і зменшення кількості газу, що сприяло різкому збільшенню викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.²²

У структурі викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення за видами економічної діяльності переважають викиди, спричинені виробництвом та розподілом електроенергії, газу та води. Підприємств, що займаються такою діяльністю, в Києві 12.²³ Найбільш питому вагу у забруднення атмосфери міста вносять такі підприємства: ТОВ «Євро-реконструкція», ПАТ «Екостандарт», філіал ТЕЦ №5 ПАТ «Київенерго», філіал ТЕЦ №6 ПАТ «Київенерго», філіал «Теплові мережі ПАТ «Київенерго» . Відсоток викидів яких у 2016 році склав 79,4% від загальної кількості викидів стаціонарних джерел. Основні стаціонарні джерела характеризуються досить нерівномірним територіальним розміщенням.²³

Таблиця 3.2 – Кількість суб'єктів підприємницької діяльності в м.Києві, що здійснюють викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря в 2010 – 2016 рр.

Показники	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016

Загальна кількість суб'єктів підприємницької діяльності, що здійснюють викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря, од.	1632	1712	465	447	424	355	319
Загальна кількість суб'єктів підприємницької діяльності, що мають дозвіл на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря, од	1620	1647	1249	973	1277	1607	-
Потенційний обсяг викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел за суб'єктами підприємницької діяльності, поставленими на облік, тис. т	105,2	105,2	100,9	110,3	112,4	113,5	

Однією з основних причин значних обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від підприємств енергетики є: наявність у структурі палива ПАТ «Екостандарт» твердого палива (вугілля); застарілість основних фондів енергетичних підприємств та відсутність ефективних технологій очищення

викидів; неефективне використання паливно-енергетичних ресурсів окремими виробниками та споживачами енергії.²⁵

До проблем забруднення атмосферного повітря відносять також збільшення кількості автономних котелень в місті, оскільки у зв'язку зі зростаючими темпами забудови міста спостерігається невідповідність в реальній спроможності підприємств енергетики забезпечувати відпуск тепла споживачам. На даний час централізовані міські тепломережі є і так перевантаженими, а приєднання додаткових споживачів потребує встановлення додаткового теплогенеруючого обладнання відповідної потужності.²⁴

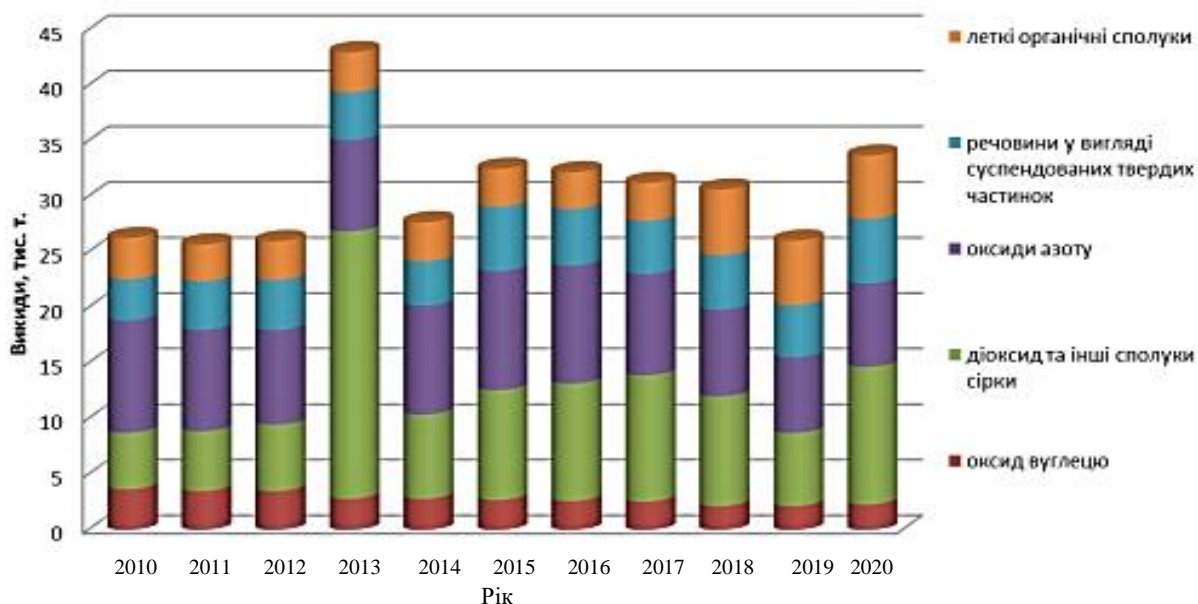


Рисунок 3.3 – Викиди основних забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел в м. Києві за 2010 – 2020 рр.

Згідно рисунку 3.3 основними речовинами, що забруднюють атмосферне повітря та надходять від стаціонарних джерел, є діоксид та інші сполуки сульфуру, оксиди нітрогену, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, леткі органічні сполуки, оксид карбону. Найбільшу частку забруднення має діоксид та інші сполуки сульфуру, динаміка викидів яких за 2010 – 2020 рр. то стрімко збільшувалась, то зменшувалась.

Так викиди діоксиду та інших сполук сульфуру (12,4 тис. т) в 2020 році були майже вдвічі більшими ніж минулому 2019 році (6,6 тис. т). А в 2013 році було зафіксовано найбільшу кількість викидів SO₂ за період дослідження – 24,1 тис. т., через те, що на підприємствах електроенергетики відбувся перерозподіл кількості використовуваного палива в бік збільшення кількості вугілля і зменшення кількості газу. За останні роки зменшились викиди оксиду карбону та оксиду нітрогену, а викиди речовин у вигляді суспендованих твердих частинок та летких органічних сполук навпаки збільшились.

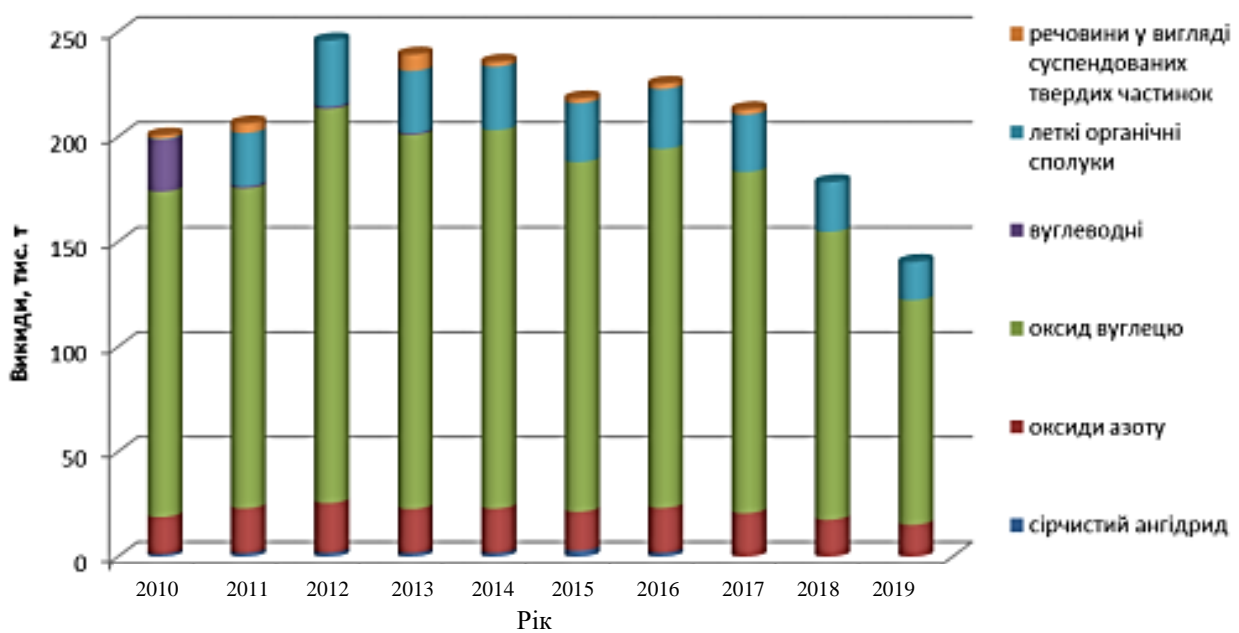


Рисунок 3.4 – Викиди основних забруднюючих речовин в атмосферне повітря від пересувних джерел в м. Києві за 2010 – 2019 рр.

Основну частину викидів від пересувних джерел в м. Києві (рис. 3.4) становлять такі ЗР, як: оксид карбону, леткі органічні сполуки та оксиди нітрогену. Обсяги викидів цих речовин зростали до 2012 року, а з 2013 р. з кожним роком спостерігався їх тренд у напрямі зменшення. Близько 76% викидів від автомобільного транспорту становить оксид карбону (107 тис.т в 2019 р.).

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ФОНОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ М. КИЄВА

Відбір проб атмосферного повітря в м. Київ здійснюється підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС) на 16 стаціонарних постах спостереження державної мережі гідрометеорологічних спостережень, з періодичністю відбору проб 3-4 рази на добу 6 днів на тиждень.

На сьогодні оцінка стану атмосферного повітря проводиться шляхом порівняння отриманих концентрацій забруднювачів з відповідними гранично допустимими концентраціями (ГДК) речовин у повітрі населених міст, які наведені у РД 52.04.186-89 (термін дії документу подовжено наказом ДСНС від 31.08.2017 № 473).

Дані про забруднення наводяться у кратності до показників гранично допустимих концентрацій (ГДК_{с.д.}). Відповідно, якщо наведений в таблиці показник вмісту шкідливої речовини більше 1, це означає, що існує перевищення концентрації такої речовини в атмосферному повітрі, яка не має прямого або опосередкованого впливу на людину.²⁸

Постановою Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» затверджено новий порядок здійснення моніторингу, яким встановлюються вимоги до оцінювання якості атмосферного повітря, передбачені законодавством Європейського союзу. Додатками до цього порядку визначаються граничні величини, рівні забруднюючих речовин та перелік методів оцінювання рівнів забруднюючих речовин, які застосовуються в системі державного моніторингу атмосферного повітря.²⁹

Зазначений новий порядок набрав чинності з 05.08.2020.

На сайті Міністерства енергетики та захисту довкілля України розміщується щотижнева інформація про середньодобові концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в містах України (<https://mineco.gov.ua/timeline/Stan-atmosfernogo-povitrya.html>). На основі цієї інформації був зроблений аналіз

фонових концентрацій забруднюючих речовин в кратності ГДК для м. Києва. В таблицях 4,1–4,3 представлені середні концентрації забруднюючих речовин в кратності ГДК по постам за січень, лютий та березень 2020 року відповідно. В таблиці 4,4 представлені середні концентрації забруднюючих речовин в кратності ГДК по постам та по місту в цілому за 1 квартал 2020 року. В таблиці 4,5 представлені середні концентрації забруднюючих речовин в кратності ГДК по місту за січень, лютий та березень та за 1 квартал 2020 року.

Таблиця 4.1 – Середні концентрації забруднюючих речовин в кратності ГДК по постам за січень 2020 р

№ з/п	Номер поста	Адреса поста	Адміністративний район	Домішки середні за січень									
				Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид карбону	Діоксид нітрогену	Оксид нітрогену	Фенол	Фтористий водень	Хлористий водень	Аміак	Формальдегід
1	1	вул.Академіка Стражеска, 6а	Солом'янський	0,50	1,90	0,36	2,76	0,00	1,84	0,00	0,00	0,22	1,62
2	2	вул. Довженка, 8	Шевченківський	0,70	2,48	0,42	2,62	0,00	2,44	0,00	0,20	0,00	1,66
3	3	вул. Попудренка, 50	Деснянський	0,52	1,70	0,48	2,58	0,00	0,00	0,00	0,28	0,20	1,84
4	4	вул. Інженера Бородіна, 2	Дніпровський	0,50	1,68	0,44	3,44	0,00	0,00	0,00	0,28	0,26	0,00
5	5	пр. Науки, 37	Голосіївський	0,50	0,28	0,22	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78
6	6	пл.Перемоги	Шевченківський	0,82	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,42	0,30	0,26	1,82
7	7	пл.Бесарабська	Шевченківський	1,14	2,46	0,74	3,74	0,00	0,00	0,40	0,30	0,00	1,94
8	8	вул. Лесі Українки, 29	Печерський	0,66	1,98	0,52	2,96	0,00	2,16	0,00	0,00	0,00	1,70
9	9	вул. Каунаська, 10а	Дніпровський	0,90	2,20	0,40	3,70	0,00	2,28	0,40	0,00	0,30	1,64
10	10	вул. Межигірська, 82а	Подільський	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	11	пр. Перемоги, 98/2	Шевченківський	1,10	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	13	Експоцентр України (пр-т Академіка Глушкова, 1)	Голосіївський	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	15	Гідрологічна станція	Дарницький	0,48	1,34	0,34	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50
14	17	пр. Оболонський, 14	Оболонський	0,50	2,28	0,66	2,90	0,00	2,48	0,00	0,00	0,30	1,96
15	20	Деміївська площа (пр. Науки,4)	Голосіївський	0,52	2,46	0,78	3,22	0,82	2,68	0,38	0,00	0,30	2,16
16	21	вул. Скляренка, 5	Оболонський	0,52	2,04	0,40	3,44	0,00	2,22	0,38	0,30	0,28	1,92
Середнє по місту				0,59	1,43	0,48	2,10	0,05	1,01	0,12	0,10	0,13	1,28

Таблиця 4.2 – Середні концентрації забруднюючих речовин в кратності ГДК по постам за лютий 2020 р

№ з/п	Номер поста	Адреса поста	Адміністративний район	Домішки середні за січень									
				Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид карбону	Діоксид нітрогену	Оксид нітрогену	Фенол	Фтористий водень	Хлористий водень	Аміак	Формальдегід
1	1	вул.Академіка Стражеска, 6а	Солом'янський	0,52	1,37	0,29	2,31	0,00	1,45	0,00	0,00	0,19	1,57
2	2	вул. Довженка, 8	Шевченківський	0,65	2,17	0,39	2,40	0,00	2,00	0,00	0,21	0,00	1,66
3	3	вул. Попудренка, 50	Деснянський	0,50	1,63	0,37	2,14	0,00	0,00	0,00	0,26	0,18	1,60
4	4	вул. Інженера Бородіна, 2	Дніпровський	0,49	1,74	0,39	2,78	0,00	0,00	0,00	0,29	0,22	0,00
5	5	пр. Науки, 37	Голосіївський	0,49	0,20	0,12	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81
6	6	пл.Перемоги	Шевченківський	0,79	2,17	0,40	2,96	0,00	0,00	0,40	0,30	0,23	1,62
7	7	пл.Бесарабська	Шевченківський	1,13	2,18	0,58	3,43	0,00	0,00	0,41	0,32	0,00	1,87
8	8	вул. Лесі Українки, 29	Печерський	0,89	1,46	0,37	2,64	0,00	1,53	0,00	0,00	0,00	1,36
9	9	вул. Каунаська, 10а	Дніпровський	0,81	1,82	0,39	3,29	0,00	1,79	0,39	0,00	0,25	1,60
10	10	вул. Межигірська, 82а	Подільський	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	11	пр. Перемоги, 98/2	Шевченківський	0,85	2,24	0,64	3,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,27	1,77
12	13	Експоцентр України (пр-т Академіка Глушкова, 1)	Голосіївський	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	15	Гідрологічна станція	Дарницький	0,49	1,10	0,19	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,26
14	17	пр. Оболонський, 14	Оболонський	0,51	1,84	0,53	2,70	0,00	1,71	0,00	0,00	0,23	1,74
15	20	Деміївська площа (пр. Науки,4)	Голосіївський	0,55	2,09	0,58	3,01	0,76	1,75	0,41	0,00	0,28	1,95
16	21	вул. Скляренка, 5	Оболонський	0,54	1,88	0,39	2,85	0,00	1,98	0,43	0,32	0,23	1,84
Середнє по місту				0,58	1,49	0,39	2,22	0,05	0,76	0,13	0,13	0,13	1,29

Таблиця 4.3 – Середні концентрації забруднюючих речовин в кратності ГДК по постам за березень 2020 р

№ з/п	Номер поста	Адреса поста	Адміністративний район	Домішки середні за січень									
				Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид карбону	Діоксид нітрогену	Оксид нітрогену	Фенол	Фтористий водень	Хлористий водень	Аміак	Формальдегід
1	1	вул.Академіка Стражеска, 6а	Солом'янський	0,47	1,47	0,32	2,54	0,00	1,78	0,00	0,00	0,20	1,65
2	2	вул. Довженка, 8	Шевченківський	0,69	2,32	0,39	2,39	0,00	1,88	0,00	0,32	0,00	1,69
3	3	вул. Попудренка, 50	Деснянський	0,46	1,53	0,43	2,40	0,00	0,00	0,00	0,31	0,18	1,65
4	4	вул. Інженера Бородіна, 2	Дніпровський	0,48	1,57	0,35	3,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,25	0,00
5	5	пр. Науки, 37	Голосіївський	0,50	0,20	0,14	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81
6	6	пл.Перемоги	Шевченківський	0,79	2,49	0,40	3,26	0,00	0,00	0,41	0,37	0,25	1,66
7	7	пл.Бесарабська	Шевченківський	1,14	2,29	0,66	3,61	0,00	0,00	0,42	0,27	0,00	1,76
8	8	вул. Лесі Українки, 29	Печерський	0,52	1,43	0,47	2,71	0,00	1,41	0,00	0,00	0,00	1,56
9	9	вул. Каунаська, 10а	Дніпровський	0,81	1,57	0,45	3,61	0,00	1,71	0,39	0,00	0,27	1,54
10	10	вул. Межигірська, 82а	Подільський	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	11	пр. Перемоги, 98/2	Шевченківський	0,91	2,25	0,75	3,25	0,00	0,00	0,00	0,31	0,26	1,81
12	13	Експоцентр України (пр-т Академіка Глушкова, 1)	Голосіївський	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	15	Гідрологічна станція	Дарницький	0,46	1,21	0,29	2,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,15
14	17	пр. Оболонський, 14	Оболонський	0,50	1,92	0,62	2,87	0,00	1,54	0,00	0,00	0,27	1,77
15	20	Деміївська площа (пр. Науки,4)	Голосіївський	0,52	2,19	0,70	3,22	0,82	1,60	0,41	0,00	0,29	1,76
16	21	вул. Скляренка, 5	Оболонський	0,47	1,99	0,38	2,84	0,00	1,78	0,45	0,37	0,25	1,76
Середнє по місту				0,54	1,53	0,44	2,38	0,05	0,73	0,13	0,14	0,14	1,29

Таблиця 4.4 – Середні концентрації забруднюючих речовин в кратності ГДК по постам за 1 квартал 2020 року

№ з/п	Номер поста	Адреса поста	Адміністративний район	Домішки середні за січень									
				Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид карбону	Діоксид нітрогену	Оксид нітрогену	Фенол	Фтористий водень	Хлористий водень	Аміак	Формальдегід
1	1	вул.Академіка Стражеска, 6а	Солом'янський	0,495	1,580	0,323	2,538	0,000	1,690	0,000	0,000	0,205	1,615
2	2	вул. Довженка, 8	Шевченківський	0,680	2,322	0,402	2,470	0,000	2,109	0,000	0,246	0,000	1,671
3	3	вул. Попудренка, 50	Деснянський	0,496	1,621	0,427	2,373	0,000	0,000	0,000	0,286	0,188	1,697
4	4	вул. Інженера Бородіна, 2	Дніпровський	0,487	1,663	0,393	3,074	0,000	0,000	0,000	0,297	0,245	0,000
5	5	пр. Науки, 37	Голосіївський	0,498	0,224	0,159	0,280	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,798
6	6	пл.Перемоги	Шевченківський	0,800	1,552	0,412	2,072	0,000	0,000	0,411	0,324	0,246	1,701
7	7	пл.Бесарабська	Шевченківський	1,134	2,308	0,662	3,596	0,000	0,000	0,410	0,298	0,000	1,858
8	8	вул. Лесі Українки, 29	Печерський	0,690	1,623	0,453	2,768	0,000	1,700	0,000	0,000	0,000	1,541
9	9	вул. Каунаська, 10а	Дніпровський	0,842	1,864	0,413	3,534	0,000	1,925	0,394	0,000	0,274	1,593
10	10	вул. Межигірська, 82а	Подільський	0,000	0,000	0,359	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	11	пр. Перемоги, 98/2	Шевченківський	0,956	1,499	0,729	2,083	0,000	0,000	0,000	0,210	0,179	1,195
12	13	Експоцентр України (пр-т Академіка Глушкова, 1)	Голосіївський	0,000	0,000	0,269	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13	15	Гідрологічна станція	Дарницький	0,479	1,217	0,273	1,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,302
14	17	пр. Оболонський, 14	Оболонський	0,502	2,015	0,604	2,823	0,000	1,912	0,000	0,000	0,266	1,822
15	20	Деміївська площа (пр. Науки,4)	Голосіївський	0,530	2,246	0,688	3,152	0,798	2,009	0,400	0,000	0,290	1,956
16	21	вул. Скляренка, 5	Оболонський	0,509	1,970	0,392	3,043	0,000	1,993	0,420	0,329	0,253	1,837
Середнє по місту				0,569	1,481	0,435	2,234	0,050	0,834	0,127	0,124	0,134	1,287

Таблиця 4.5 – Середні концентрації забруднюючих речовин в кратності ГДК по місту за січень, лютий та березень 2020 року

Місяць	Домішки									
	Завислі речовини	Діоксид сульфур у	Оксид карбону	Діоксид нітроген у	Оксид нітрогену	Фенол	Фтори- стий водень	Хлори- стий водень	Аміак	Форма- льдегід
січень	0,585	1,425	0,481	2,099	0,051	1,006	0,124	0,104	0,133	1,284
лютий	0,576	1,493	0,386	2,221	0,047	0,763	0,128	0,127	0,132	1,291
березень	0,545	1,526	0,438	2,383	0,051	0,732	0,130	0,142	0,139	1,286
Середнє за I квартал по місту	0,569	1,481	0,435	2,234	0,050	0,834	0,127	0,124	0,134	1,287

З наведених таблиць видно, що середні концентрації діоксиду сульфуру, діоксиду нітрогену та формальдегіду в кратності ГДК майже по всім постам та по місту в цілому перевищують допустимі значення. Така ж ситуація спостерігається майже по всім постам (де проводилися вимірювання цього показника) і по значенню фенолу, але середня концентрація в кратності ГДК по місту поки що задовольняє необхідним вимогам.

РОЗДІЛ 5

АНАЛІЗ ВПЛВУ ПІДПРИЄМСТВА ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В М. КИЄВІ І РІВЕНЬ ДОТРИМАННЯ ВИМОГО ЧИННОГО ПРИРОДООХОРОННОГО ЗАКОНОДАВСТВА

5.1 Характеристика підприємства

Дарницька тепло-електроцентраль (ТЕЦ-4) – одна з найбільших теплоелектростанцій, розташована на лівому березі Дніпра і її призначення – це забезпечення теплом та електрикою Дарницького, Русанівського та частини Харківського масиву. Потужність станції становить: електрична – 160 МВт, тепла – 1228 Гкал/год.

На даний момент на Дарницькій ТЕЦ працюють три турбоагрегати (потужність ТА №6,7 - по 50 МВт, ТА №5 - 60 МВт, після реконструкції частини високого тиску в 1989 році), п'ять котлоагрегатів з паровою потужністю 220 т/год і один котлоагрегат -170 т/год. Чотири енергетичні котлоагрегати ДТЕЦ реконструйовано: перші два - на водогрійні з тепловою потужністю 105 Гкал/год; третій та четвертий котли - на енергетичні котли, що працюють на понижених параметрах пари (температура пари 350 °С та тиском 1,0-1,3 МПа) і паровою потужністю 155 т/год. На даний момент часу, відпуск тепла у вигляді гарячої води проводиться по семи тепломагістралях №1,2,3,4,5,6,9. Відпуск електроенергії з електростанції проводиться від відкритих розподільчих пристроїв, розрахованих на напругу 35, 110 кВ, і від закритого розподільчого пристрою ГРУ-10 кВ.

Паливом для енергетичних котлів є вугілля та газ, для пікових водогрійних котлів - природний газ та мазут. Обслуговування і експлуатацію котлів, турбін і допоміжного обладнання проводить персонал котлотурбінного цеху. Для зберігання твердого палива на території ТЕЦ передбачено склад палива ємністю 170 тис. тон, який оснащено краномперевантажувачем. Для зберігання мазуту на станції передбачено чотири обваловані резервуари ємністю 5000 м². Природний газ подається на ТЕЦ від газорозподільної станції через газорозподільний пункт.

Відповідно до рішення Міненерго від 31.12.49 ТЕЦ була спроектована для спалювання в енергетичних котлах палива марки АШ з теплотворною здатністю та тепловіддачею в 6000 ккал/кг як основного та газу(мазузу) – допоміжного, який використовується у періоди значного навантаження на системи. Але в даний час через постачання на станцію не проектного палива з великою зольністю та жорстких норм по викидам шкідливих речовин (ТЕЦ розміщена в середині міста) тверде паливо в паливному балансі використовується частково, а саме 50-80 %.

Теплова схема електростанції передбачає поперечні зв'язки по пару та воді й була розроблена на основі принципової теплової схеми турбіни ПТ-60. Теплоелектроцентрально спроектована в помірній кліматичній зоні. Кількість атмосферних опадів складає 652 мм в рік. Температури атмосферного повітря для даних кліматичних умов, що характерні для міста Києва, наведено нижче:

- розрахункова температура повітря, для опалення - $t_{po} = -21$ °С;
- середньомісячна температура повітря, для самого холодного місяця - $t_{сер(х.м.)} = -3,9$ °С; середня температура повітря за опалювальний період - $t_{сер.о} = +0,3$ °С.

В якості системи технічного водозабезпечення була обрана оборотна система з градирнями. Але, взагалі, згідно проекту конденсацію відпрацьованої пари в турбіні на ДТЕЦ можна проводити двома шляхами:

- переведення турбіни в режим з погіршеним вакуумом або охолодження конденсатора турбіни мережною водою;
- використання оборотної системи охолодження з градирнею №1.

Димові гази від енергетичних та водогрійних котлів відводяться в атмосферу по трьох трубах висотою 100 м та діаметром гирла 7 м 1.2. Опис технології виробництва теплоти і електроенергії на ТЕЦ Теплоелектроцентрально (ТЕЦ) призначена для комбінованого виробництва тепла та електроенергії. ТЕЦ являє собою комплекс технологічного обладнання, за допомогою якого енергія органічного палива

– кам'яного вугілля, мазуту, природного газу - перетворюється у електроенергію та тепло у вигляді гарячої води або пари, яке використовується побутовими чи промисловими споживачами.

Ралізація процесу виробництва тепла та електроенергії здійснюється в наступній послідовності:

1. Приймання кам'яного вугілля та мазуту, їх розвантаження, складування та подача до котлоагрегатів виконується персоналом паливнотранспортного цеху, в розпорядженні якого знаходиться наступне обладнання: вагоноперекидач, ваги (вагонні та стрічкові), паливний склад, система стрічкових конвеєрів, вузлів пересипки та іншого обладнання.

Мазут на станцію подається в залізничних цистернах. Його вивантаження здійснюється з допомогою системи розігріву та спеціального насосного обладнання. Складування мазуту здійснюється в спеціальних мазутних ємностях.

Природний газ на станцію подається через станційний газорегуляторний пункт – ГРП, на якому здійснюється регулювання тиску природного газу та його облік.

2. Наступною ланкою технології є котлотурбінний цех (КТЦ). В котлоагрегатах КТЦ внутрішня енергія органічного палива в результаті його керованого спалювання передається так званому робочому тілу (відповідним чином хімічно очищеній воді), яке у вигляді пари високих параметрів ($p=100\text{кг/см}^2$, $T= 540^\circ\text{C}$) виходить з котлів і поступає на турбіни. В турбінах потенціальна енергія пари високих параметрів перетворюється в кінетичну енергію обертання ротора турбіни, який з допомогою муфти з'єднаний з ротором електричного генератора.

3. В електрогенераторі механічна енергія перетворюється в електричну, яка через систему електричних апаратів (трансформатор, вимикач, лінії зв'язку та ін.) передається в зовнішні електричні мережі та на власні потреби, що забезпечують функціонування виробничого комплексу. Все електротехнічне обладнання

станції обслуговується персоналом електричного цеху. Виробництво теплової енергії здійснюється в наступній послідовності:

1. Частина водяної пари, що розширюється в турбіні, після проходження частини її ступіней і зниження параметрів до $(1,2 - 13)\text{кг/см}^2$, відбирається з проточної частини турбін та подається на бойлери – пароводяні підігрівачі, в яких здійснюється підігрів мережної води, яка і поступає до споживача.

2. Відпрацьована пара, що пройшла через всю проточну частину турбіни поступає в конденсатор, де з допомогою циркуляційної води конденсується та знову у вигляді конденсату поступає в технологічний цикл (тепло конденсації пари, що передається в конденсаторі циркуляційній воді, з допомогою спеціальних технологічних споруд – градирень скидається в атмосферу). Таким чином здійснюється комбіноване виробництво тепла та електроенергії.

Якщо пари відборів недостатньо для підігріву мережної води до необхідної температури (визначається температурою зовнішнього повітря), в роботу включають водогрійні котлоагрегати, в яких мережна вода догрівається до необхідної температури.

Для забезпечення необхідної якості води, контролю за станом теплоносія на всіх етапах його перетворень в котлоагрегатах, турбінах та інших технологічних пристроях, приготування додаткової води для поповнення втрат в основному циклі та для підживлення теплових мереж на ТЕЦ функціонує хімічний цех.

Цех теплової автоматики та вимірювань (ЦТАВ) здійснює вимірювання всіх параметрів, що визначають якість, надійність та безпеку технологічних процесів, а також забезпечує автоматизацію технологічних процесів в обсязі, визначеному нормативно-технічними документами.³⁰

5. 2 Нормування вмісту шкідливих речовин у продуктах згорання органічного палива

У продуктах згорання органічного палива, передусім у димових газах ТЕЦ, опалювально-виробничих котельнях та інших промислових і транспортних об'єктів міститься велика кількість шкідливих для навколишнього середовища

токсичних речовин. Загалом об'єми викидів теплоенергетичних установок залежать від типу палива і потужності об'єкта.

Для електроенергетичної галузі, що витрачає понад 20 % котельнопічного палива від загального рівня його споживання, характерним є збільшення викидів.

Як бачимо, у теплоенергетиці України конкуруючими видами палива є вугілля і природний газ, кожний із яких має свої переваги і недоліки, проте домінантним для тепло-електроцентралі-4 є вугілля.

З технологічного погляду перевагана боці природного газу як висококалорійного екологічно чистого палива. Газ легко транспортується, зручний для застосування в сучасних енергетичних технологіях, таких, наприклад, як парогазові установки з електричним ККД на рівні 60-70 %. Стосовно об'єму видобутку газу в Україні (близько 30 млрд м³ /рік) задовольняє потребу в ньому лише на 22 %. Тому з погляду енергетичної безпеки, то основним (стратегічним) паливом для України залишається вугілля, промислові запаси якого становлять - 28 млрд т. Це може задовольнити потребу в ньому для України протягом багатьох сторіч. Незважаючи на те, що останнім часом річний видобуток вугілля знизився до 70 млн т, потенціал вугільної галузі оцінюють приблизно в 110 млн т/рік. Якість вугілля зі схрду, з Донецької області: досить висока: $Q_p = 22,2...26,6$ МДж/кг, середня зольність - 22,6 %, хоча в процесі видобутку зольність підвищується до 2735 %, а теплота згорання зменшується до $Q_H = 14,8...21,3$ МДж/кг.

Токсичні і небезпечні викиди відмінно одна від одного впливають на навколишнє середовище і мають різні масштаби і розміри розсіювання факелу і трансформації в атмосфері

Залежно від особливостей впливу на навколишнє середовище всі шкідливі речовини розділяють на певні чотири класи небезпеки: 1 - надзвичайно небезпечні (бензапірен $C_{20}H_{12}$); 2 - високонебезпечні (формальдегід $CH(OH)$, діоксид нітрогену NO_2); 3 - помірно небезпечні (сажа С, діоксид сульфуру SO_2 , оксид нітрогену NO); 4 - малонебезпечні (аміак NH_3 , оксид карбону CO).

Концентрацію шкідливих речовин в атмосфері відповідно нормують. Для цього вводять ГДК, ГДВ, характерні для кожної речовини, і визначення, що змінюються залежно від умов, концентрації.

Показник ГДВ розраховується кожним підприємством, враховуючи фонову концентрацію забруднення. Розрізняють такі рівні ГДК:

- Гранично-допустима максимальна разова концентрація (ГДКм. р) шкідливих речовин у повітрі, що не викликає протягом 30 хвилин рефлекторних реакцій в організмі людини;
- Гранично-допустима середньодобова концентрація (ГДКсд) речовини в повітрі, що шкідливо не впливає на людину упротязі невизначеного тривалого періоду (років).

Норми гранично-допустимих концентрацій є важливою характеристикою контролю рівня забруднень. Вони різняться для різних країн і регіонів як установленим рівнем ГДК, так і періодом спостереження відповідних концентрацій.

Крім того, для промислових підприємств встановлюють ГДК робочої зони (ГДКр.з).

Як уже відзначено, крім нормування ГДК на рівні дихання людини, існує нормування рівня допустимих концентрацій на виході з димових труб ТЕС. Наприклад, для димових газів ТЕС та інших енергетичних і промислових об'єктів ГДК шкідливих речовин установлює відповідність стану повітряного середовища населених місцевостей гігієнічним нормам у найнесприятливіших метеорологічних умовах.

Для котлоагрегатів норми ГДК оксидів нітрогену NO_2 у країнах СНД установлюють, виходячи з концентрації кисню в димових газах на рівні 6 %, вони залежать від категорії котлоагрегатів і типу палива.

Під час роботи джерел енергії присутні такі фактори шкідливого впливу на навколишнє середовище:

- використання атмосферного кисню та викидання продуктів повного спалювання CO_2 , H_2O ;

- теплові викиди;
- шумове забруднення;
- шкідливі викиди в атмосферу.

Для зменшення використання атмосферного кисню та викидання продуктів повного спалювання необхідно:

- 1) підвищувати коефіцієнт корисної дії (ККД) обладнання, тобто виробляти теплоту за рахунок спалювання меншої кількості палива, та шляхом модернізації;
- 2) зменшувати металоемкість та габарити обладнання, що дозволить економити паливо в процесі виробництва матеріалів та монтажу обладнання;
- 3) використовувати менш енергоємні та теплоємні матеріали для виробництва обладнання та монтажних робіт.

Теплові викиди пов'язані з високою температурою продуктів згорання, шлаку, а також ступенем теплоізоляції огорожувальних конструкцій обладнання.

Шум є більш впливовим фактором для котлоагрегатів великої та середньої потужності, також для дробарок, млинів та подрібнювачів вугляля. Проте при роботі водогрійних котлів малої потужності та опалювальних апаратів шум не перевищує допустимих значень.

Шкідливими викидами в атмосферу під час спалювання палива є:

- частинки незгорілого палива;
- оксиди нітрогену NO та NO₂
- оксиди сульфуру SO₂, SO₃;
- сажа С;
- зола;
- продукти неповного або часткового згорання CO , CmHn, H₂ тощо;

Відомо, що забруднення атмосферного повітря окисдами сульфуру та нітрогену, що пов'язані з діяльністю людини, складають лише 7% та 50% від загальної їх кількості, але штучні викиди характеризуються значною нерівномірністю розподілу, тому великим містам та промисловим центрам відповідають найбільші рівні забруднення атмосферного повітря.

Оскільки забруднення повітря погіршує стан здоров'я людей, їхню продуктивність праці, знижує продуктивність та плодovitість худоби та птиці, отруює рослини, особливо фруктові, пришвидшує корозію металевих поверхонь в 10...20 разів. Тому програми та заходи по зменшенню шкідливих викидів при спалюванні палива не є збитковими, але необхідно багато затрат та нових інженерних рішень, щоб привести до ладу ТЕЦ, яким вже більш як 80 років і які не мають належного стану.

Всі котли та паливовловлюючі установки, що сертифікуються в Україні, проходять перевірку по відповідності екологічних показників, в тому числі по концентрації викидів NO_x та CO .

Існує чотири основних способи зменшення шкідливих викидів:

- очищення палива, його збагачення від складових, що можуть утворювати шкідливі речовини;
- приглушення утворення шкідливих речовин;
- випалювання шкідливих речовин;
- очищення димових газів від шкідливих речовин, що утворилися під час спалювання палива.

Під час спалювання палива, а особливо природного газу та біогазу, на перше місце виходять оксиди нітрогену NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$).

В атмосфері NO_2 (газ червоного кольору) зменшує прозорість повітря та кількість ультрафіолетового випромінювання, що падає на Землю. Це призводить до виникнення „смогів” чи так званої димки, в якій бере ще участь температурна стратифікація. Крім того, при наявності озону він окислюється до NO_3 і може бути причиною „кислотних дощів”.

До основних методів придушення утворення NO_x можна віднести методи, суть яких полягає у зменшенні температури в зоні горіння і концентрацій реагуючих речовин:

- рециркуляція охолоджених газів;
- спалювання палива у дві стадії;
- зменшення коефіцієнта надлишку повітря в топці;

- подавання води або пари в зону горіння;
- перерозподіл теплової потужності між пальниками і вирівнювання температур в топці;
- збільшення тепловіддачі в районі амбразури пальника;
- встановлення двосвітних екранів в топці;
- використання проміжних випромінювачів в топці.

До основних методів очищення газів від NO_x відносять:

- амміачно-каталітичне очищення;
- введення аміаку в газохід з температурою 850...1200°C;
- окислення до N_2O_5 , а потім розчинення в воді.

Біля 50 % всіх оксидів сульфуру (SO_2 , SO_3) утворюються при спалюванні палива, в металургії та нафтопереробці, а збитки від таких викидів складають біля 55% від загальних збитків від забруднення атмосфери.

При контакті з водяною парою в атмосфері SO_2 та SO_3 утворюють сірчану та сірчасту кислоту, що спричиняє погіршення здоров'я людини, зниження прозорості атмосфери, руйнування сталевих конструкцій, зменшення врожайності сільськогосподарських культур.

Найбільші викиди оксидів сульфуру присутні при спалюванні високосірчастого вугілля та мазутів. При роботі на природному газі вміст SO_2 у відхідних газах незначний або взагалі відсутній.

Основні методи очищення палива від сполук сульфуру:

- поглинання H_2S оксидом заліза;
- введення присадок до палива;
- відбракування палив з вмістом сірки $\text{Sp} > 1\%$.

Для очищення продуктів згорання від SO_2 , SO_3 використовують такі методи:

- зрошення димових газів в скрубери вапняковим молоком;
- аміачно-циклічний метод; – вдодавання(вдув) в топку $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$;
- окислення з участю ванадієвого каталізатора;
- окислення озоном;
- содовий або миш'яково-содовий метод.

Як відомо, сажа – тверді частинки розміром 10...350 нм, які містять до 90 % карбону. Це є продукт неповного згорання вуглеводневих палив або термічного розкладання вуглеводнів. З одного боку – сажа це корисний продукт, що використовується у хімічній промисловості, поліграфії, чи як матеріал тощо, з іншого – шкідливий викид в атмосферу. Сажа містить канцерогенні елементи, на її поверхні відбувається перетворення SO_2 в SO_4^{2-} та NO_x та NO_3^- .

В більшості випадків утворення сажі і пов'язаний з цим хімічний та механічний недопал є наслідком особливостей схемно-режимної організації спалювання.

З одного боку – із ростом температури зростає швидкість утворення сажі в зв'язку з процесами термічного розкладання вуглеводнів; з іншого – покращується окислення C_xH_y . Отже можна вважати, що сажа – проміжний продукт спалювання, оскільки при правильній організації горіння утворені частинки сажі при достатній температурі, присутності окислювача та водню окислюються з утворенням CO та CO_2 .

Зола – тверді часточки, які утворились в димових газах внаслідок присутності різноанітних домішок мінерального складу.

Окис карбону CO – високотоксична речовина, яка добре реагує з гемоглобіном у крові, що призводить до отруєння організму. Найбільші викиди супроводжують роботу бензинових та дизельних двигунів та підприємств чорної металургії, з викидами від ТЕЦ – ситуація не така фатальна.

Питомі викиди CO при спалюванні природного газу в котлах малої потужності достатньо високі, в порівнянні з роботою великих котлоагрегатів. Це призводить до суттєвої нерівномірності викидів і збільшення концентрації CO в густонаселених місцях.

Зменшення викидів CO досягається рівномірним розподілом температур в топці. Слід відзначити, що більшість методів придушення утворення NO_x призводять до підвищення концентрації CO у відхідних газах. Винятком є методи вприскування води і пари, оскільки введення додаткової кількості H_2O

призводить до утворення надлишкових радикалів ОН і покращення окислення СО. ³⁰

5.3 Стан дотримання чинного природоохоронного законодавства України

ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» дотримується всіх вимог чинного природоохоронного законодавства України, зокрема:

– має розроблені матеріали з інвентаризації викидів в атмосферу, документи з обґрунтування викидів, а також Дозвіл Мінприроди України на викиди № 8036600000-07 від 04.09.2019 р. (до 04.09.2026 р.);

– має розроблені та затверджені норми водоспоживання та водовідведення (балансову схему водопостачання), нормативи гранично-допустимого скидання (ГДС) забруднюючих речовин у водні об'єкти, а також Дозвіл на спеціальне водокористування Державного агентства водних ресурсів України № 98/КІ/49д-18 від 12.10.2018 р. (до 12.10.2021.);

– має розроблені та затверджені матеріали з інвентаризації, паспортизації та реєстрації відходів виробництва, наявні паспорти місць видалення відходів (МВВ), а також інші документи, що регулюють поводження з відходами.

На підприємстві здійснюється періодичний моніторинг фактичних викидів шкідливих речовин в атмосферу, скидів у природні водойми, обсягів утворення, розміщення та утилізації відходів. Відповідно здійснюється періодична статистична звітність в обсягах, встановлених законодавством України.

Всі вищевказані роботи виконуються на хорошому організаційно-технічному рівні.

5.4 Аналіз екологічних показників на ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ»

Основне обладнання, яке використовує паливо, включає 8 енергетичних (3 – ТП-170, 2 – ТП-15, 2 – ТП-47, 1 – ТП-13) і 6 водогрійних котлів (2 – ВК-1 і ВК-2 та 4 – ПТВМ-100), в яких спалюється переважно вугілля та природний газ. Резервним паливом є мазут.

При спалюванні природного газу утворюються оксиди нітрогену та карбону. При спалюванні вугілля та мазуту утворюються оксиди нітрогену, карбону, суспендовані тверді частинки і діоксид сульфуру. Вказані шкідливі речовини викидаються в атмосферу з димовими газами через димові труби № 1 (джерело 1), № 2 (джерело 2) та № 3 (джерело 3). Рівень цих викидів (мг/м³) регулюється (обмежується) Дозволом № № 8036600000-07 Міністерства екології та природних ресурсів України, термін дії якого складає з 04.09.2019 р. по 04.09.2026 р. В ньому вказуються технологічні нормативи викидів (поточні і технологічні), а також затверджуються гранично-допустимі викиди (мг/м³). Усереднені значення цих величин для різних типів котлоагрегатів, джерел викидів (димових труб № 1, № 2 та № 3), а також фактичні рівні викидів за даними вимірювань приводяться в таблицях 5.1, 5.2 і 5.3.

Таблиця 5.1 – Нормативні, затверджені та фактичні рівні викидів в атмосферу забруднюючих речовин в 2019 р. (джерело 1)

Джерело утворення	Забруднююча речовина	Технологічний норматив допустимих викидів відповідно до законодавства, мг/м ³		Затверджений гранично-допустимий викид, мг/м ³	Фактичний викид (максимальний по режимній карті), мг/м ³
		Поточний	перспективний		
1	2	3	4	5	6
Котлоагрегати ВК-1, ВК-2 і ПК-4 (ТП-170) (газоподібне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	500	100	480-475-481	499-499- ----
	Оксид Карбону	250	100	230-225-219	219-219- ----

Таблиця 5.2 – Нормативні, затверджені та фактичні рівні викидів в атмосферу забруднюючих речовин в 2019 р. (джерело 2)

Джерело утворення	Забруднююча речовина	Технологічний норматив допустимих викидів відповідно до законодавства, мг/м ³		Затверджений гранично-допустимий викид, мг/м ³	Фактичний викид (максимальний по режимній карті), мг/м ³
		Поточний	Перспективний		
1	2	3	4	5	6
Котлоагрегат К-5 (ТП-170) (газоподібне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	500	100	497	626
	Оксид Карбону	250	100	219	122
Котлоагрегат К-6 (ТП-15) (газоподібне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	500	100	493	584
	Оксид Карбону	250	100	159	98
Котлоагрегат К-6 (ТП-15) (тверде+газоподібне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	1300	200	1247	---
	Оксид Карбону	250	250	219	---
	Суспендовані тверді Частинки	1300	20	1260	---
	Діоксид Сульфуру	3400	200	3091	---
Котлоагрегат К-6 (ТП-15) (тверде+рідке паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	1300	200	1300	---
	Оксид Карбону	250	250	250	---
	Суспендовані тверді Частинки	1300	20	1300	---
	Діоксид Сульфуру	3400	200	3400	---

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6
Котлоагрегат К-7 (ТП-47) (газоподібне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	500	100	489	848
	Оксид Карбону	250	100	131	23
Котлоагрегат К-7 (ТП-47) (тверде+газоподі бне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	1300	200	1197	---
	Оксид Карбону	250	250	229	---
	Суспендовані тверді Частинки	1300	20	1190	---
	Діоксид Сульфуру	3400	200	3196	---
Котлоагрегат К-7 (ТП-47) (тверде+рідке паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	1300	200	1300	---
	Оксид Карбону	250	250	250	---
	Суспендовані тверді Частинки	1300	20	1300	---
	Діоксид Сульфуру	3400	200	3400	---
Котлоагрегат К-8 (ТП-15) (газоподібне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	500	100	487	434
	Оксид Карбону	250	100	119	50

Закінчення таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6
Котлоагрегат К-8 (ТП-15) (тверде+газоподі бне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	1300	200	1236	---
	Оксид Карбону	250	250	228	---
	Суспендовані тверді Частинки	1300	20	1280	---
	Діоксид Сульфуру	3400	200	3245	---
Котлоагрегат К-8 (ТП-15) (тверде+рідке паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	1300	200	1300	---
	Оксид Карбону	250	250	250	---
	Суспендовані тверді Частинки	1300	20	1300	---
	Діоксид Сульфуру	3400	200	3400	---

Таблиця 5.3 – Нормативні, затверджені та фактичні рівні викидів в атмосферу забруднюючих речовин в 2019 р. (джерело 3)

Джерело утворення	Забруднююча речовина	Технологічний норматив допустимих викидів відповідно до законодавства, мг/м ³		Затверджений гранично-допустимий викид, мг/м ³	Фактичний викид (максимальний по режимній карті), мг/м ³
		Поточний	Перспективний		
1	2	3	4	5	6
Котлоагрегат К-9 (ТП-13) (газоподібне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	500	100	489	451
	Оксид Карбону	250	100	139	103
Котлоагрегат К-9 (ТП-13) (тверде+газоподібне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	1300	200	1258	---
	Оксид Карбону	250	250	227	---
	Суспендовані тверді Частинки	1300	20	1270	---
	Діоксид Сульфуру	3400	200	3298	---
Котлоагрегат К-9 (ТП-13) (тверде+рідке паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	1300	200	1300	---
	Оксид Карбону	250	250	250	---
	Суспендовані Частинки	1300	20	1300	---
	Діоксид Сульфуру	3400	200	3400	---
Котлоагрегат К-10 (ТП-47) (газоподібне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	500	100	479	---
	Оксид Карбону	250	100	199	---

Закінчення таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6
Котлоагрегат ПТВМ-100 (Ст. № 1, 2, 3 і 4) (газоподібне паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	500	100	400- 415- 420- 473	400- 413- 417- 473
	Оксид Карбону	250	100	171- 187- 183- 206	171- 175- 178- 206
Котлоагрегат ПТВМ-100 (Ст. № 1, 2, 3 і 4) (рідке паливо)	Оксиди нітрогену (в перерахунку на NO ₂)	500	150	500	---
	Оксид Карбону	250	250	250	---
	Суспендовані тверді Частинки	100	20	100	---
	Діоксид Сульфуру	3100	200	3100	---

Рівень фактичних викидів в деяких випадках (для оксидів нітрогену) є трохи вищим від встановлених гранично-допустимих величин, тобто основні вимоги природоохоронного законодавства в сфері атмосферного повітря на ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» в даний час не виконуються.

Проте, вказані природоохоронні вимоги стають з кожним роком все більш жорсткими. Так, «Національним планом скорочення викидів від великих спалювальних установок» передбачається поступове скорочення викидів оксидів нітрогену на ТЕЦ-4 вже починаючи з 2019 р. (при незмінних обсягах викидів оксидів сульфуру і суспендованих твердих частинок). Те ж передбачається Дозволом на викиди, правда починаючи з 01.01.2034 р., коли почнуть різко обмежувати гранично-допустимі викиди оксидів нітрогену до рівня 100 мг/м³ (при спалюванні природного газу) і 200 мг/м³ (при спалюванні змішаного палива). В більш близькій перспективі (2025 р.) передбачається також обмеження гранично-допустимих викидів діоксиду сульфуру при спалюванні змішаного

палива до 200 мг/м³, суспендованих твердих частинок до 20 мг/м³ і т.ін. В зв'язку з вищевказаним, виникає необхідність впровадження відповідних заходів з подальшого скорочення викидів забруднюючих речовин на ТЕЦ-4.³⁰

РОЗДІЛ 6

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПІДПРИЄМСТВА ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» ЩОДО ДОТРИМАННЯ ВИМОГ ЧИННОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ З ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Заходи щодо скорочення викидів сполук сульфуру

Для зменшення негативного впливу викидів підприємства від джерел які первинно затверджені норми, проаналізовано можливі варіанти реконструкції очищувальної системи.

Для забезпечення викидів діоксиду сульфуру SO_2 з димовими газами в атмосферу не більше 200 мг/м^3 , встановлених українським законодавством, будуть розглядатися методи сіркоочищення, що вже мають успішне впровадження на теплових електростанціях різних країн.

Майже всі промислові установки сіркоочищення базуються на кислотних властивостях діоксиду сульфуру (SO_2). Отже, діоксид сульфуру може бути видалений з димових газів за допомогою реакції нейтралізації з відповідними лужними реагентами (абсорбентами). Найбільш широко використовуваними лужними абсорбентами є вапняк (карбонат кальцію), негашене вапно (оксид кальцію) і гашене вапно (гідроксид кальцію).

Використовуваний абсорбент вступає в реакцію з діоксидом сульфуру, утворюючи суміш сульфідних або сульфатних солей.

Розрізняють мокрий, сухий та напівсухий методи сіркоочищення.

У системі сіркоочистки мокрого типу абсорбент (зазвичай розчин або суспензія) і димові газу вступають в контакт в скрубери баштового типу. Діоксид сульфуру в димових газах розчиняється в розчині та вступає в реакцію з абсорбентом, утворюючи сульфідні або сульфатні солі. Залежно від відносної розчинності, отримані солі випадають в осад та видаляються з процесу.

У системах сухого або напівсухого сіркоочищення зв'язування SO_2 відбувається або за допомогою впорскування, або за допомогою розпилювання луку в потік газу, або за допомогою проходження димового газу через шар

абсорбенту. Абсорбент повинен бути пористим, рівномірно розподіленим та повинен мати тонку фракцію, щоб бути ефективним. У системах напівсухого типу додають воду, щоб сформувати тонку плівку на частинках з метою сприяння реакції. Таким чином, системи сіркоочищення сухого типу для свого функціонування потребують тільки в невеликій кількості води і не утворюють будь-якого потоку відпрацьованої (стічної) води. Системи сіркоочищення мокрого типу вимагають великої кількості живильної води в порівнянні з системами сухого/напівсухого типів і, як правило, утворюють потоки стічної відпрацьованої води, які вимагають виконання відповідних заходів щодо поводження з ними.

Різні технології сіркоочищення значно відрізняються один від одного щодо ефективності видалення, використання сорбенту, одержуваного побічного продукту та капітальних витрат. Вибір найбільш доцільної технології для конкретного об'єкта або застосування у звичайних випадках здійснюється на основі економічних показників, наприклад, технологічний процес з найнижчою вартістю. Проте, існує ряд різних факторів, які впливають на загальну вартість, наприклад : технічні параметри процесу, площа, необхідна для установки; ступінь сіркоочистки; гарантії постачальників, ступінь зрілості технології, комерційний ризик, тощо.

Крім технічних параметрів технологічного процесу, для вибору певного типу технології сіркоочищення критично важливими є такі параметри як капітальні витрати та експлуатаційні (поточні) витрати.

Внаслідок більшого обсягу необхідного допоміжного устаткування для системи сіркоочищення мокрого типу слід очікувати більш високих капітальних витрат, ніж від систем сухого типу. Крім того, системи сіркоочищення мокрого типу відрізняються більш високим споживанням електричної енергії. Але системи сіркоочищення сухого типу мають значно вищу вартість експлуатації, внаслідок більш високих коефіцієнтів співвідношення абсорбенту до сульфуру, і/або більш високу вартість на тоннаж.

Мокрий спосіб сіркоочищення.

Мокрі абсорбційні засоби очищення димових газів від сірчистого ангідриду, що використовують в якості сорбенту недорогий і недефіцитний матеріал (вапно, вапняк) набули найбільшого поширення в світі (біля 90% всіх установок використовують цей метод).

Отриманий в результаті очищення кінцевий продукт – двоводний гіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) відділяється від води і потім може бути відвантаженим споживачам або складуватися і зберігатися. Також при випалюванні при температурі $170 \div 190$ °С утворюється високоякісний напівводний гіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), який використовується для будівельних цілей в якості гіпсового в'язучого матеріалу.

Дана технологія може бути рекомендована для впровадження на ТЕЦ-4, якщо експлуатація котлоагрегатів ст.№5÷9 становила б не менше 20 років при гарантованому сірковмісті твердого палива від 2,5% і більше.³¹

Сухий/напівсухий спосіб сіркоочищення.

Застосування установок сіркоочищення сухого типу на електростанціях великої потужності, як правило, не є доцільним, беручи до уваги високу потребу у вихідних матеріалах, одержуваний вихід відходів та загальні низькі характеристики в порівнянні з системами сіркоочищення мокрого типу.

Проте, новітні спроби, пов'язані з проектами модернізації установок сіркоочищення, зокрема в Китаї та США, засновані на використанні доопрацьованих концепцій сухого сіркоочищення, на основі технологічного процесу циркулюючого киплячого шару (ЦКШ або CFB) скрубери сухого типу і вапняної розпилювальної сушки (LSD) сухої розпилювальної абсорбції (SDA). На відміну від систем сіркоочищення мокрого типу, дані технології відрізняються меншим енергоспоживанням і меншими габаритами. Тому, системи сіркоочистки сухого типу особливо пристосовані для проектів модернізації існуючих (зношених) установок.

Виділяють наступні концепції даної технології:

- системи вприскування сорбенту (SIS);
- технологічні процеси сухої (напівсухої) розпилювальної абсорбції (SDA);

– технологічні процеси циркулюючого киплячого шару (ЦКШ).

Загальні переваги та недоліки сучасних сухих/напівсухих систем сіркоочищення в порівнянні з установками сіркоочищення мокрого типу представлені в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Основні переваги та недоліки сучасних сухих/напівсухих систем сіркоочищення в порівнянні з установками сіркоочищення мокрого типу

Переваги	Недоліки
1. Система використовує меншу кількість устаткування, що в результаті призводить до меншого впливу на вимоги щодо експлуатації та обслуговування	1. Технологічний процес сухого сіркоочищення потребує використання дорожчого реагенту (вапно, гашене вапно)
2. Для енергоблоків потужністю менше 300 МВт капітальні витрати зазвичай нижче, ніж для систем сіркоочищення мокрого типу	2. Коефіцієнт використання реагенту є нижчим, ніж для вапнякових систем мокрого типу, щоб досягти аналогічних коефіцієнтів видалення діоксиду сульфуру
3. Резервуар абсорбера може бути виконаний з необлицьованої вуглецевої сталі, на відміну від конструкції для сіркоочищення мокрого типу, якщо технологічний процес функціонує при значенні вище точки роси	3. Системи сіркоочищення сухого типу виробляють більший обсяг відходів, які мають тільки обмежене застосування через їх властивості, наприклад, водопроникність, розчинні продукти, тощо
4. Загальна споживана потужність менша, приймаючи до уваги кількість устаткування	
5. Відходи утворюються в сухій формі та можуть оброблятися із застосуванням традиційного пневматичного устаткування для видалення легкої золи	
6. Сухий побічний продукт є стійким і може утилізуватися окремо від легкої золи на золівдвалі	

На підставі вищезазначеного, за котлоагрегатами ТЕЦ-4 пропонується для встановлення система сіркоочищення димових газів, що заснована на напівсухому способі та характеризується значним скороченням шкідливих кислотних сполук SO_2 , HCl , HF і SO_3 з використанням сухого сорбенту у вигляді гашеного вапна $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Використовується в діапазоні парових навантажень котла 160÷220 т/год. Ефективність уловлювання діоксиду сульфуру SO_2 розглянутого методу сіркоочищення складає $\eta=92\div97\%$ при $\text{Ca/S} = 1,3\div2,0$, що гарантує досягнення технологічних нормативів по викидах сульфуру з димовими газами теплосилових установок, що становлять менше 200 мг/м³.

6.2 Заходи щодо скорочення викидів суспендованих твердих частинок

Найбільш розповсюджені і досконалі види очистки димових газів від леткої золи – електрофільтри або рукавні фільтри.

За котлоагрегатами ТЕЦ-4 пропонуються для встановлення двосекційні електрофільтри з необхідним допоміжним технологічним устаткуванням.

Заміна існуючих золовловлювачів з трубою Вентурі типу МС-ВТИ-3200 на електрофільтри дозволить:

- знизити залишкову запиленість димових газів до нормативного рівня 20 мг/м³ при 6% кисню;
- поліпшити екологічну обстановку в районі розташування ТЕЦ;
- знизити платежі за викиди;
- зменшити присмоктки холодного повітря в золовловлювачі;
- знизити аеродинамічний опір золовловлювача.³¹

6.3 Заходи щодо скорочення викидів NO_x

Концепції азотоочищення включають різні типи селективного відновлення, які відрізняються по використанню каталізатора і діляться на селективне некаталітичне відновлення оксидів нітрогену (SNCR) і селективне каталітичне відновлення (SCR).

Існуючі електростанції, які працюють на вугіллі, модернізуються системами SCR з кінця 80-х років.

Процес відновлювання оксидів нітрогену за допомогою селективного відновлювання здійснюється з використанням відновлюючого агента, як правило, аміаку, при температурі 300÷400 °С. При використанні низькотемпературних каталізаторів реакція може розпочатися вже з 180 °С.

Діапазон температур залежить від складу димових газів, обраних відновлювачів (аміак або аміачна вода) і типу каталізатора. Додавання відновлюючого агента здійснюється за допомогою прямого впорскування в потік димових газів.

Каталітичне відновлення є найбільш поширеним процесом азотоочищення на великих електростанціях. Основною причиною, по якій застосовуються системи SCR, є їх висока ефективність, можливе досягнення коефіцієнту відновлення понад 90%.

На підставі вищезазначеного, за котлоагрегатами ТЕЦ-4 пропонується для встановлення реактор з каталізаторами SCR з необхідним допоміжним технологічним устаткуванням. В якості відновлювача для установки азотоочищення пропонується аміачна вода NH_4OH (25%).

ВИСНОВКИ

1. Основною екологічною проблемою міста Київ залишається забруднення атмосферного повітря. Такі забруднення здійснюються значною мірою стаціонарними джерелами. Серед основних джерел забруднення атмосфери – пересувні джерела, з яких на першому місці знаходиться автотранспорт, а також підприємства енергетики (теплоелектроцентралі), підприємства будіндустрії, машинобудівної, хіміко-фармацевтичної, харчової промисловості. Тому дослідження впливу підприємств енергетики на стан атмосферного повітря є актуальним завданням.

2. З метою отримання, збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про рівень забруднення атмосферного повітря, оцінки та прогнозування його змін, ступеня небезпечності, а також розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі охорони атмосферного повітря здійснювався моніторинг довкілля.

В м. Києві систематичні спостереження за вмістом шкідливих речовин в атмосферному повітрі проводяться Центральною геофізичною обсерваторією гідрометслужби України на 16 стаціонарних постах (ПСЗ) з періодичністю відбору проб 6 днів на тиждень, 3-4 рази на добу. Визначається 21 забруднююча домішка. Серед забруднюючих речовин переважають завислі речовини, діоксид сульфуру, оксид карбону і діоксид нітрогену. Отримані дані є актуальними і достовірними.

3. В результаті аналізу літературних джерел було виявлено, що викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел за період 2010 – 2019 рр. залишалися практично на одному рівні, за винятком 2013 р. (43,9 тис. т). Основними забруднювальними речовинами, що надходять від них, є діоксид та інші сполуки сульфуру, оксиди нітрогену, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, леткі органічні сполуки, оксид карбону.

Найбільший внесок у забруднення атмосферного повітря м. Києва стаціонарними джерелами дають підприємства: ТОВ «Єврореконструкція», ПАТ «Екостандарт», філіал ТЕЦ №5 ПАТ «Київенерго», філіал ТЕЦ №6 ПАТ «Київенерго», філіал «Теплові мережі ПАТ «Київенерго»». Відсоток викидів яких у 2016 році склав 79,4% від загальної кількості викидів стаціонарних джерел.

4. Було проведено аналіз відповідності середніх концентрацій забруднюючих речовин в кратності ГДК по постам за 1 квартал 2020 року в місті Київ.

За даними досліджено, що середні концентрації діоксиду сульфуру, діоксиду нітрогену та формальдегіду в кратності ГДК майже по всіх постам і по місту в цілому перевищують допустимі значення. Такий стан спостерігається майже по всіх постах і по значенню фенолу. Але середня концентрація в кратності ГДК по місту поки що задовольняє необхідним вимогам.

5. Проведено аналіз відповідності фактичних показників викидів в атмосферу забруднюючих речовин в 2019 р на ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» до всіх вимог чинного природоохоронного законодавства України, зокрема Дозволу Мінприроди України на викиди № 8036600000-07 від 04.09.2019 р. (до 04.09.2026 р.).

6. Виявлено, що рівень фактичних викидів в деяких випадках (для оксидів нітрогену) є трохи вищим від встановлених гранично-допустимих величин. Тож, основні вимоги природоохоронного законодавства в сфері атмосферного повітря на ТЕЦ-4 ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» в даний час не виконуються.

7. Запропоновано заходи за для скорочення викидів суспендованих твердих частинок, сполук сульфуру і оксидів нітрогену. Виконання зростаючих екологічних вимог потребує впровадження на ТЕЦ-4 відповідних заходів із подальшого скорочення викидів забруднюючих речовин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

¹ Мережкіна Н.В. Гігієнічна оцінка впливу природного та техногенного факторів навколишнього середовища на здоров'я населення з хворобами органів дихання: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – К., 2005. – 26 с.

² Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2009 році. – К.: Центр екол. освіти та інформації, 2011. – 383 с.

³ Пенкович А.А. Изменение показателей функции внешнего дыхания как критерий влияния загрязнения атмосферного воздуха / А.А. Пенкович, Ю.П. Тихомиров, Н.А. Крыжановская // Гигиена и санитария. – 1986. – № 10. – 96 с.

⁴ Убайдулаев Р.У. Атмосферный воздух и здоровье человека / Р.У. Убайдуллаев, И.И. Ильинский. – Ташкент: Медицина, 1986. – 159 с.

⁵ Фельдман Ю.Г. Гигиеническая оценка автотранспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха. – М.: Медицина, 1975. – 159 с.

⁶ Про стан забруднення навколишнього природного середовища у м. Києві і Київській області // *Центральна геофізична обсерваторія ім. Бориса Срезневського*. URL: <http://cgo-sreznevskiy.kiev.ua> (дата звернення: 05.05.2018)

⁷ Про охорону атмосферного повітря: Закон України за станом на 16 жовтня 1992 // *Відом. Верх. Ради України*. 1992. № 50. 678 с.

⁸ Транспортна екологія: навчальний посібник / Запорожець О. І. та ін.; за заг. редакцією С. В. Бойченка. – Київ: «Центр учбової літератури», 2017. – 508 с.

⁹ Безуглая Э. Ю., Расторгуева Г. П., Смирнова И. В. Чем дышит промышленный город – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. – 255 с.

¹⁰ Гомонай В.І., Лобко В.Ю., Ходаковський В.С. Формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом в містах України // *Екологічний вісник*. 2007. №1 (41). С. 10–12. 20.

¹¹ Безуглая Э.Ю., Ивлева Т.П. Формальдегид в атмосфере городов. В Сб. «Вопросы охраны атмосферы от загрязнения» НПК «Атмосфера». №1 СПб., 2003.

¹² Доценко Л. В. Демиденко А. С. Порівняльний аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря // Екологічна безпека. 2014. Вип. №2. С. 71-74.

¹³. Системний аналіз якості навколишнього середовища: підручник/ Т.А. Сафранов та ін.; за ред. проф. Т. А. Сафранов і проф. Я. О. Адаменко. – Одеса: Екологія, 2015.– 244 с.

¹⁴. Air Quality Index (AQI, A Guide to Air Quality and Your Health). URL: <http://www.airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>

¹⁵. Statistiques indice de la Qualite de l'air. Année civile 2005. — AIRPARIF Surveillance de la Qualite de l'air en Ile-de-France. — Paris, 2005. — 9 p.

¹⁶. Air Pollution in the UK: 2008. AEAT/ENV/R/2823/Issue 1. — 2009. — 270 p.

¹⁷ Bulletin de la qualite de l'air. Lundi 29 décembre 2008. URL: <http://www.irceline.be>.

¹⁸. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 116 с.

¹⁹ Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) / Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 9 липня 1997 р. № 201.

²⁰ Безуглая Э.Ю., Ивлева Т.П. Формальдегид в атмосфере городов. В Сб. «Вопросы охраны атмосферы от загрязнения» НПК «Атмосфера». №1 СПб., 2003.

²¹ Викиди забруднюючих речовин та діоксиду карбону в атмосферне повітря (1990-2019 роки) // Головне управління статистики у м. Києві..

²² Коротко. Суспільство // День: електронна версія газети. 2009. №81. Дата оновлення: 19. 05. 2009. URL: <https://day.kyiv.ua/uk/article/cuspilstvo/korotko-suspilstvo-385> (дата звернення: 16.04.2018).

²³ Шевченко О. Г. Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом // Український гідрометеорологічний журнал. 2014. № 14. С. 5-15.

²⁴ Екологічний паспорт міста Київ за 2011 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL: http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/m.Kiyv_ekopasport_2011.doc (дата звернення: 03.11.2016)

²⁵ Екологічний паспорт міста Київ за 2012 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL: http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/Kyiv_ecopasport_2012.doc (дата звернення: 03.11.2016)

²⁶ Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища міста Київ за 2015 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. Доповіді про стан навколишнього природного середовища. URL: <http://old.menr.gov.ua/dopovidi/regionalni/5560-rehionalnidopovidi-pro-stan-navkolyshnoho-pryrodnoho-seredovyshcha-u-2015-rotsi> (дата звернення: 10.11.2017).

²⁷ Основи наукових досліджень і технічної творчості: навч. посіб. / Г.М. Лисюк, О.Г. Шидакова-Каменюка, О.В. Самохвалова та ін.; Харк. держ. ун-т харч. та торг. — Х.: ХДУХТ, 2014. — 202 с.

²⁸ Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Київської області у 2017 році [Електронний ресурс] <http://ecology-kiyevoblast.com.ua/Home/DownloadFile/84>

²⁹ Екологічний паспорт міста Києва за 2019 рік [Електронний ресурс] https://ecodep.kyivcity.gov.ua/files/2020/9/1/eco_pasport_2019.pdf

³⁰ Звіт з оцінки впливу на довкілля планової діяльності зі здійснення реконструкції цілісного майнового комплексу ТЕЦ ТОВ «Євро-Реконструкція». [Електронний ресурс] <http://eia.menr.gov.ua/uk/case/id-2858>

³¹ Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики : Сборник трудов / Институт промышленной экологии. – К. : ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2017. – 222 с.

³² Методичні рекомендації [Електронний ресурс] до виконання магістерської роботи для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 101 «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища» денної та заочної форм навчання / уклад.: Н.О. Бублієнко, О.І. Семенова, О.В. Ничик, О.М. Салавор. – К.: НУХТ, 2021. – 30 с.