



Міністерство освіти і науки України

ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
імені академіка В. ЛАЗАРЯНА

Кафедра «Хімія та інженерна екологія»

«До захисту»
Зав.кафедрою
Д.т.н. професор

_____ Ю.В.Зеленько
« ___ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Галузь знань 10 Природничі науки

Спеціальність 101 Екологія

ОП Екологія

Тема: Контроль якості атмосферного повітря з використанням інформаційно-аналітичних систем

Theme Atmospheric air quality control using information and analytical systems

Керівник дипломної роботи д.т.н. проф. Зеленько Ю. В.

(підпис)

Консультант спеціального розділу доц. Сорока М. Л.

(підпис)

Студент групи ЕО1921 Сафарова Є.О.

(підпис)

student

Дніпро
2020 р.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В.Лазаряна

Факультет:	«Промислове та цивільне будівництво»
Кафедра:	«Хімія та інженерна екологія»
Спеціальність:	101 «Екологія»
ОП	«Екологія»
	«ЗАТВЕРДЖУЮ» Зав. кафедрою Ю.В.Зеленько
	« ____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної магістерської роботи студентки

Сафарової Єлизавети Олегівни

1. Тема роботи: «Контроль якості атмосферного повітря з використанням інформаційно-аналітичних систем»
затверджена наказом по університету № 177-ст від «13» травня 2020р.
2. Термін подання студентом закінченої роботи грудня 2020 року.
3. Вихідні дані до роботи: теоретичний та практичний досвід у галузі моніторингу атмосферного повітря, результати огляду нормативно-правової бази охорони атмосферного повітря і здійснення контролю за якістю атмосферного повітря на стаціонарних та пересувних джерелах, стандартизовані методики відбору проб, навички програмного кодування.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань до розробки): загальні питання здійснення правового регулювання в Україні та в Європейському Союзі в галузі охорони атмосферного повітря; аналіз нормативної документації та порівняння нормативно-законодавчих баз країн; дослідження наявних методів моніторингу та відбору проб; створення на базі магістерської роботи інформаційно-аналітичної системи контролю якості атмосферного повітря.
5. Перелік демонстраційного матеріалу: мультимедійна презентація за результатами виконання дипломної роботи у обсязі до 15 слайдів, які повною мірою відображають актуальність поставленої мети, задач та методологію дослідження, практичну і наукову новизну отриманих результатів.

6. Консультанти:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 2	Сорока М. Л.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва розділів магістерської роботи	Термін виконання розділів роботи	Примітка
1.	Вивчення літературних джерел, що стосуються існуючих рішень теми, що розробляється, розгляд методик моніторингу в галузі атмосферного повітря.	13.05.2020-23.06.2020	
2.	Критичний аналіз нормативного регулювання у галузі моніторингу атмосферного повітря	24.06.2020-31.07.2020	
3.	Огляд методики відбору проб забруднюючих речовин на стаціонарних джерелах	01.08.2020-30.09.2020	
4.	Дослідження методології збору та організації даних для системи контролю	01.10.2020-21.10.2020	
5.	Розробка програмної реалізації зчитування, організації, аналізу даних	22.10.2020-14.11.2020	
6.	Оформлення пояснювальної записки	15.11.2020-02.12.2020	

7. Дата видачі завдання: «13» травня 2020 р.

Керівник магістерської роботи _____ д.т.н. проф. Зеленько Ю. В.

Завдання прийняв до виконання _____ Сафарова Є. О.

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота «Контроль якості атмосферного повітря з використанням інформаційно-аналітичних систем»

У дипломній роботі всього: 88 сторінка, 28 рисунків, 37 літературних джерел.

Об`єкт дослідження – галузь охорони атмосферного повітря, нормативно-правова база законодавства України в цій сфері, оптимізація моніторингу атмосферного повітря.

Мета роботи – аналіз нормативної бази та розробка інформаційно-аналітичної системи контролю якості атмосферного повітря.

Методологія та методи дослідження – загальнонаукові методи дослідження, зокрема аналіз, синтез, моделювання та системний підхід.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше здійснено докладний аналіз існуючої нормативно-правової системи в Україні та в Європейському Союзі у галузі охорони атмосферного повітря з метою оптимізації державного моніторингу;
- вперше запропоновано використання єдиної системи для здійснення контролю якості моніторингу атмосферного повітря на основі даних у відкритому доступі на рівні пересічного користувача;
- вперше розроблено програмний додаток, який дозволяє отримувати дані моніторингу атмосферного повітря зі станцій моніторингу в режимі реального часу, а також здійснювати аналіз та візуалізацію завантажених даних.

Практичне значення одержаних результатів: розроблено під час виконання дипломної роботи програмний додаток, який зрозумілий для користувача, має зручний функціонал для здійснення моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря, що працює на основі даних отриманих зі станцій моніторингу та відділу баз даних нормативно-правової інформації.

ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, НОРМАТИВНА ДОКУМЕНТАЦІЯ, ВІДБІР ПРОБ, МОНІТОРИНГ, СТАЦІОНАРНІ ДЖЕРЕЛА, ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ, ДАНІ, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ.

ABSTRACT

Master's thesis «Atmospheric air quality control using information and analytical systems»

In total in the thesis: 88 pages, 28 drawings, 37 literary sources.

Object of research – field of air protection, regulatory framework of Ukrainian legislation in this area, optimization of air monitoring.

The purpose of the work – analysis of the regulatory framework and development of information and analytical system of air quality control.

Methodology and research methods – general scientific research methods, including analysis, synthesis, modeling and systems approach.

Scientific novelty of the obtained results:

- for the first time, in order to optimize state monitoring a detailed analysis of the existing legal system in Ukraine and the European Union in the field of air protection was carried out;
- for the first time, it is proposed to use a single system for quality control of air monitoring based on open access data at the level of the average user;
- for the first time, a software application was developed, which allows to receive atmospheric air monitoring data from real-time monitoring stations, as well as analysis and visualization of downloaded data.

The practical significance of the obtained results: during the thesis software application was developed, which is user-friendly, has a convenient functionality for monitoring in the field of air protection and works on the basis of data obtained from monitoring stations and the database of regulatory information.

POLLUTANTS, ATMOSPHERIC AIR, REGULATORY DOCUMENTATION, SAMPLING, MONITORING, STATIONARY SOURCES, GREENHOUSE GAS EMISSIONS, DATA, VISUALIZATION.

ЗМІСТ

Вступ	8
1. Аналіз нормативного регулювання у галузі моніторингу та контролю викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел	
1.1 Узагальнення законодавчих вимог охорони атмосферного повітря від забруднення	9
1.2 Сучасні вимоги до організації державного моніторингу атмосферного повітря в Україні	13
1.3 Особливості верифікації та звітності про викиди парникових газів в Україні	17
1.4 Наближення екологічної політики України до вимог Європейського Союзу	18
2. Технічна політика вимірювання забруднюючих речовин у викидах стаціонарних джерел	
2.1 Загальні особливості нормативної документації	20
2.2 Виконання вимірювань забруднюючих речовин	24
2.3 Відбір проб зі стаціонарних джерел та їх транспортування	31
3. Порядок моніторингу та контролю викидів парникових газів	
3.1 Нормативно-правові акти спрямовані на контроль за викидами парникових газів	39
3.2 Постанова про порядок здійснення моніторингу та звітності	41
3.3 Зменшення викидів парникових газів України	47
4. Розробка інформаційно-аналітичної системи контролю якості атмосферного повітря	
4.1 Збір та організація даних	53
4.1.1 Дані окремої станції моніторингу у CSV-форматі	54
4.1.2 Дані з усіх станцій моніторингу у JSON-форматі	57
4.2 Опис програмної реалізації зчитування та організації даних	61

4.3 Програмна реалізація аналізу даних	65
4.4 Довідкова документація	67
Висновки	70
Список використаних джерел	78
Додаток А	83

ВСТУП

Якість атмосферного повітря безпосередньо впливає на термін нашого життя та його якість. З підвищенням рівня урбанізації постійно збільшується техногенне навантаження на навколишнє природне середовище, через що порушується екологічний баланс. Стрімке зростання міст, збільшення різновиду та кількості транспортних засобів, розвиток промисловості, постійне дослідження навколосезонного простору – усі ці фактори сприяють деформації газового складу атмосфери, що призводить до порушення первозданного стану рівноваги.

Атмосферне повітря являється запорукою наявності життя в навколишньому природному середовищі. До найбільш розповсюджених забруднюючих речовин атмосферного повітря, що надходять від техногенних джерел, відносяться: оксид вуглецю, оксиди азоту, діоксид сірки, аерозолі та вуглеводні – суспензії твердих та рідких часток. Багатогранність забруднюючих речовин, які деформують склад повітря на промислових підприємствах, вимагають постійного удосконалення та пошуку нових розробок і методів відбору проб та аналітичного контролю на базі останніх досягнень науки та санітарно-гігієнічних нормативних документів.

Мета дослідження – аналіз нормативної бази та розробка інформаційно-аналітичної системи контролю якості атмосферного повітря.

Для досягнення поставленої мети у роботі виконано ряд завдань:

- аналіз нормативного регулювання у галузі моніторингу та контролю викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел;
- дослідження технічної області вимірювання забруднюючих речовин у викидах стаціонарних джерел;
- вивчення особливостей верифікації та звітності парникових газів;
- оцінка ефективності зменшення викидів парникових газів України;
- створення програмного продукту – системи контролю якості атмосферного повітря на базі даних, отриманих зі станцій моніторингу.

1 АНАЛІЗ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛВАННЯ У ГАЛУЗІ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ІЗ СТАЦІОНАРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Узагальнення законодавчих вимог охорони атмосферного повітря від забруднення

Одним з найважливіших компонентів навколишнього природного середовища для життя людини є атмосферне повітря. Саме тому був створений Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [1], направлений на відновлення, збереження та поліпшення стану атмосферного повітря. Закон розкриває організаційні та правові основоположення, а також вимоги екологічного характеру в галузі використання та охорони атмосферного повітря.

Відповідно до статті 1 головним завданням Закону виступає цілий комплекс впливу на атмосферне повітря, який має забезпечити раціональні умови експлуатації повітря як для зміцнення законності та правопорядку так і для виробничих вимог.

Відповідно до статті 16 управління здійснюється Кабінетом Міністрів України, Міністерством охорони навколишнього природного середовища України, Урядом Республіки Крим, Міністерством охорони здоров'я України, а також місцевими органами державної виконавчої влади, управління державними органами та органами місцевого самоврядування відбувається згідно з законодавством України.

У галузі охорони атмосферного повітря проводиться нормування та екологічна стандартизація, що дозволяє встановити комплекс першочергових, обов'язкових до виконання правил, норм, вимог які стосуються охорони від шкідливого впливу біологічних, фізичних факторів, забруднення в цілому, також це дає змогу закріпити екологічну безпеку. В свою чергу для оцінки

стану атмосферного повітря встановлюються лише нормативи екологічної безпеки, що приймаються за абсолют. Зміст нормативів складається з гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у повітрі та гранично допустимих рівнів електромагнітного, акустичного та іонізуючого, шкідливого біологічного, і фізичного впливів, які розраховані на людей та об'єкти навколишнього природного середовища.

В свою чергу для кожного з типів технологічних процесів, споруд, обладнання чи об'єктів встановлюються власні граничні нормативи утворення забруднюючих речовин, що надходять у атмосферне повітря. На спрямування граничних нормативів також має вплив час розробки та момент введення в експлуатацію того чи іншого обладнання чи технології, а також розглядається наявність економічної доцільності та технічних і наукових розробок. В результаті вони поділяються на регламенти втрат і використання сировини, нормативи для окремих типів технологічного та інших типів обладнання і вимог започаткування технологічного процесу. Для пересувних джерел нормативи встановлюються за вмістом забруднюючих речовин у відпрацьованих газах. Розробка і затвердження нормативів відноситься до сфери діяльності Міністерства охорони навколишнього природного середовища України і Міністерства охорони здоров'я України.

Підприємства та організації, які в результаті технологічних процесів мають викиди в атмосферне повітря, повинні виконувати ряд обов'язків згідно з Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», зокрема організувати заходи організаційно-господарського або технічного характеру, що зазначаються у дозволах на викиди забруднюючих речовин та інший негативний вплив, мати план заходів на випадок негативних метеорологічних умов та аварійних ситуацій, що дозволять провести ефективну ліквідацію наслідків забруднення атмосферного повітря тощо (див. рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Обов'язки підприємств та організацій

З метою зменшення забруднення атмосферного повітря автотранспортом та іншими пересувними засобами була виконана розробка комплексу дій спрямованих на зменшення токсичності викидів, нейтралізації забруднюючих речовин та зниження негативного впливу фізичного характеру при експлуатації та виробництві літаків, автомобілів, суден та інших засобів і мобільних установок. Було вжито заходів раціонального розміщення потенційно небезпечних ділянок таких як автозаправні станції за межі густонаселених жилих кварталів, вдосконалення автомобільних шляхів, покращення технологій зберігання та транспортування палива та інші заходи спрямовані на покращення загального рівня якості життя населення.

Окрема увага приділяється, згідно до статті 52, організаціям та підприємствам, що займаються засобами захисту рослин, мінеральними добривами, препаратами для росту тощо, які потенційно небезпечні у разі витоку забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Під час створення нових препаратів повинна йти розробка і гранично допустимих концентрацій з

методом визначення залишку цієї речовини в навколишньому природному середовищі.

Для визначення екологічної безпеки будівництва, розміщення, проектування проводиться екологічна експертиза у порядку, згідно з законодавством України. Якщо під час будівництва об'єкта виникає неможливість зниження рівнів шкідливих впливів біологічних та фізичних факторів, тоді діяльність припиняється або виробничий профіль підлягає зміні відповідно до статей 15, 17, 20 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища». Атмосферне повітря як сировина основного виробничого процесу забороняється, якщо відбувається перевищення вказаного обсягу.

Державний облік розповсюджується на об'єкти, що шкідливо впливають або можуть впливати на загальний стан атмосферного повітря, а також на види, обсяги і розміри забруднюючих речовин, впливи фізичних і біологічних факторів на атмосферне повітря. Обробка, збір, аналіз інформації стосовно атмосферного повітря відбувається за системою державного моніторингу навколишнього природного середовища органами Міністерства охорони здоров'я України, Міністерства охорони навколишнього природного середовища України та іншими підприємствами та організаціями.

Важливим є те, що Україна приймає участь у міжнародному співробітництві в напрямку охорони атмосферного повітря, згідно до укладених міжнародних угод, що затверджені Україною. Якщо договорами приймаються до уваги інші правила, не ті що в Законі, тоді віддають перевагу правилам міжнародного договору.

1.2 Сучасні вимоги до організації державного моніторингу атмосферного повітря в Україні

Постановою Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. №827 [2] були внесені зміни, затверджено порядок здійснення державного моніторингу. Обласні державні адміністрації та органи виконавчої влади, при цьому, повинні мати структурний підрозділ який буде функціонувати як орган управління якістю атмосферного повітря та надавати інформацію у органи вищих інстанцій. Крім того, за постановою повинна збиратися комісія стосовно питань моніторингу та подавати Міністерству енергетики та захисту довкілля на розгляд програми державного моніторингу в напрямку атмосферного повітря для їх погодження.

Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря спрямований на здійснення та механізм державного моніторингу з охорони атмосферного повітря. Крім того центральні, місцеві органи виконавчої влади, а також виконавчі органи Автономної Республіки Крим проводять інформування для вирішення питань стосовно атмосферного повітря та розповсюджують інформацію про його стан серед населення.

У Порядку наявні загальноживані терміни, такі як: агломерація, довгострокова ціль, верхній поріг оцінювання, гранична величина, зона, фіксовані вимірювання, індикативні вимірювання, критичний рівень, інформаційний поріг, лабораторія спостереження за станом атмосферного повітря, орган управління якістю атмосферного повітря, нижній поріг оцінювання, поріг небезпеки, оцінювання, цільовий показник, пункт спостережень за забрудненням атмосферного повітря, рівень забруднювальної речовини та інші вживані в Законах України «Про охорону атмосферного повітря» [3], «Про охорону навколишнього природного середовища» [1], «Про метрологію та метрологічну діяльність» [4].

Мета державного моніторингу, згідно з порядком, – забезпечення збору, опрацювання, збереження, аналізу інформації про стан атмосферного повітря задля можливості здійснення прогнозу та оцінки її варіативності і ступеня небезпечності, розробки на базі цього рекомендацій та проведення інформування населення, надання можливості запобігання негативного впливу на якість життя і навколишнє природне середовище в цілому. Моніторинг атмосферного повітря відбувається за наступними показниками: атмосферне повітря, атмосферні опади.



Рисунок 1.2 – Різновиди даних результатів здійснення моніторингу, відповідно до Порядку

Оцінку для агломерації та зони визначають кожні 5 років за програмою державного моніторингу, для фіксованих вимірювань інтервал сталий, але інші режими можуть бути розглянуті раніше, згідно з рішенням органів управління. Попри це, для раннього розгляду, повинні задовольнятися наступні вимоги: режим оцінювання за методами замінюється режимом

комбінованого оцінювання; комбінований режим замінюється на режим фіксованих вимірювань.

За збереження даних моніторингу відповідають суб'єкти моніторингу, які займаються також спостереженням та оцінюванням рівнів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, попри це вони забезпечують доступ до результатів моніторингу, надаючи ретроспективні дані.



Рисунок 1.3 – Область дії суб'єктів моніторингу

Забезпечують координацію суб'єктів органи управління якістю атмосферного повітря. Для кожного випадку перевищення граничних величин, або цільового показника, відбувається розробка плану та його затвердження задля покращення якості атмосферного повітря. Якщо у агломерації або зоні виникає загроза перевищення – розробляють та затверджують короткострокові плани дій.

Питання здійснення моніторингу якості та охорони атмосферного повітря розглядає комісія, до якої входять:

- представники відповідної зони, території обласного, регіонального центрів з гідрометеорології;

- органи управління якістю атмосферного повітря;
- територіальні органи;
- Державне агентство України з управління зоною відчуження;
- органи місцевого самоврядування;
- представники організацій, підприємств та ін.

Для окремої зони-агломерації по формі Мінекоенерго створюється програма державного моніторингу. Ці програми подають комісії, де розглядають її відповідність законодавству та єдиним методичним вимогам державного моніторингу. За висновком комісії Мінекоенерго надає рекомендації або погоджує програму. Після погодження потрібне затвердження Автономної Республіки Крим та відповідних обласних/ міських рад. Програма відповідно до Порядку [2] має містити інформацію:

- про органи управління якістю, які займалися розробкою програми;
- про мережу спостережень;
- про показники лабораторій спостережень;
- про суб'єкти моніторингу які спостерігають за якістю повітря на спеціальних пунктах;
- про заплановані заходи по вдосконаленню мереж;
- про забруднюючі речовини на окремих зонах;
- етапи, виконання заходів.

При плануванні покращення органи управління якістю мають внести зміни до програми стосовно подання суб'єктів. Затвердження змін відбувається після погодження з Мінекоенерго.

Моніторинг атмосферного повітря отримує фінансування з місцевих та державних коштів, а також коштів установ, підприємств, організацій, що можуть бути причиною негативного впливу на атмосферне повітря.

У методах оцінювання є також оцінка похибки, яка виражається в межах 95% довірчої ймовірності, згідно з ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-1:2005 [5] відбувається її оцінювання. Для об'єктивної оцінки похибка – максимальне

відхилення від рівнів концентрації за розрахунками для мінімуму даних, крім того за вимогами повинна бути відсутня втрата даних через систематичне калібрування або технічне обслуговування.

1.3 Особливості верифікації та звітності про викиди парникових газів в Україні

Угода про асоціацію України та Європейського Союзу [6] була підписана 16 вересня 2014 року і 1 вересня 2017 року була ратифікована. Асоціативна Угода поєднує в собі великий масштаб регуляторних та економічних питань. Також Угода включає проблеми зміни клімату, що наведені у розділі VI та додатках XXX, XXXI даної Угоди. Одна з її вимог – встановити процедури моніторингу, звітності, верифікації викидів парникових газів від промислових і енергетичних підприємств.

Згідно до обов'язків України в межах Угоди, а саме Директиви 2003/87/ЄС [7] про створення системи торгівлі викидів парниковими газами, було підписано президентом України Закон «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» [8].

Основні терміни що загальнозживані даним Законом: оператор; звіт оператора; установка; моніторинг; верифікація; парникові гази. До обов'язків оператора входить: робота в Єдиному реєстрі, створення плану моніторингу та звіту оператора, які далі відправляються на верифікацію.

Закон стає чинним після трьох місяців з моменту публікації, а введення в дію відбувається з 1 січня. Таким чином на 2021 рік в Україні буде введений в дію облік парникових газів, в якому першочергово зазначається необхідність реєстрації установок, що створюють викиди парникових газів, у Державний реєстр установок.

Для виконання реєстрації наступний перелік документів передається оператором, згідно до статті 9 Закону «Про засади моніторингу, звітності та

верифікації викидів парникових газів»: заява; інформація про установку за формою характерною порядку державної реєстрації у Єдиному реєстрі; документ з повним описом обсягів парникових викидів та їх видів.

1.4 Наближення екологічної політики України до вимог Європейського Союзу

Наприкінці 1970-х років Європейський союз для покращення якості повітря на всій території вирішив ввести наступні заходи: контроль викидів пересувних джерел, поліпшення палива, а вимоги було спрямовано на інтеграцію з охороною навколишнього природного середовища в області енергетики та транспорту. Директива 2008/50/ЕС [9] або SAFE [10] формулює вимоги для визначення якості та оцінки атмосферного повітря, а також інформування населення, за необхідністю. Для впровадження законодавства необхідно країну розбити на зони і агломерації, а забруднюючі речовини мають бути виміряні та зменшені. До забруднюючих речовин віднесені: двоокис азоту; бензол; діоксин сірки; монооксид вуглецю; PM10 і PM2.5s (тверді частинки). Директива SAFE була перенесена в ірландське законодавство до Інструкції стандартів якості повітря 2011 року, це призвело до зміни стандартів якості повітря, правил, положень про озон в атмосферному повітрі.

Призначеним компетентним органом для ірландського і Європейського Союзу, що оперує питаннями навколишнього середовища та законодавством про якість повітря, стало Європейське агентство з охорони навколишнього середовища. Воно займається управлінням мережею моніторингу, сприяє реалізації законодавства і здійснює контроль рівнів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

Через спалювання твердого палива відбувалось перевищення граничних значень забруднюючих речовин, і в результаті було укладено Амстердамський договір [11], розділи якого постійно доповнювались. Через невиконання цілей

«Чистого повітря» 2013 року Європейський Союз сформулював пакет, який мав такі засади:

- завдання можливо виконати в більш короткий термін, але з більшою кількістю нових цілей в напрямку якості повітря до 2030 року, а співпраця між зацікавленими сторонами буде важливим фактором;
- введення більш суворого контролю за забруднюючими речовинами;
- Директива набула розповсюдження і на невеликі електростанції, на установки до 50MW.

Так як у 2012 році було 1200 смертей пов'язаних з забрудненим повітрям, Ірландія продовжує розглядати і вводити нові заходи. По прогнозам така направленість буде не тільки рятувати суспільство, скорочувати витрати на охорону здоров'я, але також буде сприяти зменшенню кислотних дощів.

З огляду на це, в Законі України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» і зазначено, що одним із основних інструментів реалізації державної екологічної політики є «законодавство України у сфері охорони навколишнього природного середовища, яке адаптоване до законодавства Європейського Союзу, - спрямоване на досягнення національних пріоритетів та забезпечення його наближення до відповідних директив Європейського Союзу впровадження багатосторонніх екологічних угод (конвенцій, протоколів тощо), стороною яких є Україна» [37].

2 ТЕХНІЧНА ПОЛІТИКА ВИМІРЮВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ВИКИДАХ СТАЦІОНАРНИХ ДЖЕРЕЛ

2.1 Загальні особливості нормативної документації

Багатогранність забруднюючих речовин, які деформують склад повітря на промислових підприємствах та атмосферне повітря, вимагає постійного удосконалення та пошуку нових розробок і методів відбору проб та аналітичного контролю на базі останніх досягнень науки та санітарно-гігієнічних нормативних документів. До основних методів вимірювань на стаціонарних джерелах відносяться: інструментально-лабораторний, інструментальний, лабораторний, експресний методи.

Інструментально-лабораторний метод вимірювання – метод вимірювань прямих параметрів газопилового потоку, а також вмісту забруднюючих речовин саме на джерелах утворення та джерелах викидів забруднюючих речовин або у відібраних пробах.

Інструментальний метод вимірювання полягає у застосуванні спеціалізованих засобів вимірювальної техніки, а також автоматичних аналізаторів газів, які вимірюють параметри газопилового потоку та вміст забруднюючих речовин на джерелах утворення та джерелах викидів забруднюючих речовин.

Лабораторний метод вимірювання із відбором проб на джерелах утворення та джерелах викидів забруднюючих речовин із подальшим аналізуванням проб у лабораторних умовах.

Експресний метод вимірювання, заснований на використанні селективних (колористичних) індикаторних трубок для визначення вмісту забруднюючих речовин (без використання автоматичних аналізаторів газів) [12].

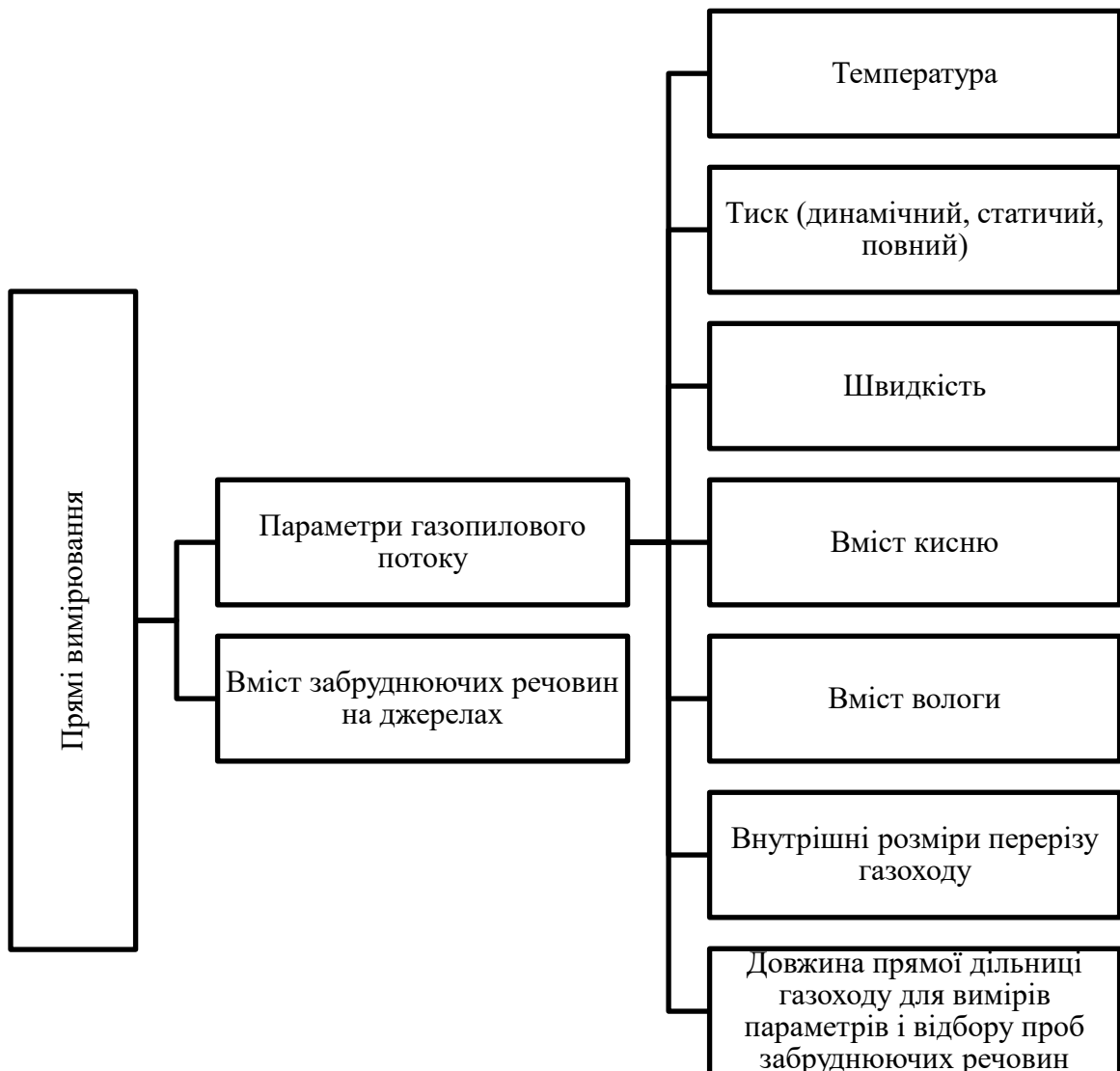


Рисунок 2.1 – Інструментально-лабораторні вимірювання

Всі аналізи визначення розрахункових коефіцієнтів, відповідно до нормативних документів (див. рис. 2.2), повинні відбуватися в акредитованих лабораторіях згідно з вимогами. Винятком є оператори, вони можуть уникати правил, якщо зможуть продемонструвати уповноваженим організаціям, що доступ до акредитованої лабораторії технічно неможливий або призводить до нераціональних витрат. В таких випадках використовують неакредитовані лабораторії, але за умови, що вони відповідають вимогам, переліченим у

Статті 33 «Порядок здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів» [12]. Вимоги вважаються придатними для демонстрації компетентності, ідентичної до акредитації у відповідності до EN ISO/IEC 17025:2017 [13].

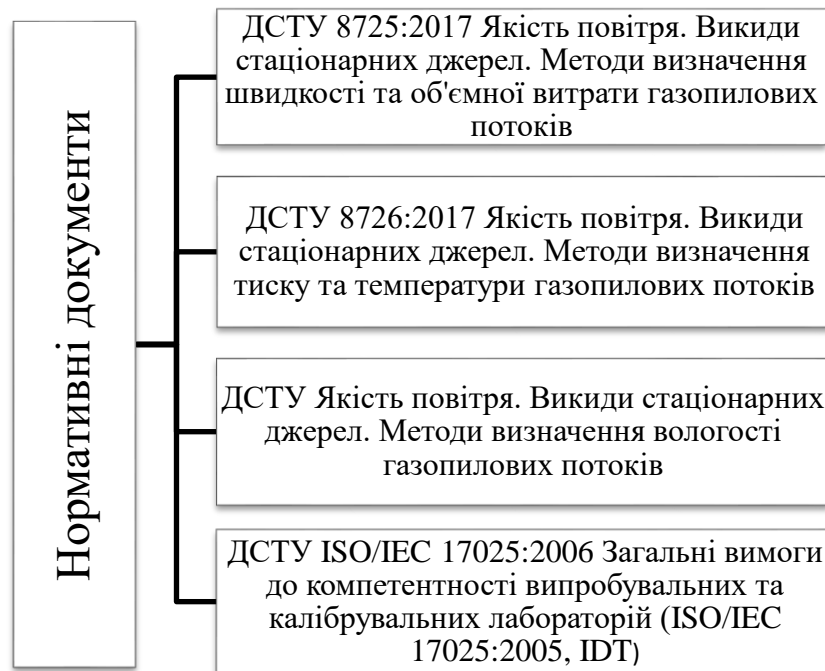


Рисунок 2.2 – Нормативні документи, що використовуються під час відбирання проб зі стаціонарних джерел згідно з ДСТУ 8812:2018 [17]

Оператор в управлінні якістю повинен показати компетентність за допомогою сертифікації лабораторії акредитованим органом у відповідності до EN ISO/IEC 9001:2015 [14] або іншої сертифікованої системи управління якістю, що визначає вимоги до лабораторій. Коли сертифікована система управління якістю відсутня, то оператор має надати інші докази того, що лабораторія здатна керувати персоналом, процедурами, документами і задачами. Якщо використання акредитованої лабораторії є неможливим: спосіб відбору проби на аналіз є кінцевим для отримання репрезентативних результатів, незалежно проводить оператор відбір сам чи ні, а аналітичні

методи повинні відповідати національним чи міжнародним стандартам. Оператор установки з малими викидами може використати будь-які лабораторії, але щоб вони були технічно компетентними. Мінімальні витрати – це обґрунтована лабораторією власна технічна компетентність та спроможність правильно керувати персоналом, документами, процедурами. Оператори максимально мають дотримуватись вимог Статті 34 «Порядок здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів». Для діяльності, що відповідає вимогам Додатку IV Порядку, дозволяється використовувати ліпші практики для декількох нижчих рівнів точності. Бувають випадки коли застосування Статей 32 - 35 у повному обсязі може бути недоцільним або неможливим, це випадки, коли незважаючи на дозвіл, застосовували методику нижчого рівня точності.

Оператор повинен затвердити план відбору проб, який описує цілі та завдання, конкретні чи практичні інструкції по відбору проб та визначити частоту аналізів згідно з Статтею 35 Порядку. В цілому, оператор повинен відібрати більше чотирьох проб в рік для репрезентативних результатів. Метою для кожного відбору проб є відображення кінцевою пробою всієї партії сировини тощо. Важливо правильно статистично визначити кількість точкових проб, наскільки вони великі для одержання репрезентативного композиту проби.

План відбору проб повинен бути поданий у формі письмових процедур та містити наступні пункти: місця відбору проб, методики для підготовки проб, частоту і кількість матеріалу для проби, розподіл відповідальності, методика зберігання та транспортування проб. Також, Порядок має положення про план відбору проб, який потрібно оновлювати регулярно, якщо відбуваються будь-які зміни у матеріальних потоках з часом або змінюються властивості матеріальних потоків. Це положення реалізується через вимогу стосовно розробки оператором процедури перегляду відповідності плану відбору проб, яка додається до Порядку.

В деяких випадках відбір проб може здійснюватися третьою стороною, наприклад, постачальником сировини чи палива. В таких випадках за оператором залишається відповідальність продемонструвати відповідність вимогам щодо плану відбору проб. Цього можна досягти шляхом отримання інформації та доказів про план відбору проб від третьої сторони. В будь-якому випадку оператор несе відповідальність за правильний відбір проб у відповідності до Статті 33 Порядку, незалежно від того, хто проводить відбір проб та аналізи – оператор чи третя сторона [12].

2.2 Виконання вимірювання забруднюючих речовин

Вимірювання тиску, температури, визначення швидкості і об'ємної витрати газопилового потоку виключно в газоходах та вентиляційних системах стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря виконується за нормативними документами згідно з ДСТУ 8725:2017 [15] та ДСТУ 8726:2017 [16].

Зазначені стандарти встановлюють методи вимірювання параметрів газопилового потоку. Об'єктом аналітичного контролю, відповідно до ДСТУ 8812:2018, виступає об'єм газового потоку, який відбирається для аналізу та подальшого відображення його структури та складу.

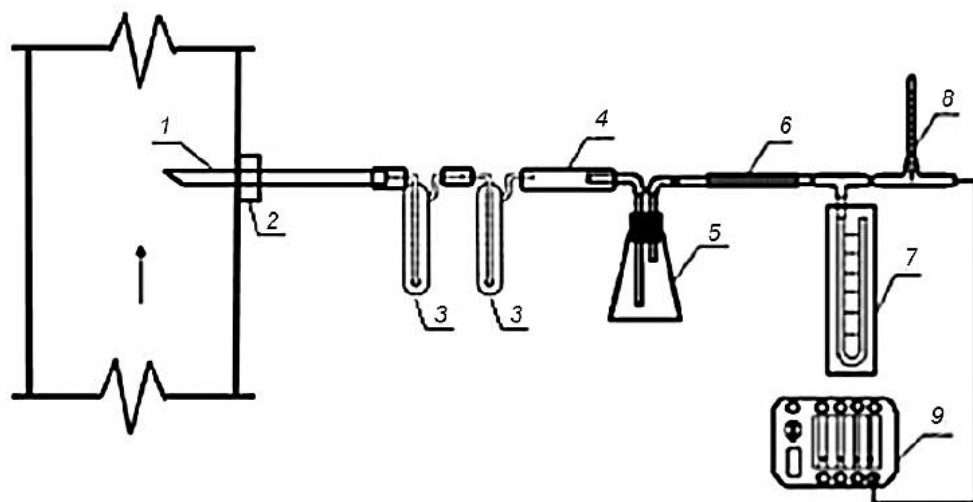


Рисунок 2.3 – Відбирання проб газоподібних забруднюючих речовин

На рисунку 2.3 зображено схему відбирання проб газоподібних забруднюючих речовин, з наступними позначеннями: 1 – зонд для відбирання проб газоподібних забруднюючих речовин, 2 – вимірювальний порт, 3 – поглинальні прилади, 4 – з'єднувальні трубки, 5 – конденсатозбірник; 6 – патрон зі силікагелем, 7 – манометр, 8 – термометр, 9 – аспіратор.

На відміну від методики виконання вимірювань, в якій регламентовані сукупність процедур і правил, виконання яких забезпечує одержання результатів вимірювань з гарантованою точністю, метод вимірювання встановлює тільки сукупність способів використання засобів вимірювальної техніки та принципи вимірювань для створення вимірювальної інформації.

Відбір проби може виконуватись наступним чином (рис. 2.4)

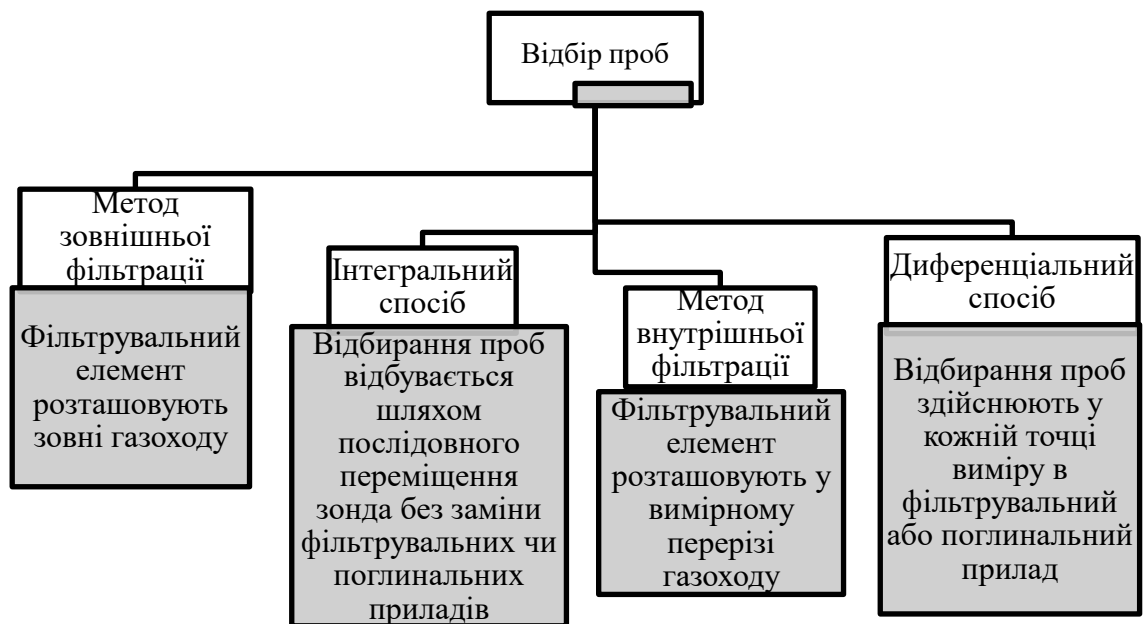


Рисунок 2.4 – Відбір проб зі стаціонарних джерел

Стандарт допускає використання засобів вимірювальної техніки із метрологічними характеристиками, що забезпечують потрібну точність вимірювань. Тобто, значення похибки засобів вимірювання тиску, що

використовуються або будуть використовуватись не повинні перевищувати ± 24 Па.

Разом з цим, у стандарті ДСТУ 8812:2018 встановлені вимоги щодо розташувань місць вимірювання круглого та прямокутного перерізу газоходу, кількості точок вимірювань у вимірному перерізі, їх координат, процедури вимірювання та розрахунку результатів вимірювань.

Швидкість газопилового потоку визначають методом вимірювання динамічного тиску газу. Об'ємну витрату газопилового потоку визначають за середніми значеннями швидкості та площі вимірною перерізу газоходу.

При виконанні вимірювань слід ретельно стежити за розміщенням наконечника приймача повного тиску назустріч газовому потоку і не допускати його відхилення, та за відсутністю відкладень пилу на напірних трубках та в приймачах повного та статичного тиску.

Одночасно вимірюють температуру газопилового потоку та атмосферний тиск повітря.

Температура газопилового потоку вимірюється згідно з вимогами ДСТУ 8726:2017. Вимірювання виконуються зондовим контактним методом у точках вимірювального перерізу, коли газовий потік в сталому русі. Якщо до вимірювання вентиляційна установка або технологічне обладнання (джерело утворення забруднюючих речовин) не працювали, то вимірювання слід розпочинати не раніше ніж за півгодини після початку їх функціонування. Вимірювання виконуються вимірювачем температури ИТ-1 з наявним діапазоном від -50°C до 600°C або іншим засобом вимірювальної техніки.

Для найбільш точних результатів вимірювання температури та тисків газу у газоходах замір виконують у вимірювальному перерізі, секції, точках, заздалегідь готують пристрої та місце для вимірювання, визначають мету та план.

Точки вимірювань у круглому перерізі газоходу (див. рис. 2.5) розташовуються у кільцевій смузі з відстанями від внутрішньої стінки газоходу від $0,17 d$ до $0,33 d$, якщо середина кільця від стінки газоходу – $0,25 d$.

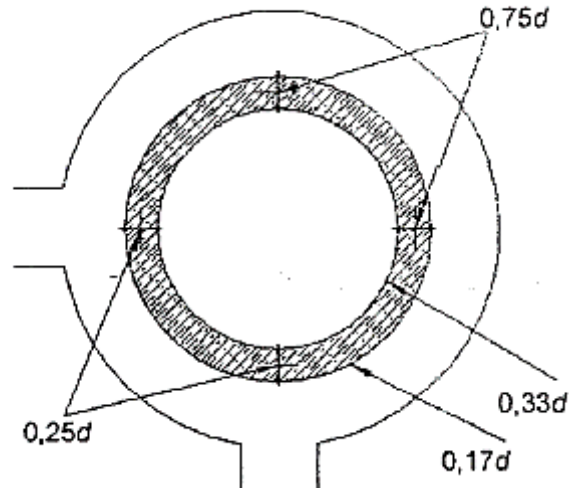


Рисунок 2.5 – Розташування точок в круглому перерізі газоходу

Таким чином, перша точка буде розташована на відстані від внутрішньої стінки газоходу $0,25 d$, а друга, із протилежного по відношенню до осі газоходу боку, на відстані $0,75 d$.

У круглих та прямокутних перерізах газоходів (рис. 2.6) із діаметром менше 200 мм і значенням L більше 5,5 вимірювання температури виконується в одній точці – у центрі газоходу.

Коли гідравлічний діаметр більше 2 500 мм вимірювання виконується на чотирьох точках:

- кільцева смуга – дві точки на двох перпендикулярних діаметрах;
- смуга вздовж периметра – на вимірювальних лініях осі газоходу по дві точки, розміщені дзеркально.

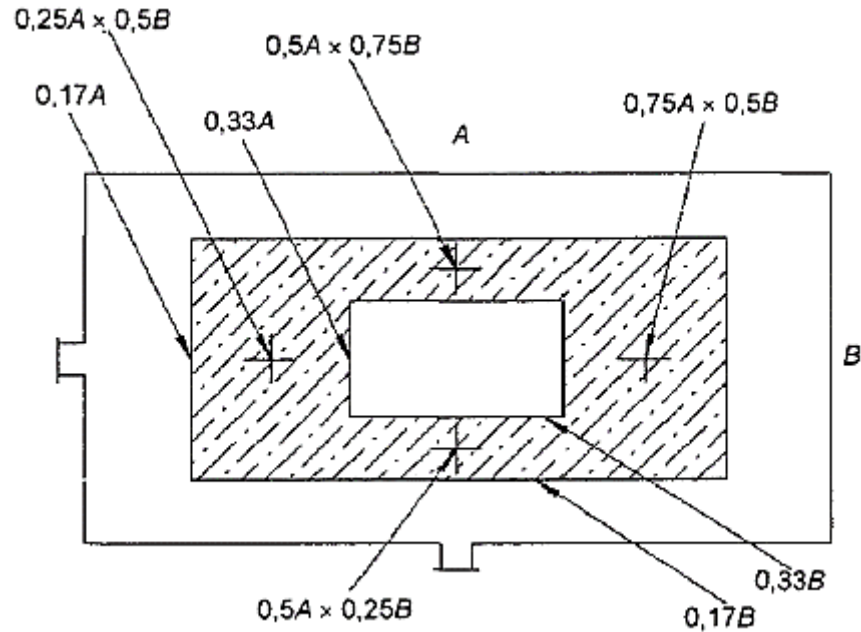


Рисунок 2.6 – Розташування точок вимірювання температури в прямокутному перерізі газоходу

Вимірювання повного тиску виконується пневмометричною трубкою вводячи її у газохід через вимірювальний порт. Якщо тиск статичний, більше 2 кПа, використовують манометр який приєднують до патрубків, виміри виконують мінімум 2 рази, щоб відстежити тиск чи швидкість на початку та наприкінці.

Вимірювання атмосферного тиску виконують барометром не менше ніж два рази – на початку та наприкінці вимірювань тисків газопилового потоку. Зонд вимірювача температури, відповідно до стандарту, використовують у кожній точці мінімум три рази, намагаючись отримати стабільні показники вимірювання тисків.

Для визначення середньої, стандартної невизначеності статичного тиску $u(\overline{P_c})$ використовують наступну формулу, відповідно до ДСТУ 8726:2017:

$$u^2(\overline{P_c}) = \frac{\sigma_{P_c}^2}{n} + \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n u^2(P_{ci}), \text{ Па.} \quad (2.1)$$

де: σ_{P_c} – середньоквадратичний відхил результатів статичного тиску за всіма n вимірювальними точками, Па;

$u(P_{ci})$ – сумарна стандартна невизначеність вимірювання статичного тиску в i -й точці, Па.

Коли кількість вимірювальних точок дорівнює 10 та менше, середньоквадратичний відхил результатів статичного тиску за всіма n вимірювальними точками σ_{P_c} обчислюється за формулою:

$$\sigma_{P_c} = d_J(P_{c,max} - P_{c,min}), \text{ Па.} \quad (2.2)$$

де: $P_{c,max}, P_{c,min}$ – максимальне, мінімальне значення статичного тиску серед n вимірювальних точок, Па;

d_J – коефіцієнт, що залежить від числа вимірювань, Па.

При наявності 10 та більше вимірювальних точок, σ_{P_c} обчислюється за формулою:

$$\sigma_{P_c} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^m (P_{ci} - \bar{P}_c)}, \text{ Па.} \quad (2.3)$$

Коли статичний тиск в i -й точці вимірюють манометром, стандартну невизначеність $u(P_{ci})$ обчислюють за наступною формулою:

$$u^2(P_c) = \frac{\sigma_{P_{ci}}^2}{J} + \frac{u_{ЗВТ}^2(P_{ci})}{J}, \text{ Па.} \quad (2.4)$$

де: σ_{P_c} – середньоквадратичний відхил результатів статичного тиску в i -й точці, Па;

$u_{ЗВТ}(P_{ci})$ – стандартна невизначеність манометра який використали для вимірювання статичного тиску, Па.

Середньоквадратичний відхил J результатів вимірювання статичного тиску в i -й точці $\sigma_{P_{ci}}$ обчислюють за формулою:

$$\sigma_{P_{ci}} = d_J(P_{ci,max} - P_{ci,min}), \text{ Па.} \quad (2.5)$$

де: $P_{ci,max}, P_{ci,min}$ – виміряні максимальне та мінімальне значення статичного тиску в i -й точці, Па;

d_J – коефіцієнт, що залежить від кількості вимірювань J , Па.

У випадку коли відома розширена невизначеність засобів вимірювальної техніки, стандартну невизначеність засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) $u_{ЗВТ}$, обчислюють за формулою:

$$u_{ЗВТ} = \frac{u_{ЗВТ}}{k}, \text{ Па.} \quad (2.6)$$

де: $u_{ЗВТ}$ – розширена невизначеність засобів вимірювальної техніки, зазначена у свідоцтві про калібрування максимальне та мінімальне значення статичного тиску в i -й точці, Па;

d_J – коефіцієнт, що залежить від кількості вимірювань J , Па.

В іншому випадку стандартна невизначеність засобів вимірювальної техніки обчислюється за формулою:

$$u_{ЗВТ} = \frac{\theta_{ЗВТ}}{\sqrt{3}}, \text{ Па.} \quad (2.7)$$

де: $\theta_{ЗВТ}$ – абсолютна похибка засобів вимірювальної техніки, що зазначається в технічних характеристиках.

Коли статистичний тиск знаходять через виміряний динамічний та повний тиски, стандарт невизначеності статичного тиску в i -й точці $u(P_{ci})$ обчислюється за формулою:

$$u^2(P_{ci}) = u^2(P_{di}) + u^2(P_{pi}), \text{ Па.} \quad (2.8)$$

де: $u(P_{di})$ – стандартна невизначеність динамічного тиску в i -й точці, Па;

$u(P_{pi})$ – стандартна невизначеність повного тиску в i -й точці, Па.

Якщо потрібна сумарна стандартна невизначеність температури $u(T_r)$, згідно з ДСТУ 8726:2017, використовують наступну формулу для обчислення:

$$u^2(T_r) = \frac{\sigma_t^2}{n} + \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n u^2(\bar{t}_{pi}), \text{ К.} \quad (2.9)$$

де: σ_t^2 – середньоквадратичне відхилення за всіма n вимірювальними точками K ;

$u(\bar{t}_{pi})$ – сумарна стандартна невизначеність середнього значення температури в i -й вимірювальній точці K .

Сумарна стандартна невизначеність значення температури в i -й точці $u(\bar{t}_{pi})$ обчислюється за формулою:

$$u^2(\bar{t}_{ri}) = \frac{\sigma_{t_{ri}}^2}{J} + \frac{u^2(\bar{t}_{ri})}{J}, K. \quad (2.10)$$

де: $\sigma_{t_{ri}}$ – середньоквадратичне відхилення J результатів вимірювання температури в i -й точці, K ;

$u(\bar{t}_{ri})$ – стандартна невизначеність вимірювача температури K .

При необхідності знаходження розширеної невизначеності статичного тиску $U(\bar{P}_c)$, у Паскалях, та температури $U(T_r)$, у Кельвінах, обчислення відбувається за наступними формулами:

$$U(\bar{P}_c) = 2 \cdot u(\bar{P}_c), K. \quad (2.11)$$

$$U(T_r) = 2 \cdot u(T_r), K. \quad (2.12)$$

2.3 Відбір проб зі стаціонарних джерел та їх транспортування

Засоби вимірювальної техніки для визначення швидкості та об'єму витрати в газоході визначаються відповідно до ДСТУ 8725 [15], засоби для тиску та температури встановлюються згідно з ДСТУ 8726 [16], а для вимірювання вологості газу в газоході використовують ДСТУ 8826 «Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення вологості газопилових потоків.» [18]. Можливе використання і інших засобів та систем, але при цьому характеристики похибок повинні бути не гірші за наявних у стандартах. Також до кожного приладу повинно бути свідоцтво про перевірку чи калібрування.

До комплекту засобів відбору проб методом зовнішньої фільтрації, згідно з ДСТУ 8812, відносять:

- зонд з наконечниками;
- фільтротримач закритий для відбирання твердих частинок;
- сітка опірنا.

До комплекту засобів відбору проб методом внутрішньої фільтрації належать:

- зонд з наконечниками;
- фільтрувальний патрон.

Зонд виготовляють з нержавіючої сталі або титану з метою забезпечення стійкості до високих температур, площа перерізу якого не має перевищувати 5% вимірювального перерізу газоходу в місці відбору проб.

Якщо зонд використовують для відбору твердих часток (див. рис. 2.7) то його кінець має бути зігнутим під прямим кутом та виходити у патрубок фільтротримача. При потребі зонда для відбору газоподібних забруднюючих речовин, забірний кінець має бути або зігнутим під прямим кутом, або зрізаний під кутом 45°. При цьому діаметр кінця зонда повинен бути 6-8 мм, а довжина – 30-50 мм.

На зонді встановлюють покажчик розміщення зрізаного чи зігнутого забірної кінця. У випадку коли температура точки компонентів газового потоку вища за температуру повітря зовні газоходу, на зонд розміщують обігрів щоб уникнути конденсацію вологи.

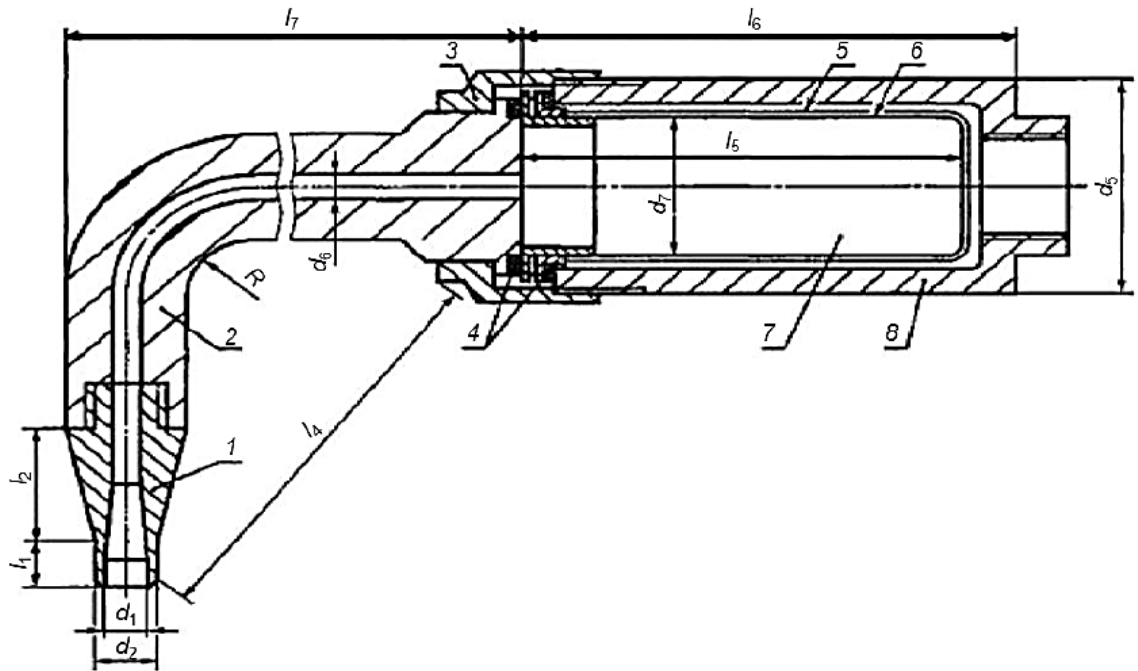


Рисунок 2.7 – Зонд для відбирання проб твердих частинок методом внутрішньої фільтрації

На рисунку 2.7 зображено конструкцію зонда для відбирання проб твердих частинок методом внутрішньої фільтрації із використанням наступних позначок: 1 – наконечник, 2 – зонд, зігнутий під прямим кутом, 3 – під'єднання фільтротримача, 4 – ущільнювачі, 5,8 – корпус фільтротримача. 6 – фільтрувальний патрон, 7 – фільтрувальний матеріал, а розміри відповідають наступним вимогам – $d_5 < 50$ мм, $d_6 > 5$ мм, діаметр патрона $d_7 = 30$ мм; $l_4 > 2R$, довжина патрона $l_5 = 70$ мм, $l_6 = 80$ мм; $l_7 \geq l_6$.

Змінні наконечники повинні бути виконані з титану чи нержавіючої сталі, з урахуванням необхідної стійкості до агресивних речовин та високих температур, а також мати обтічну форму, щоб не виникало збурення газового потоку (рис. 2.8).

Наконечник повинен мати маркування згідно діаметру та кріпитись до забірною кінця зонда.

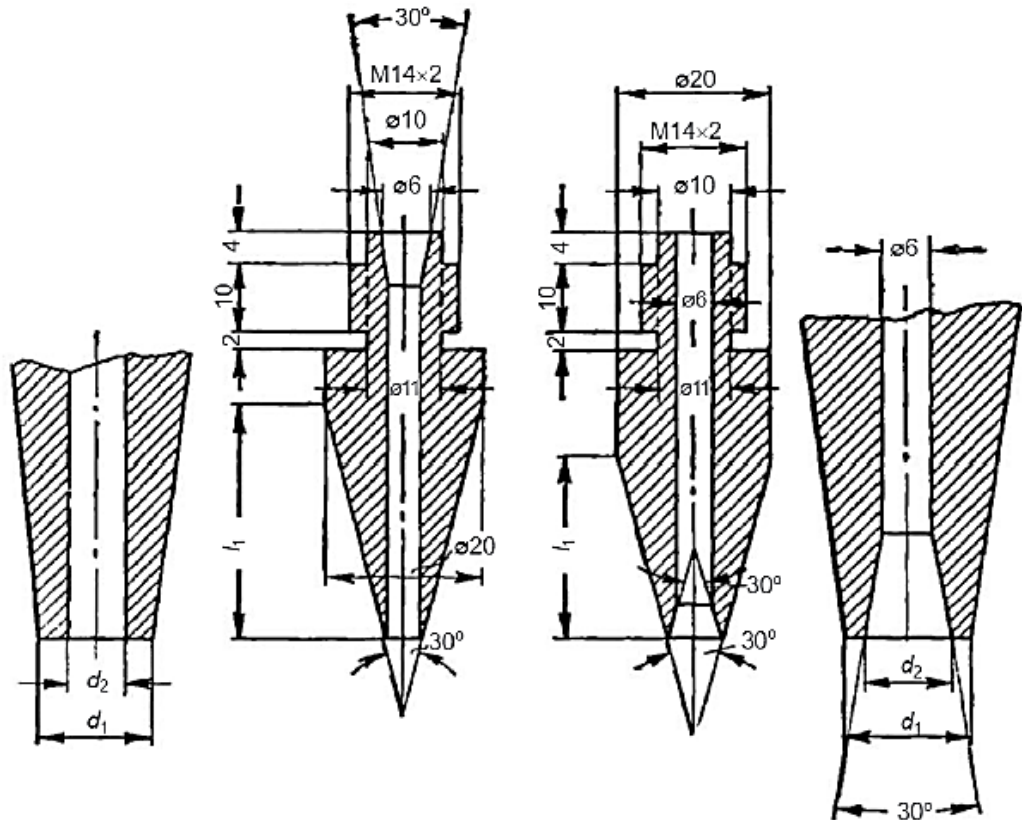


Рисунок 2.8 – Наконечники зонда для відбору твердих частинок

У фільтрувальних патронах, відповідно до ДСТУ 8812, фільтрувальний матеріал може бути різний (папір, скловолокно, тканина), через це відбір проб виконується зазвичай методом внутрішньої фільтрації. Щільність заповнення патрона фільтрувальним матеріалом перевіряють за опором повітря, при цьому використовують також опірну сітку. Ефективність уловлювання твердих частинок матеріалом відома заздалегідь з технічного паспорта чи встановлена експериментально.

Опірна сітка запобігає розриву фільтрувального елемента, її у фільтротримачі розташовують після фільтра.

Відповідно до пункту 6.1 ДСТУ 8812, відбір проб виконують у вимірювальному перерізі. Можливе розташування перерізу, який використовується для відбирання проб, на відстані один гідравлічний діаметр газоходу від вимірювального перерізу. Якщо ділянка газоходу недостатня для

місця відбирання проб, місце відбирання оснащують перед димососом за кінцевою поверхнею нагріву паливовикористовувального обладнання чи, за наявності, економайзером.

У випадку відбирання проб газоподібних забруднюючих речовин можливе обладнання з вимірювальними портами діаметром 20 мм, якщо зонд з електрообігрівом – від 30 мм до 60 мм. Якщо відбір проб здійснюється на газоходах, де використовується теплоізоляційне покриття, порти обладнують як спеціальні люки з отвором для введення зондів під прямим кутом.

Відбирання зазвичай здійснюють диференціальним чи інтегральним способом.

Для визначення очікуваної концентрації забруднюючої речовини тривалість відбирання проби T можливо визначити за формулою:

$$T_{\text{мін}} \leq T \leq T_{\text{макс}}, \text{ хв.} \quad (2.13)$$

де: $T_{\text{мін}}$ – мінімальна тривалість відбирання проби, яка є достатньою для отримання мінімального вмісту забруднюючої речовини за цією методикою вимірювання, хв.

$T_{\text{макс}}$ – максимальна тривалість відбирання проби, розрахована з недопущенням перевищення максимального вмісту забруднюючої речовини за цією методикою вимірювання, хв.

Тоді як мінімальна тривалість відбирання проби $T_{\text{мін}}$ обчислюється за формулою:

$$T_{\text{мін}} = \frac{m_{\text{мін}} \cdot k}{Q_{\text{Vp}} \cdot \rho_{\text{В}}}, \text{ хв.} \quad (2.14)$$

де: $m_{\text{мін}}$ – мінімальна маса забруднюючої речовини в аліквоті поглинального розчину чи мінімально допустима маса твердих частинок на фільтраті, мг;

k – коефіцієнт, що залежить від аналітичної процедури відповідної методики вимірювання;

Q_{Vp} – максимально допустима об'ємна витрата відбирання проби за

конкретною моделлю поглинального приладу чи розрахована об'ємна витрата для забезпечення ізокінетичного відбирання твердих частинок, $\text{дм}^3/\text{хв}$;

ρ_B - очікувана масова концентрація забруднюючої речовини, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Максимальна тривалість відбирання проби $T_{\text{макс}}$ визначається за наступною формулою:

$$T_{\text{макс}} = \frac{m_{\text{макс}} \cdot k}{Q_{Vp} \cdot \rho_B}, \text{хв.} \quad (2.15)$$

де: $m_{\text{макс}}$ – максимальна маса забруднюючої речовини в аліквоті поглинального розчину чи максимально допустима пилоємність фільтрувального матеріалу твердих частинок, мг ;

Q_{Vp} – мінімально допустима об'ємна витрата відбирання проби за конкретною моделлю поглинального приладу чи розрахована об'ємна витрата для забезпечення ізокінетичного відбирання проби твердих частинок, $\text{дм}^3/\text{хв}$;

Згідно з пунктом 8.1 МВВ № 081/12-0161-05 [19] метод внутрішньої фільтрації застосовують, якщо температура точки роси газу перевищує температуру навколишнього середовища або температура газу перед фільтруючим елементом перевищує допустиму (для фільтрів типу АФА ВП– 60 °С). В інших випадках застосовують метод зовнішньої фільтрації.

У залежності від температури газу перед фільтруючим елементом, методу відбору проб, пилоємності фільтруючого матеріалу та допустимої об'ємної витрати застосовують такі фільтруючі матеріали:

– при температурі газу перед фільтруючим елементом до 60 °С та відборі проб методом зовнішньої фільтрації застосовуються фільтри типу АФА ВП: АФА-ВП-20 з пилоємністю до 100 мг та допустимою об'ємною витратою газу до 140 $\text{дм}^3/\text{хв}$.; АФА-ВП-10 з пилоємністю до 50 мг та допустимою об'ємною витратою газу до 70 $\text{дм}^3/\text{хв}$.

При використанні фільтрів типу АФА-ВП-20 та АФА-ВП-10 у фільтроутримувач під фільтр встановлюють опірну сітку.

При відборі проб методом внутрішньої фільтрації, якщо температура

газу перед фільтруючим елементом не перевищує 350 °С, в якості фільтруючого матеріалу застосовують скловолокно, у протилежному випадку – азбестове волокно.

Згідно з пунктом 8.8 МВВ 081/12-0161-05, у залежності від визначеного методу відбору проб, після виконання розрахунків у фільтроутримувач встановлюють фільтр або в головку зонда встановлюють патрон та перевіряють установку на герметичність.

На зонд за допомогою рулетки наносять позначки, що відповідають координатам точок. При наявності патрубків їх виступ вимірюють штангенциркулем та на величину отриманого значення зміщують позначки.

Обережно, не торкаючись внутрішньої стінки газоходу, через вхідний отвір, обладнаний для відбору проб, у газохід вводять зонд та герметизують вхідний отвір газоходу.

Якщо температура газопилового потоку вища ніж температура зовні газоходу, установку прогрівають протягом 5 - 10 хв. для виключення можливості конденсації вологи в зонді.

Повертають зонд таким чином, щоб вхідний отвір був чітко спрямований назустріч напрямку газового потоку та знаходився в першій точці відбору проб по перерізу газоходу. Вмикають пристрій аспіраційний та по ротаметру встановлюють відповідну об'ємну витрату газу та вмикають секундомір.

У процесі відбору проб вимірюють температуру газу перед ротаметром – термометром, розрідження перед ротаметром – манометром, атмосферний тиск – барометром-анероїдом.

При переміщенні зонда по точках перерізу газоходу та його вийманні не допускається дотикання змінним наконечником внутрішньої стінки газоходу.

При інтегральному способі відбору проб та дотриманні умови за позначками, нанесеними на зонд, зонд послідовно переміщують у визначені точки перерізу газоходу.

За відсутності необхідності заміни наконечника в кожній точці або групі точок перерізу газоходу відбір проб виконують із відповідною об'ємною витратою газу.

За результатами розрахунків, у точках або групах точок перерізу газоходу відбір проб, якщо необхідно, виконувати з застосуванням змінних наконечників різних діаметрів. Тривалість відбору в кожній в і-тій точці повинна бути однаковою. Тривалість відбору кожної точкової проби повинна бути однаковою. Серія точкових проб n' , відібраних по всіх визначених точках перерізу газоходу, складає об'єднану пробу. Загальний час відбору об'єднаної проби повинен становити 20 хв.

По закінченні часу відбору проби зонд виймають із газоходу. Встановлюють у вертикальне положення та, не виймаючи фільтр або патрон, обережно постукують по зонду та змінному наконечнику для струшування пилу, який міг осісти на їх внутрішній поверхні.

Після очищення зонда виконують заміну фільтра або патрона та приступають до відбору наступної проби.

Упаковані фільтри або патрони транспортують і зберігають до аналізу так, щоб уникнути їх механічного пошкодження.

За умов лабораторії проби можуть зберігатися протягом 3 місяців. Якщо відібрані проби передбачено для вимірювання масових концентрацій складових компонентів пилу, термін і умови зберігання фільтрів визначаються відповідними методиками виконання вимірювань.

Під час відбору проб складають Акт відбору проб із додатком «Розрахунок витрати газу при відборі проб речовин у вигляді суспендованих твердих частинок», форми яких затверджено наказом Мінекоресурсів.

3. ПОРЯДОК МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ

3.1 Нормативно-правові акти спрямовані на контроль за викидами парникових газів

У контексті Рамкової конвенції ООН, що спрямована на зміни клімату, українським законодавством було розглянуто реалізацію Кіотського протоколу на який посилається велика кількість актів та документів, наприклад: законодавчі документи (рис. 3.1) та нормативно-правові акти (рис. 3.2).

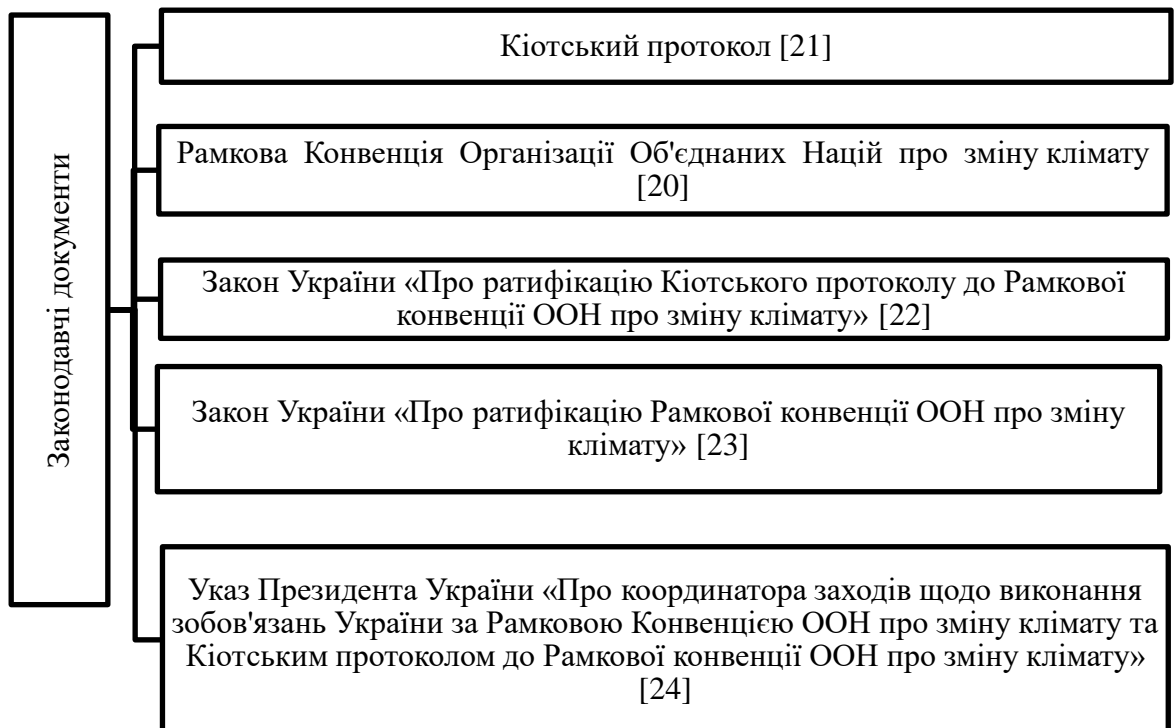


Рисунок 3.1 – Законодавчі документи в Рамковій конвенції ООН

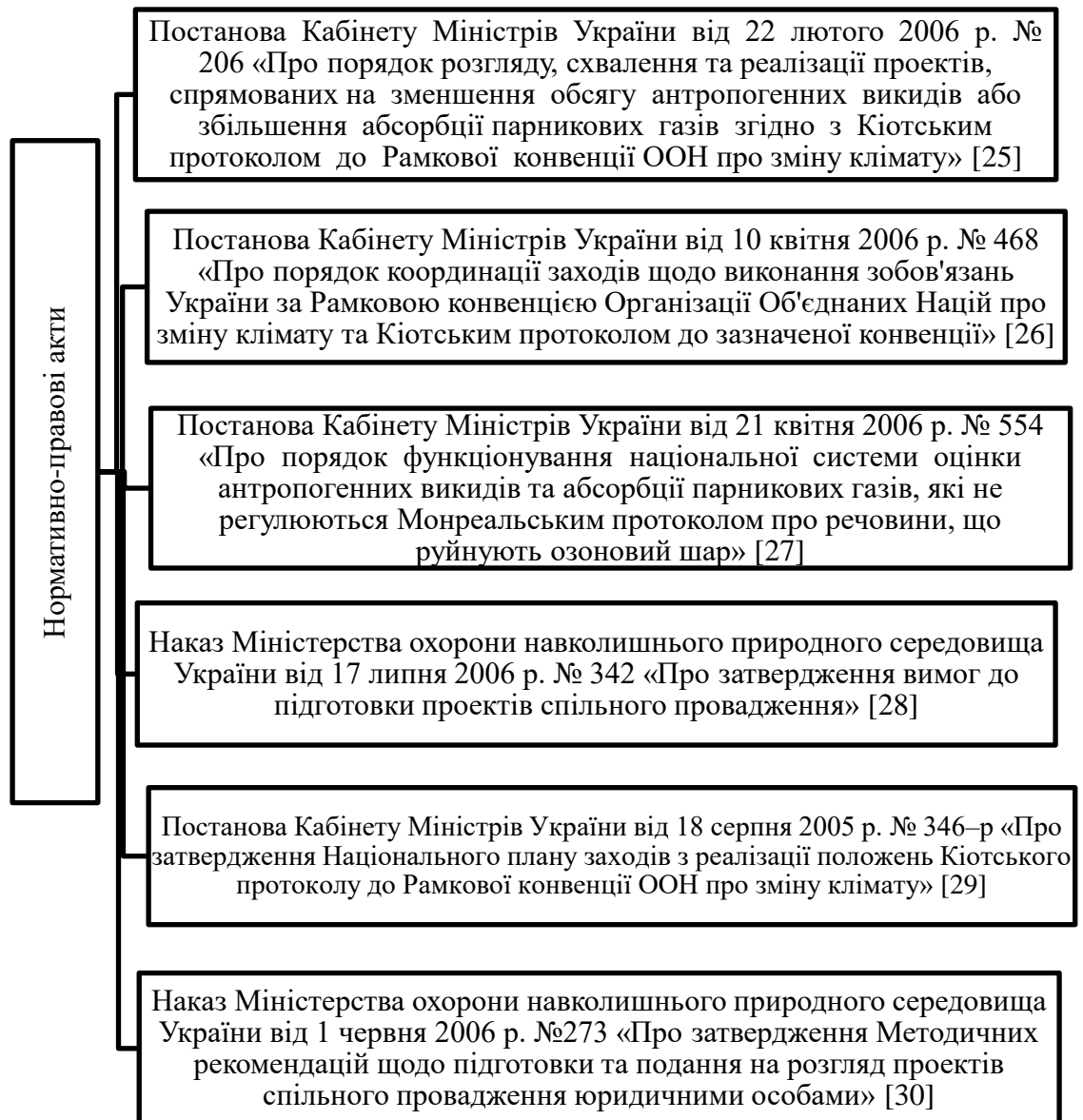


Рисунок 3.2 – Нормативно-правові акти в Рамковій конвенції ООН

На шляху реалізації Кіотського протоколу до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату було винесено перелік обов'язкових до виконання заходів, що включали в себе: нову Національну систему обліку та оцінки антропогенних викидів парникових газів, нову інфраструктуру для проектів та їх реалізації, новий план заходів для мінімізації наслідків змін клімату, видання і створення повідомлень національного рівня стосовно питань змін

клімату, нові нормативно-правові акти для регулювання викидів та знешкодження парникових газів.

3.2 Постанова про порядок здійснення моніторингу та звітності

Постанова КМУ була створена відповідно до частини пункту 3 першої статті 6 Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» [12].

Моніторинг охоплює викиди парникових газів в результаті провадження оператором діяльності на установці. Звітність та моніторинг мають бути повні, охоплювати викиди від усіх парникових газів що передбачені характерним родом діяльності, від спалювання та технологічних процесів усіх джерел викидів та всіх матеріальних потоків, що відносяться до певного виду діяльності. Для забезпечення точності моніторингу оператор повинен здійснювати певні заходи, такі як стеження за точністю даних та систематичних похибок, знаходження і усунення неточностей, влаштування максимальної можливої точності вимірювань і розрахунків викидів парникових газів.

Оператор має визначати до якої категорії (див. рис. 3.3) відноситься установка та категорію кожного з матеріальних потоків.

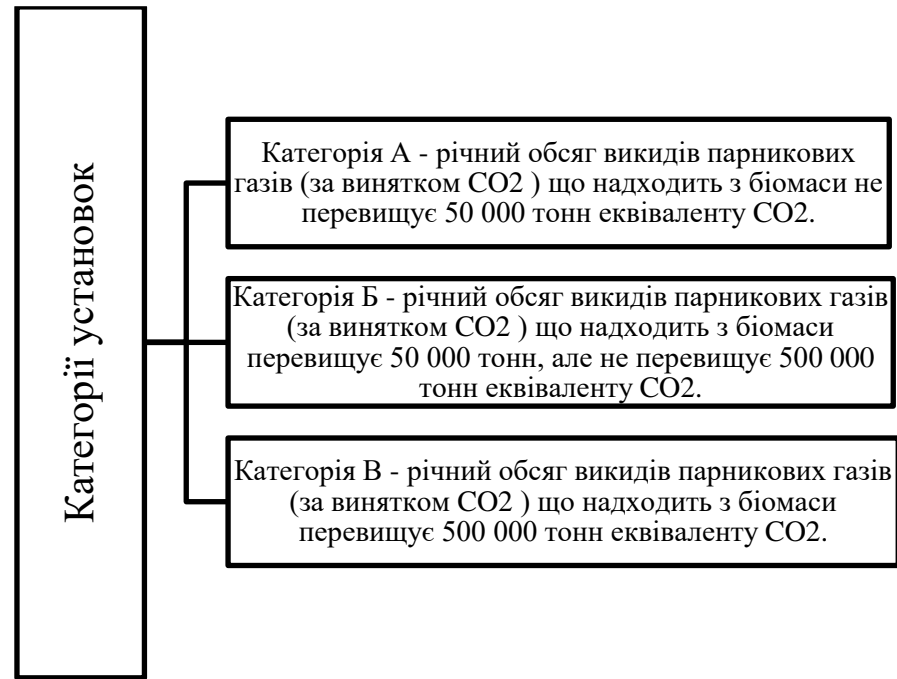


Рисунок 3.3 – Категорії установок матеріального потоку

Моніторинг викидів від установок має здійснюватися оператором за методиками в основу яких покладені розрахунки чи неперервні вимірювання. Якщо методика на основі розрахунків, то вона базується на матеріальних потоках діяльності, а саме викидах парникових газів. Визначення відбувається шляхом застосування значень за замовчуванням або розрахункових коефіцієнтів, які отримали шляхом проведення лабораторних аналізів. Методика може бути стандартною чи методикою балансу мас, якщо вона на основі розрахунків. Для такої методики оператор повинен встановити план моніторингу за стандартною методикою або методикою балансу для кожного матеріального потоку.

Якщо методика на основі постійних вимірювань, то відповідно вона визначається у неперервному вимірюванні концентрації парникових газів у об'ємі вихідного газу та газового потоку. Оператор може повідомити про неможливість застосування методики моніторингу, при цьому він обґрунтовує повідомлення вказуючи відсутність чи наявність технічних можливостей, доступність обладнання, технологій для своєчасного застосування системи

для виконання вимог Порядку. Це обґрунтування враховується уповноваженим органом для оцінки технічної здійсненності.

У випадках коли відсутні дані про середній річний обсяг викидів парникових газів матеріального потоку за три роки, оператор надає консервативну оцінку середньорічних викидів, окрім CO₂ біомаси.

Коли виникають технічні причини для встановлення точності, оператор використовує максимально можливий рівень точності до моменту застосування рівня точності що потребує план моніторингу. Також оператор повинен відразу проінформувати уповноважений орган про зміни у визначенні рівня точності.

Визначення даних роботи матеріального потоку можливе такими способами:

- постійні вимірювання для спостереження за виникненням викидів парникових газів;
- визначення змін у запасах палива чи матеріалу, та на основі цієї інформації – підсумок вимірювань окремих обсягів.

Для цих способів оператор віднімає матеріал від обсягу палива, згідно до звітного періоду, та додає різницю обсягу запасу палива чи матеріалу на початок і кінець звітного періоду. Якщо установка має низькі обсяги палива або матеріалів – використовують задокументовані, наявні записи по закупівлі та розрахункам бухгалтерського обліку складських запасів. Коли результати даних про діяльність звітного періоду за календарним роком є нездійсненні чи можуть призвести до необґрунтованих витрат оператор відокремлює звітний період від наступного та здійснює узгодження з необхідним календарним роком.

Оператор для визначення даних про діяльність систем вимірювань може використовувати такі джерела даних:

- обсяги у розрахунках торгівельних партнерів;
- показники систем вимірювання.

Також оператор може використати максимально допустиму похибку експлуатації за документальним підтвердженням, якщо вона, будучи встановленою законодавством, є менш критичною, за невизначеність прийняту для рівня точності.

Коли установка має низькі обсяги викидів парникових газів використовується спрощений план моніторингу. Установка вважається такою за наявності середньорічного обсягу викидів менш ніж 25 тонн еквіваленту CO₂. Якщо така установка перевищує вказаний поріг оператор може провести спрощений моніторинг, за умови обґрунтування уповноваженому органу, що поріг не буде перевищений в наступні п'ять років за звітним періодом. Також за критеріями встановленими до простих установок, установка повинна використовувати тільки біомасу чи природний газ для спалювання або, якщо установка використовує тільки стандартизовані комерційні види палива, без викидів парникових газів від технологічних процесів.

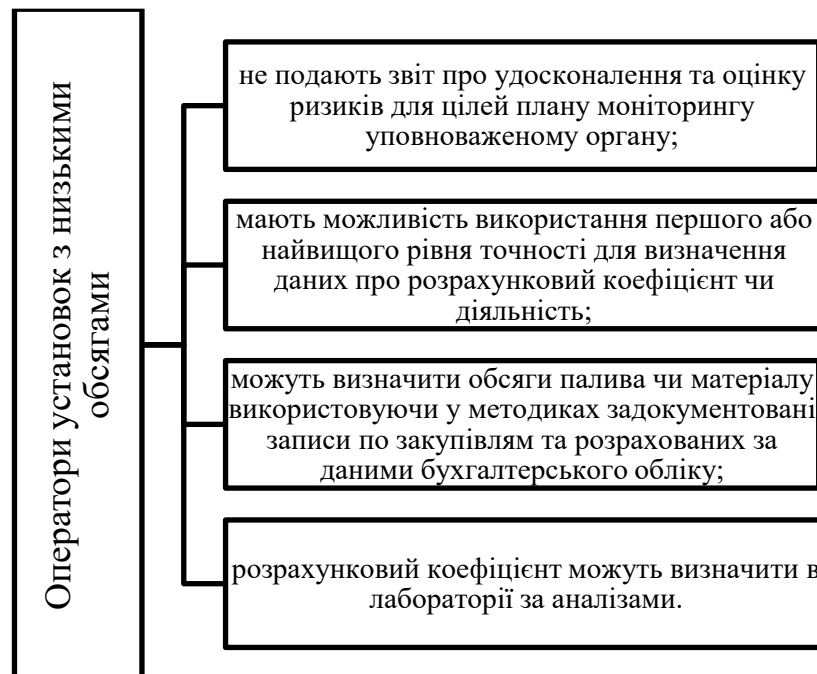


Рисунок 3.4 – Можливості операторів установок низьких обсягів викидів парникових газів

Оператори визначають обсяг компетентного CO₂ за межами установок і на установці з якої його передано, тому у звітах обох операторів обсяги CO₂ мають бути однакові, CO₂ що надходить та міститься на установці у вторинних чи природному газі, а також коксовому газі, враховується у коефіцієнті викидів парникових газів для такого палива. Якщо CO₂ надходить у повітря за межі установки де діяльність не підлягає врахуванню, то обсяг враховується у викиди газів від установки якої надходить компетентний CO₂.

Оператор має документувати, впроваджувати та підтримувати процедури обробки даних для моніторингу та звітності стосовно викидів парникових газів, та простежити, щоб звіт був підготовлений згідно плану моніторингу, Порядку та письмових процедур. Система контролю встановлена оператором складається з оцінки ризиків системи контролю та письмових процедур встановлених для зменшення виявлення ризиків.

Ефективність системи контролю проходить перевірку оператором, де береться до уваги верифікація, а саме її результати отримані в процесі верифікації звіту оператором, згідно з Порядком верифікації. Якщо система контролю неефективна, з ризиками, оператор має її вдосконалити, внести зміни до плану моніторингу, процедур обробки даних, заходів з контролю, оцінки ризиків.

Іноді для забезпечення якості необхідним є використання показника гранично допустимих викидів в якості базового параметру для калібрування і перевірок на відповідність. Замість такого показника можна використати середньорічну погодинну концентрацію парникового газу. Якщо виникають невідповідності, оператор повинен протягом п'яти робочих днів оповістити уповноважений орган та виконати коригувальні дії.

Критерії для відхилення помилкових даних повинні бути розписані у письмових процедурах. Їх визначає оператор як складову частини перевірки та підтвердження даних. Якщо складова неефективна оператор здійснює

коригувальні дії, при цьому намагається уникнути заниження обсягу викидів парникових газів.

З цією метою оператор має виконувати такі заходи:

- оцінити заходи стосовно контролю та обробки даних;
- визначити причини помилок чи незадовільної роботи;
- використати коригувальні дії, виправити помилкові дані у звіті.

Коригування та виправлення виконується таким чином, щоб відповідати заходам реагування на властиві та системні ризики контролю, що виявляються під час проведення оцінки ризиків згідно з Порядком.

Дані моніторингу в архіві надають можливість виконати верифікацію звіту оператора згідно з Порядком. Звітні дані, які розміщені в Єдиному реєстрі з моніторингу, верифікації і звітності парникових газів, можуть зберігатися оператором, якщо у нього є доступ до цих даних. Оператор надає доступ до інформації для здійснення державного контролю в напрямку моніторингу, верифікації та звітності згідно з законодавством.

Звіт оператора повинен охоплювати річні викиди парникових газів за звітний період, який є задовільним згідно з Порядком верифікації, що надалі подається уповноваженому органу. Уповноважений орган повинен здійснити оцінку викидів парникових газів у випадку якщо оператор не подав звіт в строк встановлений Порядком або якщо звіт не відповідає вимогам Порядку чи не пройшов верифікацію та є не задовільним. Коли верифікатор зазначає у верифікаційному звіті про наявні викривлення, що не стали виправлятися оператором, уповноважений орган оцінює це та може виконати консервативну оцінку викидів парникових газів сам та вказати які поправки необхідно внести у звіт оператора. Річні викиди парникових газів вказуються в звіті значеннями округленими до тонн CO₂ чи еквіваленту CO₂. Округлення значень відбувається до десяткових знаків, які є необхідними для правильного обчислення та звітності парникових газів. Звіту, в якому вдосконалення формується за стандартною формою, що затверджується Мінекоенерго, тобто

в нього входять вдосконалення моніторингу та перелік невідповідних даних, які підлягають усуненню, також надаються рекомендації верифікатором для його вдосконалення. Якщо оператор вважає рекомендовані заходи на вдосконалення недоречним, такими що можуть призвести до необґрунтованих витрат, він повинен навести обґрунтування своєї позиції у звіті про вдосконалення [12].

3.3 Зменшення викидів парникових газів України

В рамках Кіотського протоколу було створено схему передачі частини квот для проектів, що впроваджуються, базуючись на спільній роботі. Це можливо компенсувати за рахунок скорочення фактичних викидів під час реалізації проектів.



Рисунок 3.5 – Заходи для обов’язкового виконання відповідно до Протоколу

Україна повинна працювати над підвищенням енергоефективності виробництва та енергозбереження. Завдання стосовно енергозбереження

визначаються державною комплексною програмою енергозбереження і спрямовані на зниження енергоємності валового внутрішнього продукту.

Для цього необхідними є виконання наступних заходів: залучення нових, сучасних приладів, збільшення використання шахтного метану та вторинних енергоресурсів, покращення якості вугілля та електричних мереж.

Як варіант виходу на новий рівень – внутрішня торгівля викидами, але вона поки що не є реалізованою, так як немає економічної необхідності, але система може бути корисною у якості додаткового контролю за парниковими газами, на що вказує наступне:

- необхідність постійного росту енергоефективності економіки, щоб бути менш залежними від зовнішніх партнерів;
- необхідність контролю за продажем національної квоти на викиди;
- необхідність системи внутрішньої торгівлі викидами для збільшення економічної вигоди від проектів спільного характеру.

Для внутрішньої системи торгівлі викидами необхідна система, яка дозволить розділити дозволи на викиди підприємств та галузей промисловості, що буде задовольняти плани розвитку та вимоги національної економіки.

При розділенні дозволів між підприємствами необхідно приймати до уваги такі показники економічного характеру: викиди парникових газів підприємствами (поточні та прогнозовані), потенціал та витрати різних галузей промисловості, спрямовані на скорочення викидів, енергоємність експорту і валютні надходження для майбутнього попиту на експортну продукцію, розподіл дозволів на викиди за конкурентоспроможністю, пріоритетність реформ у промисловості в разі виникнення необхідності подолання економічних проблем.

У промисловості до напрямків екологічної політики входить:

- збільшення використання екологічних технологій та техніки;
- збільшення технологій експлуатації відновлювальних ресурсів;

- стимулювання економічного характеру ресурсо- та енергозбереження;
- збільшення поставок на ринок засобів устаткування, автоматизації, приладів для охорони навколишнього природнього середовища;
- створення ринку екологічно чистих послуг та робіт.

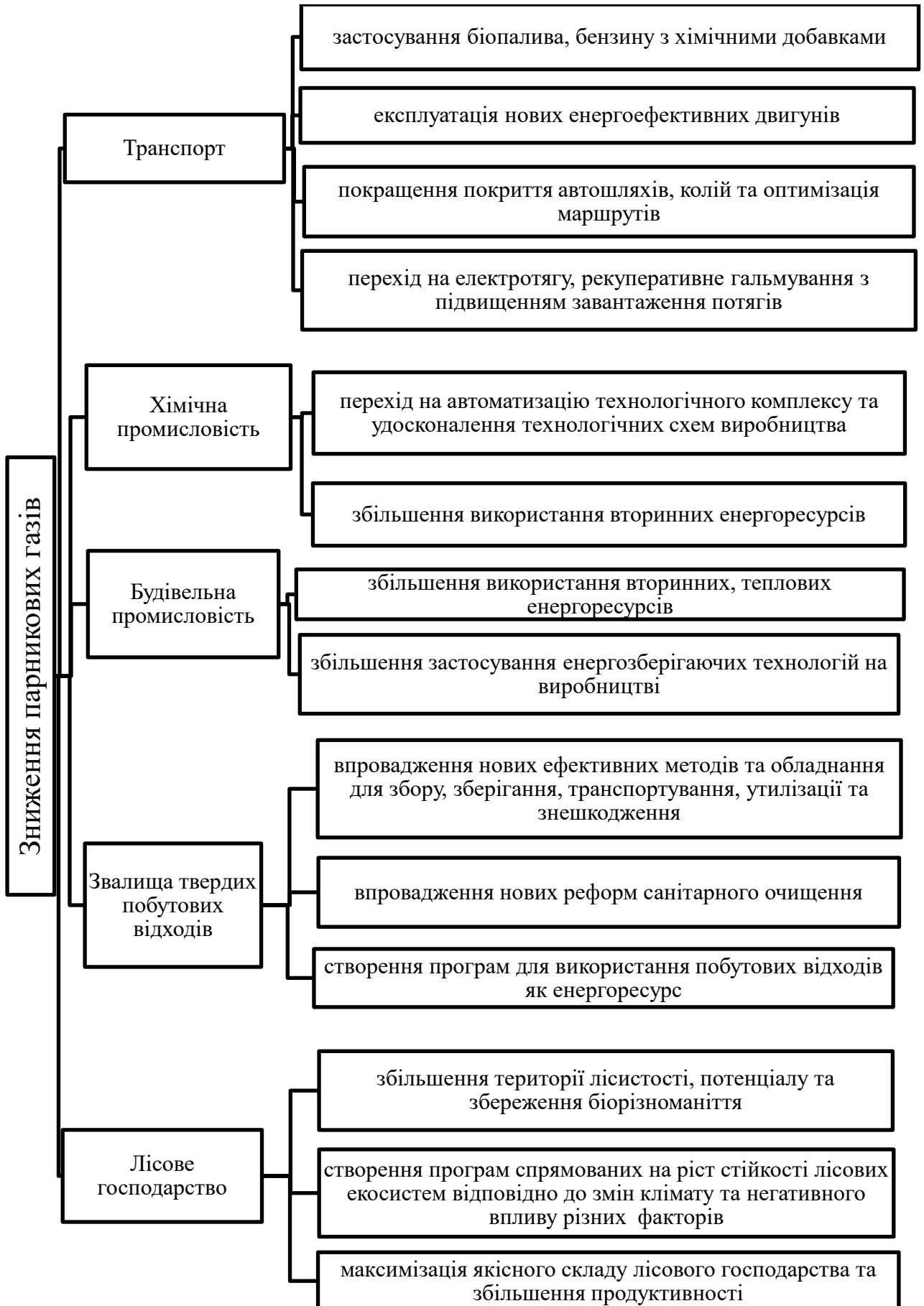


Рисунок 3.6 – Заходи для зниження парникових газів в різних галузях

Збільшення рівня ефективного застосування палива та енергії у металургії планується за рахунок покращення технологічних процесів і збільшення кількості застосування вторинних енергоресурсів.

Мінімізація викидів парникових газів та зменшення споживання енергоресурсів нафтопереробної та нафтогазової галузі можлива шляхом таких заходів:

- застосування нових газоперекачувальних агрегатів, та заміна на них газотурбінних приводів на електричні;
- утилізація газу дегазації конденсату та компресорних станцій, з подальшим застосуванням нових схем електричної та когенераційної теплової енергії;
- раціональне застосування вторинних енергоресурсів.

Наприклад, тільки збільшення коефіцієнту корисної дії газоперекачувальних агрегатів на 10% вже зменшить викиди CO₂ на 2 млн. т на рік.

На зменшення викидів нафтової галузі спрямовані такі пункти:

- використання нових методів видобутку нафти та селективної хімічної обробки свердловини;
- збільшення швидкості бурових свердловин;
- введення нових каталізаторів, процесів переробки нафти, когенераційних установок;
- утилізація супутнього нафтового газу;
- встановлення на насосних установках частотно регульованих електроприводів.

Дії спрямовані на мінімізацію викидів парникових газів повинні базуватися не лише на динаміці викидів, але і на структурних та системних заходах, які можуть дати більший ефект екологічного характеру, попри це існуючий недолік, який полягає в тому, що подібні заходи можуть бути

відкладені у виконанні на невідомий термін у зв'язку з відсутністю їх рентабельності.

Наприклад, Китай в результаті структурних реформ в економіці зміг досягти збільшення рівня енергоефективності і, як наслідок – зменшення викидів парникових газів в атмосферу. Одним із найпоширеніших механізмів пом'якшення змін клімату є зменшення викидів парникових газів безпосередньо з джерел викидів. В той же час вчені все більше зосереджують увагу на механізмі вилучення парникових газів з атмосфери, що базується на біологічній секвестрації. Також набуває розвитку механізми утримання та зберігання вуглецю небіологічними засобами з метою депонування вуглецю у геологічних формуваннях, повторного введення вуглецю в газові та нафтові родовища і зберігання його на дні океану. Проте під питанням залишаються технологічна складність таких проектів, безпека їхньої експлуатації та потенційні загрози біорізноманіттю. У Рамковій конвенції ООН про зміну клімату [20] та Кіотському протоколі [21] містяться посилання на механізм адаптації до змін клімату. В першу чергу це стосується країн, що є особливо вразливими до таких змін, та найбідніших країн.

4 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

4.1 Збір та організація даних

Сучасні станції моніторингу якості атмосферного повітря надають значення вимірюваних ними показників переважно через певні проміжки часу, наприклад, декілька годин. Крім того, усі отримані дані зберігаються і накопичуються у тій чи іншій формі, яка в свою чергу залежить від конкретної реалізації платформи моніторингу.

Український проект SaveEcoBot [31] органічно об'єднує в собі агрегатор даних з багатьох платформ, зручну інтерактивну мапу з кольоровим відображенням значення індексу якості повітря (AQI PM2.5) на даний момент часу, екологічний чат-бот, що поєднує дані про забруднення, забруднювачів та інструменти захисту довкілля, а також статистичні та аналітичні відомості стосовно екологічних податків, перевірок тощо. Вкрай важливим є те, що даний проект надає API для отримання актуальних даних з усіх станцій моніторингу, що встановлені переважно у місті Дніпро та інших містах України, єдиним запитом [36]. Також існує можливість вручну завантажити так звані первинні дані з обраної станції за весь час спостереження.

У разі, якщо виникає потреба у обробці даних з інших станцій моніторингу у світі необхідно буде підлаштовуватися під кожну конкретну платформу, що надає відповідні дані, адже єдиний стандарт даних, що надаються, відсутній. Дані можуть надаватися у різних форматах файлів (як у зручних таблицях форматів *.csv, *.xls, так і у звичайних текстових *.txt файлах) і навіть якщо це файли таблиць, дані в них організовані так, як вважають за доцільне провайдери платформи, інколи навіть стихійно і нераціонально, без огляду на те, що ці дані можуть бути використані дослідниками. Яскравим прикладом є дані, що надає Лабораторія глобального

моніторингу Національного управління океанічних і атмосферних досліджень США [32]. Проте принаймні стандартизованими є формули, за якими розраховуються відповідні індекси, та самі вимірювані показники [33]. Важливим моментом є те, що необхідні дані здебільшого знаходяться у вільному доступі і можуть бути використані будь-якими зацікавленими особами.

Виходячи з того, що актуальними для жителів міста Дніпро будуть дані, що стосуються саме їх міста, логічним буде обрати як джерело даних моніторингу саме проект SaveEcoBot [31]. Як вже зазначалося, дані цього проекту можуть бути отримані у двох формах, кожна з яких є корисною в залежності від мети застосування: JSON та CSV.

4.1.1 Дані окремої станції моніторингу у CSV-форматі.

Дані у форматі *.csv, що отримані з конкретної станції моніторингу, є первинними, тобто необробленими, і являють собою таблицю з наступними стовпчиками: `device_id`, `phenomenon`, `value`, `logged_at`, `value_text` (рис. 4.1). Детального пояснення щодо організації даних у проекті не наведено, проте, відштовхуючись від опису даних безпосередньо на сайті SaveEcoBot, можливо співставити параметри та їх значення в таблиці.

	A	B	C	D	E
1	<u>device id</u>	<u>phenomenon</u>	<u>value</u>	<u>logged at</u>	<u>value text</u>
2	61	no2	111.0000	2019-03-21 09:53:17	NULL
3	61	h2s	0.0000	2019-03-21 09:53:17	NULL
4	61	so2	0.0000	2019-03-21 09:53:17	NULL
5	61	co	0.0000	2019-03-21 09:53:17	NULL
6	61	o3	586.0000	2019-03-21 09:53:17	NULL
7	61	nh3	170.0000	2019-03-21 09:53:17	NULL
8	61	pm25	7.0000	2019-03-21 09:53:17	NULL
9	61	pm10	9.0000	2019-03-21 09:53:17	NULL
10	61	humidity	33.9200	2019-03-21 09:53:17	NULL
11	61	pressure	101485.0100	2019-03-21 09:53:17	NULL
12	61	solar	573.0000	2019-03-21 09:53:17	NULL
13	61	temperature	12.9000	2019-03-21 09:53:17	NULL
14	61	wind direction	NULL	2019-03-21 09:53:17	Пд.
15	61	wind power	0.5100	2019-03-21 09:53:17	NULL
16	61	no2	114.0000	2019-03-21 10:11:44	NULL
17	61	h2s	0.0000	2019-03-21 10:11:44	NULL
18	61	so2	0.0000	2019-03-21 10:11:44	NULL
19	61	co	0.0000	2019-03-21 10:11:44	NULL
20	61	o3	595.0000	2019-03-21 10:11:44	NULL
21	61	nh3	170.0000	2019-03-21 10:11:44	NULL
22	61	pm25	6.0000	2019-03-21 10:11:44	NULL
23	61	pm10	9.0000	2019-03-21 10:11:44	NULL
24	61	humidity	33.7400	2019-03-21 10:11:44	NULL
25	61	pressure	101458.3500	2019-03-21 10:11:44	NULL
26	61	solar	447.0000	2019-03-21 10:11:44	NULL
27	61	temperature	13.0800	2019-03-21 10:11:44	NULL
28	61	wind direction	NULL	2019-03-21 10:11:44	Пд.Сх.

Рисунок 4.1 – Фрагмент таблиці первинних даних, завантажених зі станції моніторингу

Таким чином, `device_id` – унікальний ідентифікатор станції моніторингу, яка і надає виміряні значення параметрів якості повітря. Значення даного стовпця числове. Наприклад, ідентифікатор станції моніторингу, що знаходиться на вулиці Батумська, 20А, - 61.

`phenomenon` – стовпчик із текстовими значеннями, які надають інформацію про те, який саме параметр виміряно станцією. Можливі наступні значення даного стовпчика:

no2 – діоксид азоту,

h2s – сірководень,

so2 – діоксид сірки,

co – чадний газ,
 o3 – озон,
 nh3 – аміак,
 pm25 – дрібні тверді частки,
 pm10 – тверді частки,
 humidity – відносна вологість,
 pressure – атмосферний тиск,
 solar – сонячна радіація,
 temperature – температура,
 wind_direction – напрямок вітру,
 wind_power – швидкість вітру.

У таблиці ці 14 параметрів йдуть саме у вищезазначеному порядку і у ньому ж повторюються для іншого часу вимірювання.

value – значення вимірюваного параметру відповідно до запису у стовпчику phenomenon. Усі наведені значення числові окрім значення параметру wind_direction - воно завжди NULL, тобто порожнє поле, яке не має жодного значення. Стосовно одиниць вимірювання даних параметрів, то емпірично виявлено, що у *.csv-таблиці вони наступні. Для усіх параметрів, що відображають кількість шкідливої речовини в повітрі (no2, h2s, so2, co, nh3, pm25, pm10) це мкг/м³, для humidity – відсотки (%), для pressure – паскалі (Па), для solar – вати на квадратний метр (Вт/м²), температура виміряна у градусах Цельсія (°C), wind_power – у метрах на секунду (м/с). Важливо пам'ятати, що у таблиці наведено первинні дані, які в інтерфейсі платформи деінде переводяться у інші одиниці виміру, тобто є результатом обробки первинних даних. Так, для кількості шкідливої речовини в повітрі окрім значень у мкг/м³ наведені дані ще і у так званих мільярдних частках (ppb - parts per billion), а атмосферний тиск відображено у гектопаскалях (гПа), ймовірно для зручності сприйняття, адже звичайний атмосферний тиск становить 1000 гПа. Тому,

наприклад значення атмосферного тиску у таблиці первинних даних зазначено 101485.0100 (Па), а користувач сервісу платформи спостерігає 1014.85 (гПа).

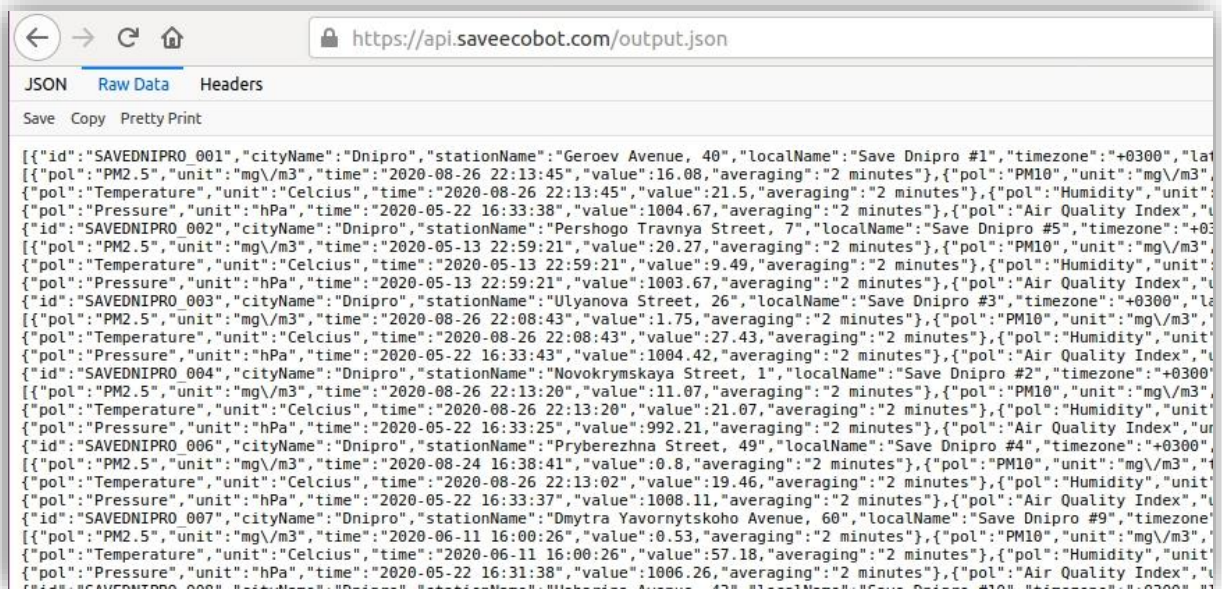
logged_at – дата і час запису вимірюваних станцією моніторингу значень параметрів. Запис здійснюється у форматі “рік-місяць-день години:хвилини:секунди“. Наприклад, 2019-03-21 09:53:17. Запис усіх значень параметрів здійснюється в один і той же час. Так чином, значення саме цього стовпчика, дозволяють дослідити динаміку зміни вимірюваних параметрів.

Останній стовпчик value_text містить переважно порожні значення (NULL), крім тих елементів, що відповідають записам wind_direction. Оскільки у стовпці value вони не мають значень, то напрямок вітру зазначається саме у цьому, останньому стовпці у текстовому вигляді. Наприклад, «Пн.» (Північний), «Пд.Сх.» (Південно-східний). Очевидно, це зроблено розробниками з метою запобігти змішування типів даних у стовпцях та більш зручної роботи з ними. Тому, значення у стовпці value виключно числові, що значно спрощує операції по їх обробці та запобігає виникненню помилок, а у value_text – текстові, звідки текст береться у незмінному вигляді.

4.1.2. Дані з усіх станцій моніторингу у JSON-форматі.

Дані, що отримуються у форматі JSON, як відповідь на запит за посиланням «<https://api.saveecobot.com/output.json>», містять з одного боку меншу кількість вимірюваних параметрів, з іншого - це найновіші дані з кожної станції моніторингу якості повітря, які було зібрано проектом Save Dnipro [34]. Крім того відповідь містить більш детальні відомості про кожну станцію моніторингу, адже незважаючи на назву проекту (Save Dnipro) станції розташовані у багатьох містах по всій Україні. Як і в попередньому форматі, деталізованого опису даних у самому проекті не наведено, але самі дані відповіді описані вичерпно і зрозуміло.

На рисунку 4.2 представлено фрагмент JSON-відповіді в первинному вигляді, а на рисунку 4.3 – той же фрагмент, але форматований браузером Mozilla Firefox для кращого візуального сприйняття.



```
[{"id": "SAVEDNIPRO_001", "cityName": "Dnipro", "stationName": "Geroev Avenue, 40", "localName": "Save Dnipro #1", "timezone": "+0300", "lat": 49.2833, "lon": 31.2167}, [{"pol": "PM2.5", "unit": "mg/m3", "time": "2020-08-26 22:13:45", "value": 16.08, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "PM10", "unit": "mg/m3", "time": "2020-08-26 22:13:45", "value": 21.5, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Humidity", "unit": "%", "time": "2020-08-26 22:13:45", "value": 75, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Temperature", "unit": "Celcius", "time": "2020-08-26 22:13:45", "value": 21.5, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Pressure", "unit": "hPa", "time": "2020-05-22 16:33:38", "value": 1004.67, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Air Quality Index", "unit": "AQI", "time": "2020-05-22 16:33:38", "value": 100, "averaging": "2 minutes"}], {"id": "SAVEDNIPRO_002", "cityName": "Dnipro", "stationName": "Pershogo Travnja Street, 7", "localName": "Save Dnipro #5", "timezone": "+0300", "lat": 49.2833, "lon": 31.2167}, [{"pol": "PM2.5", "unit": "mg/m3", "time": "2020-05-13 22:59:21", "value": 20.27, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "PM10", "unit": "mg/m3", "time": "2020-05-13 22:59:21", "value": 27.43, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Humidity", "unit": "%", "time": "2020-05-13 22:59:21", "value": 94.9, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Temperature", "unit": "Celcius", "time": "2020-05-13 22:59:21", "value": 9.49, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Pressure", "unit": "hPa", "time": "2020-05-22 16:33:25", "value": 1003.67, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Air Quality Index", "unit": "AQI", "time": "2020-05-22 16:33:25", "value": 100, "averaging": "2 minutes"}], {"id": "SAVEDNIPRO_003", "cityName": "Dnipro", "stationName": "Ulyanova Street, 26", "localName": "Save Dnipro #3", "timezone": "+0300", "lat": 49.2833, "lon": 31.2167}, [{"pol": "PM2.5", "unit": "mg/m3", "time": "2020-08-26 22:08:43", "value": 1.75, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "PM10", "unit": "mg/m3", "time": "2020-08-26 22:08:43", "value": 27.43, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Humidity", "unit": "%", "time": "2020-08-26 22:08:43", "value": 75, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Temperature", "unit": "Celcius", "time": "2020-08-26 22:08:43", "value": 27.43, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Pressure", "unit": "hPa", "time": "2020-05-22 16:33:43", "value": 1004.42, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Air Quality Index", "unit": "AQI", "time": "2020-05-22 16:33:43", "value": 100, "averaging": "2 minutes"}], {"id": "SAVEDNIPRO_004", "cityName": "Dnipro", "stationName": "Novokrymskaya Street, 1", "localName": "Save Dnipro #2", "timezone": "+0300", "lat": 49.2833, "lon": 31.2167}, [{"pol": "PM2.5", "unit": "mg/m3", "time": "2020-08-26 22:13:20", "value": 11.07, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "PM10", "unit": "mg/m3", "time": "2020-08-26 22:13:20", "value": 21.07, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Humidity", "unit": "%", "time": "2020-08-26 22:13:20", "value": 75, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Temperature", "unit": "Celcius", "time": "2020-08-26 22:13:20", "value": 21.07, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Pressure", "unit": "hPa", "time": "2020-05-22 16:33:25", "value": 992.21, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Air Quality Index", "unit": "AQI", "time": "2020-05-22 16:33:25", "value": 100, "averaging": "2 minutes"}], {"id": "SAVEDNIPRO_006", "cityName": "Dnipro", "stationName": "Pryberezha Street, 49", "localName": "Save Dnipro #4", "timezone": "+0300", "lat": 49.2833, "lon": 31.2167}, [{"pol": "PM2.5", "unit": "mg/m3", "time": "2020-08-24 16:38:41", "value": 0.8, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "PM10", "unit": "mg/m3", "time": "2020-08-24 16:38:41", "value": 19.46, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Humidity", "unit": "%", "time": "2020-08-24 16:38:41", "value": 75, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Temperature", "unit": "Celcius", "time": "2020-08-26 22:13:02", "value": 19.46, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Pressure", "unit": "hPa", "time": "2020-05-22 16:33:37", "value": 1008.11, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Air Quality Index", "unit": "AQI", "time": "2020-05-22 16:33:37", "value": 100, "averaging": "2 minutes"}], {"id": "SAVEDNIPRO_007", "cityName": "Dnipro", "stationName": "Dmytra Yavornytskoho Avenue, 60", "localName": "Save Dnipro #9", "timezone": "+0300", "lat": 49.2833, "lon": 31.2167}, [{"pol": "PM2.5", "unit": "mg/m3", "time": "2020-06-11 16:00:26", "value": 0.53, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "PM10", "unit": "mg/m3", "time": "2020-06-11 16:00:26", "value": 57.18, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Humidity", "unit": "%", "time": "2020-06-11 16:00:26", "value": 75, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Temperature", "unit": "Celcius", "time": "2020-06-11 16:00:26", "value": 57.18, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Pressure", "unit": "hPa", "time": "2020-05-22 16:31:38", "value": 1006.26, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Air Quality Index", "unit": "AQI", "time": "2020-05-22 16:31:38", "value": 100, "averaging": "2 minutes"}], {"id": "SAVEDNIPRO_008", "cityName": "Dnipro", "stationName": "Ulyanova Street, 26", "localName": "Save Dnipro #3", "timezone": "+0300", "lat": 49.2833, "lon": 31.2167}, [{"pol": "PM2.5", "unit": "mg/m3", "time": "2020-08-26 22:13:45", "value": 16.08, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "PM10", "unit": "mg/m3", "time": "2020-08-26 22:13:45", "value": 21.5, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Humidity", "unit": "%", "time": "2020-08-26 22:13:45", "value": 75, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Temperature", "unit": "Celcius", "time": "2020-08-26 22:13:45", "value": 21.5, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Pressure", "unit": "hPa", "time": "2020-05-22 16:33:38", "value": 1004.67, "averaging": "2 minutes"}, {"pol": "Air Quality Index", "unit": "AQI", "time": "2020-05-22 16:33:38", "value": 100, "averaging": "2 minutes"}]
```

Рисунок 4.2 – Фрагмент JSON-відповіді у первинному вигляді

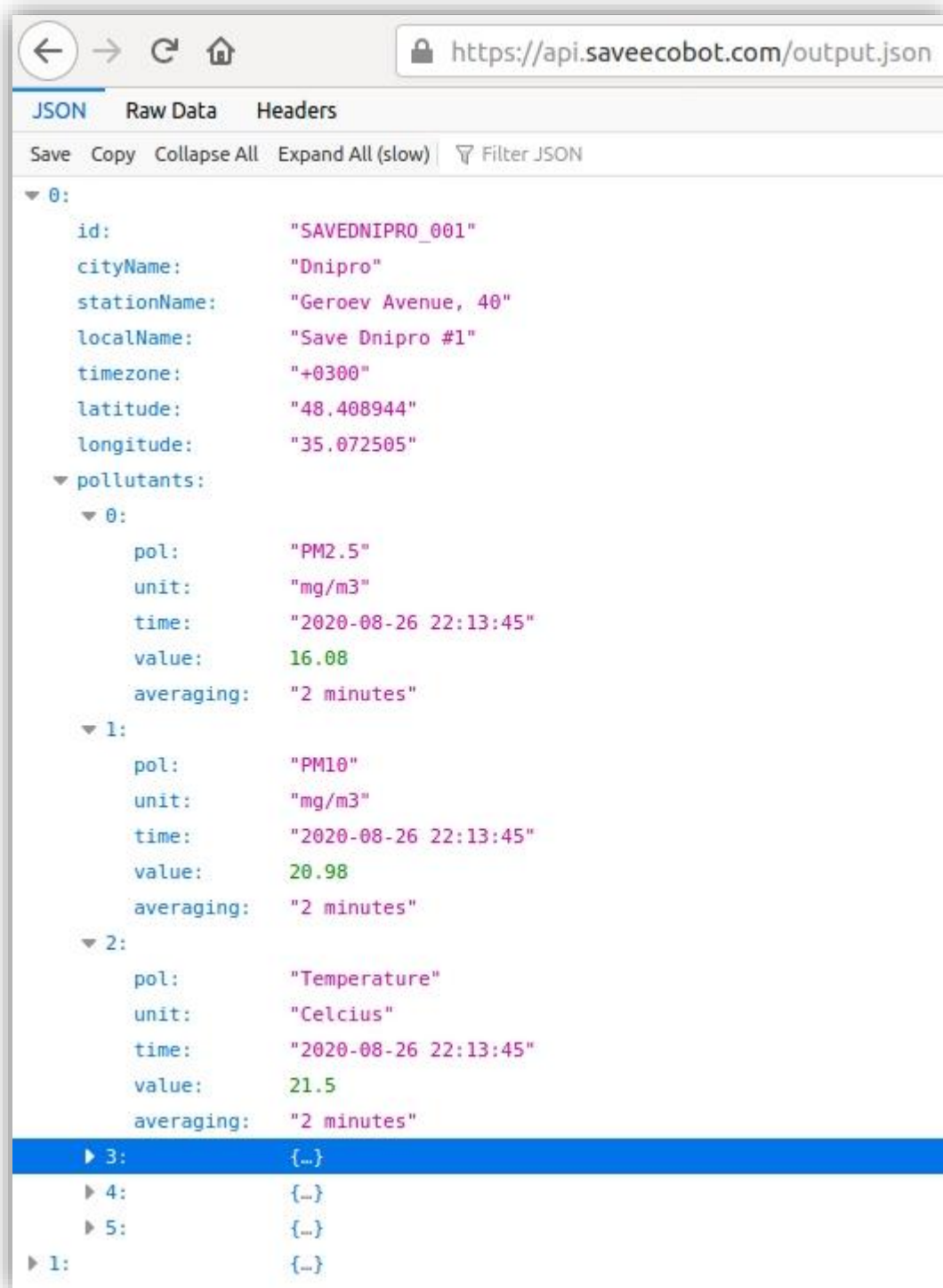


Рисунок 4.3 – Форматований браузером фрагмент JSON-відповіді

Дані у JSON-форматі представлені за допомогою двох структур даних – набору пар типу «ключ : значення» (з огляду на використання мови програмування Python для створення програмного забезпечення, що описане в цьому розділі, доречно називати таку структуру даних словником) та

упорядкованого списку значень [35]. Список на теперішній час містить більше 200 елементів. Кожен такий елемент – це дані з певної станції моніторингу і він являє собою структуру типу словник з 8 наступних елементів, всі з яких є елементами строкового типу, крім останнього:

timezone – часовий пояс станції,

stationName – назва станції, яка формується з адреси її місцезнаходження, строковий тип даних,

cityName – назва міста де розташована станція,

latitude – широта місцезнаходження станції,

longitude – довгота місцезнаходження станції,

id – ідентифікатор станції,

localName – місцевий ідентифікатор станції,

pollutants – список з 6 елементів, це вимірювані станцією параметри повітря. Кожен параметр - це в свою чергу словник з 5 елементів:

pol – назва параметру, строковий тип,

unit – одиниця вимірювання, строковий тип,

averaging – час, за який береться усереднене значення параметру, строковий тип

value – значення параметру, тип - дійсне число з рухомою комою (float)

time – час запису значення параметру, строковий тип.

Таким чином, найбільш корисним елементом для подальшого дослідження у структурі JSON-відповіді є список словників pollutants, який містить виміряні значення параметрів якості повітря. Для співставлення, географічної прив'язки та можливості вилучення даних конкретної місцевості слід також залучити до обробки дані елементів stationName, cityName. Вся інша інформація здебільшого є допоміжною. Отже, вже на етапі попереднього аналізу структури даних JSON-відповіді ми відсікаємо зайві дані і спрощуємо подальшу обробку.

Безсумнівна перевага JSON-варіанту – один лаконічний запит, без необхідності вручну завантажувати дані з кожної станції, а також те що отримані дані є найактуальнішими, що відкриває можливості для здійснення майже реальночасового моніторингу параметрів якості повітря. Разом з тим, результат аналізу отриманих даних свідчить, що станції, задіяні в проєкті, різняться і можливо проходять техобслуговування доволі неоднорідно, що призводить до того, що не всі вони здійснюють вимірювання і запис даних через рівні проміжки часу, хоча сама структура даних і їх набір єдині. Так, одна частина отримуваних даних може бути актуальною – в межах добового інтервалу, а інша частина – взагалі кількомісячної чи річної давнини. Проте, найбільш важливі дані, що стосуються безпосередньо показників забруднення повітря, з переважної більшості станцій є найактуальнішими.

4.2 Опис програмної реалізації зчитування та організації даних

Проектований програмний додаток повинен містити наступний функціонал:

- дозволяти завантажувати у додаток CSV-файл та відобразити таблицю з даними;
- мати можливість здійснювати запит на дані реального часу та відобразити дані з JSON-відповіді у табличному вигляді;
- здійснювати аналіз над завантаженими у програму даними, насамперед візуалізувати графіки на їх основі;
- дозволяти здійснювати побудову моделі;
- містити допоміжні довідкові матеріали, а саме методики відбору проб, нормативну документацію, Директиви Європейського Союзу, тощо;

Виходячи з вищезазначеного логічним є рознесення функціоналу в відповідні окремі розділи, тому головне меню проектованого програмного додатку має вигляд, що зображено на рисунку 4.4.

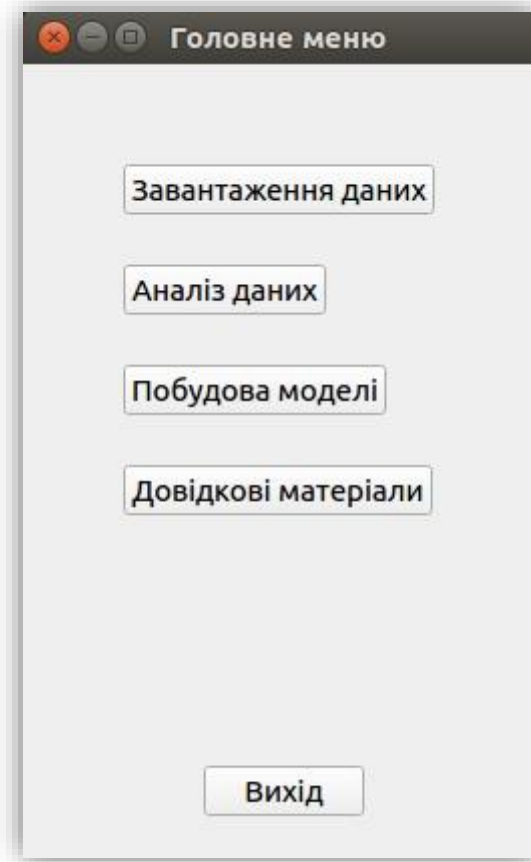


Рисунок 4.4 – Головне меню програмного додатку

Функціонал завантаження та відображення первинних даних винесено на першу кнопку “Завантаження даних” і реалізовано у окремому вікні із заголовком “Таблиця даних станцій моніторингу” (рис. 4.5). Дане вікно містить велику область для відображення таблиці даних та три кнопки: “Зробити запит на дані реального часу”, “Завантажити з CSV файлу” та “Вихід до головного меню”.

Відповідно, перша кнопка здійснює запит на API SaveEcoBot [36] за посиланням «<https://api.saveecobot.com/output.json>» і повертає JSON-файл відповіді. Ця дія потребує наявності на комп’ютері із запущеним додатком з’єднання до мережі Інтернет та кілька секунд часу (4-7 секунд в залежності від якості з’єднання). Отримавши JSON, програмний додаток автоматично здійснить фільтрацію за полем cityName, тобто назвою міста, та обере

заздалегідь зазначений набір полів з JSON, з яких завантажить дані та візуалізує у вигляді таблиці.

На рисунку 4.6 представлено результат роботи програми. Дані з JSON-відповіді відфільтровано тільки для міста Дніпро, як поля для таблиці взяті: назва вулиці, що є місцезнаходженням станції (stationName), вимірюваний параметр, його значення, одиниця вимірювання та час запису виміру. Крім того надані відповідні пояснюючі заголовки для сформованої таблиці з метою кращого її сприйняття. Наприклад, спостерігаємо, що в районі станції моніторингу, що знаходиться на проспекті Героїв, 40, концентрація такого забруднювача як, наприклад, PM2.5 становить 13.5 мкг/м³, що взагалі-то перевищує поріг безпечності в 10 мкг/м³, тому і результуючий показник якості повітря (Air Quality Index), який також наявний в даних моніторингу, становить 61, за межами «зеленого», «доброго» діапазону 0-50 [33].

Звісно, що вибір необхідних полів та фільтрація за ними можуть бути реалізовані згідно з потребами дослідження, JSON-файл не накладає жодних обмежень на це, маючи практичну та ефективну з точки зору передачі та обробки даних структуру.



Рисунок 4.5 – Меню завантаження та візуалізації даних

1	2	3	4	5
Station Address	Parameter Name	Value	Unit	Time
Geroev Avenue, 40	PM2.5	13.55	mg/m3	2020-08-28 02:10:30
Geroev Avenue, 40	PM10	15.6	mg/m3	2020-08-28 02:10:30
Geroev Avenue, 40	Temperature	16.99	Celcius	2020-08-28 02:10:30
Geroev Avenue, 40	Humidity	100	%	2020-08-28 02:10:30
Geroev Avenue, 40	Pressure	1004.67	hPa	2020-05-22 16:33:38
Geroev Avenue, 40	Air Quality Index	61	aqi	2020-08-28 02:00:00
Pershogo Travnnya Street, 7	PM2.5	20.27	mg/m3	2020-05-13 22:59:21
Pershogo Travnnya Street, 7	PM10	40.05	mg/m3	2020-05-13 22:59:21

Зробити запит на дані реального часу

Завантажити з CSV файлу

Вихід до головного меню

Рисунок 4.6 – Візуалізація даних з JSON-відповіді

На відміну від варіанту із JSON друга кнопка «Завантажити з CSV файлу» потребує вже завантаженого вручну файлу CSV із даними станції моніторингу. На рисунку 4.7 представлено візуалізацію тестового фрагменту подібного файлу. Як подальше покращення функціоналу можна додати обрання файлу вручну, а також можливу підтримку файлів великого розміру. Проблема в тому, що дані з однієї станції – це величезний масив інформації (більше 200 мб), записаний в єдиний файл, в даному випадку це таблиця з сотнями тисяч рядків і навіть стандартні засоби роботи із подібними даними не завжди коректно їх відображають. Тому було обрано лише фрагмент подібного файлу, що для візуалізації принципу роботи програмного додатку цілком достатньо.

1	2	3	4	5	
1	device_id	phenomenon	value	logged_at	value_text
2	61	no2	111.0000	2019-03-21...	NULL
3	61	h2s	0.0000	2019-03-21...	NULL
4	61	so2	0.0000	2019-03-21...	NULL
5	61	co	0.0000	2019-03-21...	NULL
6	61	o3	586.0000	2019-03-21...	NULL
7	61	nh3	170.0000	2019-03-21...	NULL
8	61	pm25	7.0000	2019-03-21...	NULL
9	61	pm10	9.0000	2019-03-21...	NULL

Зробити запит на дані реального часу

Завантажити з CSV файлу

Вихід до головного меню

Рисунок 4.7 – Візуалізація даних з CSV-файлу

Так як в даному випадку таблиця із заголовками є і в первинних даних - саме вони і візуалізуються із збереженням всією структури, що узгоджується із зазначеним у розділі 4.1.1. Крім того слід відмітити, що область відображення таблиці очищується при натисканні кнопок «Зробити запит на дані реального часу» або «Завантажити з CSV файлу» перед візуалізацією відповідних даних, тому вони не накладаються один на одного, що могло б перешкоджати роботі. Остання кнопка «Вихід до головного меню» здійснює повернення до головного меню програмного додатку.

4.3 Програмна реалізація аналізу даних.

Функціонал аналізу даних зі станцій моніторингу якості повітря, як було вже вище зазначено, винесено у окремий розділ. Перехід до нього здійснюється за допомогою кнопки «Аналіз даних» у головному меню програмного додатку.

В інтерфейсі вікна «Аналіз даних» (рис. 4.8) більшу частину займає область для візуалізації графіку. Нижче знаходиться область для виводу текстової інформації, яка є порожньою поки графік не побудовано. Внизу

вікна розташовано дві кнопки – «Побудувати графік на основі даних з CSV файлу» та «Вихід до головного меню». Перша виконує основний функціонал даного розділу, друга – здійснює повернення до головного меню програмного додатку.

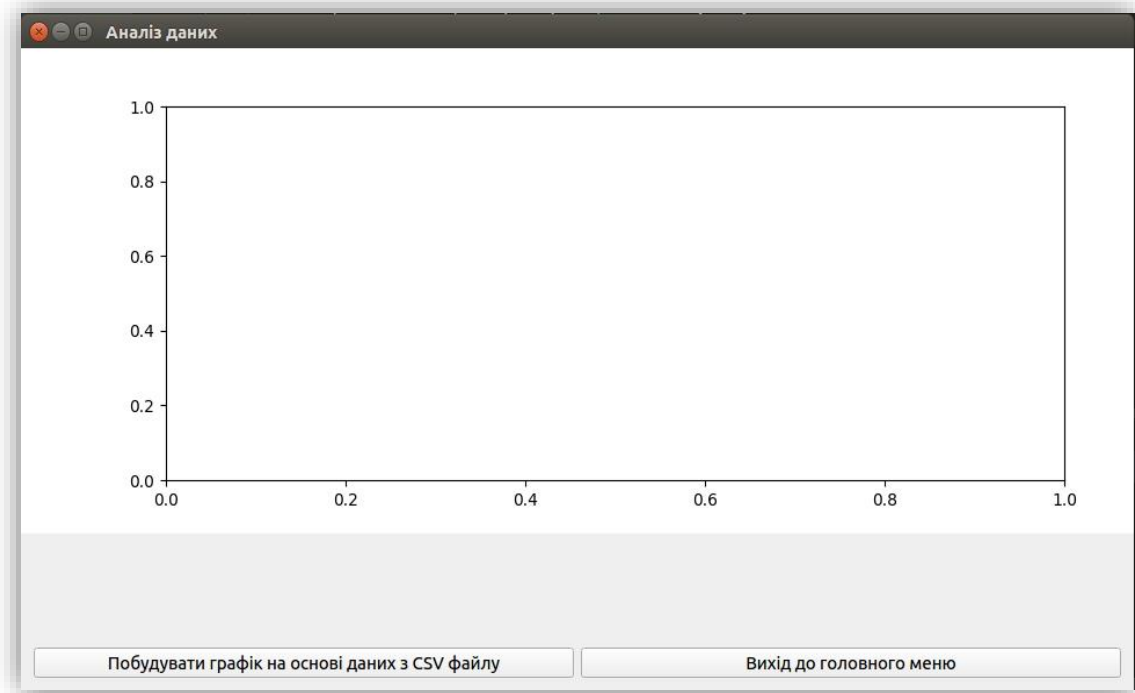


Рисунок 4.8 – Вікно «Аналіз даних»

Функціонал аналізу даних реалізований наступним чином. Здійснюється вилучення вимірних значень для обраного параметру (сам параметр – стовпчик «phenomenon» у CSV-таблиці первинних даних станції, його значення – стовпчик «value») і відповідних їм значень часу запису даних (стовпчик «logged_at»). На основі часу та значень будується графік, де вісь x – це значення часу здійснення вимірювань, а вісь y – вимірні значення параметру. Під графіком здійснюється відображення віднайденого максимального із вимірних значень та відповідного йому часу. Аналогічно відображається віднайдене мінімальне значення. Крім того, здійснюється обчислення середнього значення обраного параметру серед усіх, що були вилучені з таблиці первинних даних та використані для побудови графіку. Так,

на рисунку 4.9 наведено приклад аналізу концентрації діоксиду азоту з тестового фрагменту даних – побудовано графік, віднайдені максимальне та мінімальне значення, час їх запису та обчислено середнє значення. Звісно, що подібний аналіз можна реалізувати для будь-якого з параметрів, що занесені в CSV-таблицю первинних даних, окрім напрямку вітру (`wind_direction`). Оскільки напрям вітру не є числовим параметром візуалізувати його у вигляді графіку не є можливим. Проте його можна виводити як допоміжну інформацію для максимального та мінімального значень будь-якого параметра, якщо у цьому виникне потреба.

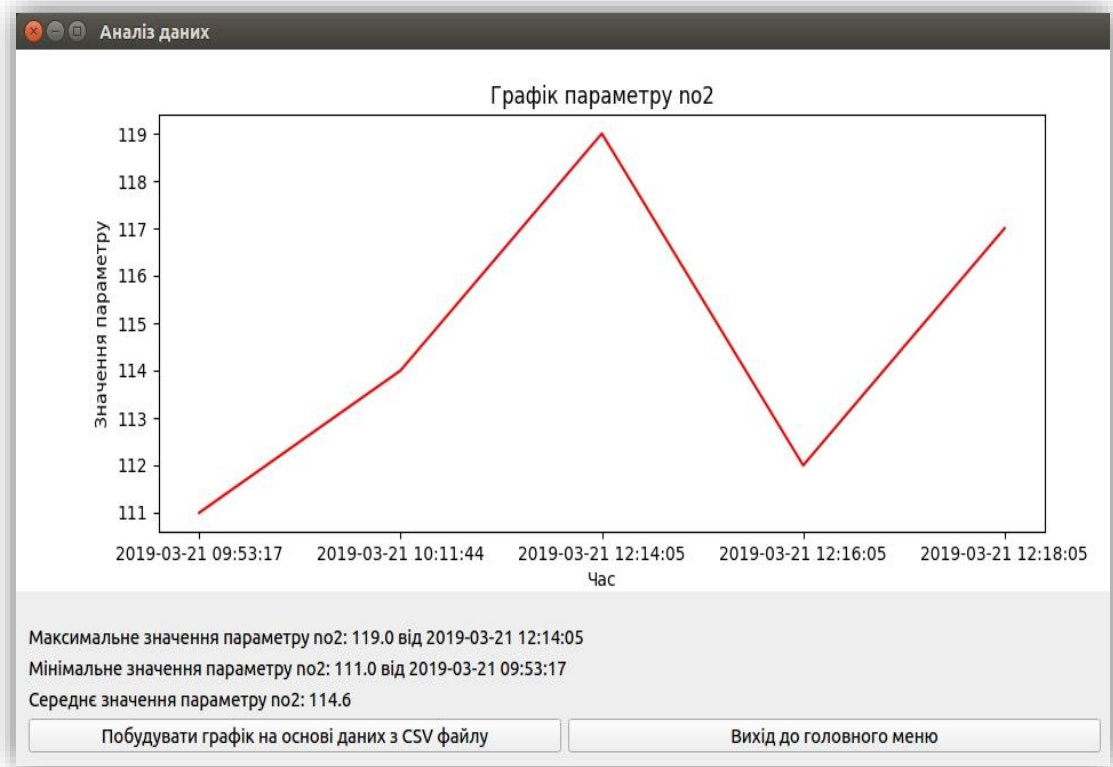


Рисунок 4.9 – Побудований графік та його основні аналітичні дані у вікні «Аналіз даних»

4.4. Довідкова документація

Допоміжні довідкові матеріали, переважно нормативно-правові акти, що пов'язані з контролем якості повітря, містяться в розділі «Довідкові

матеріали», де з ними є можливість ознайомитись у будь-який момент (рис.28). Усі документи завантажені з офіційного сайту Верховної Ради України. На даний момент розділ містить наступні документи: Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи, Кіотський протокол [21] та Рамкова Конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату [9].

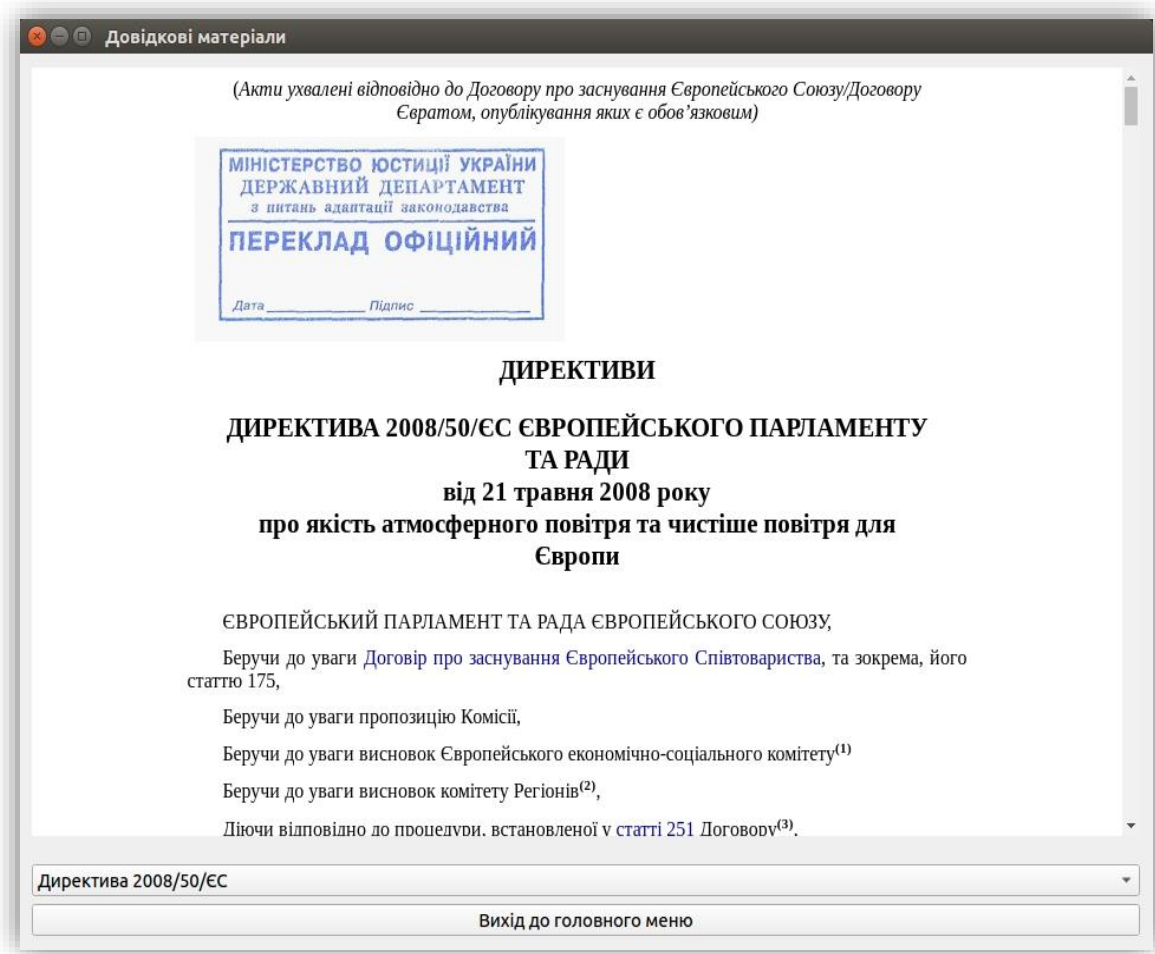


Рисунок 4.10 – Вікно «Довідкові матеріали»

Обрання потрібного документу здійснюється за допомогою випадючого меню, що знаходиться під областю відображення документа. Так, наприклад на рисунку 4.11 зображено обраний текст Кіотського протоколу. Повернення до головного меню можливе за допомогою кнопки «Вихід до головного меню».

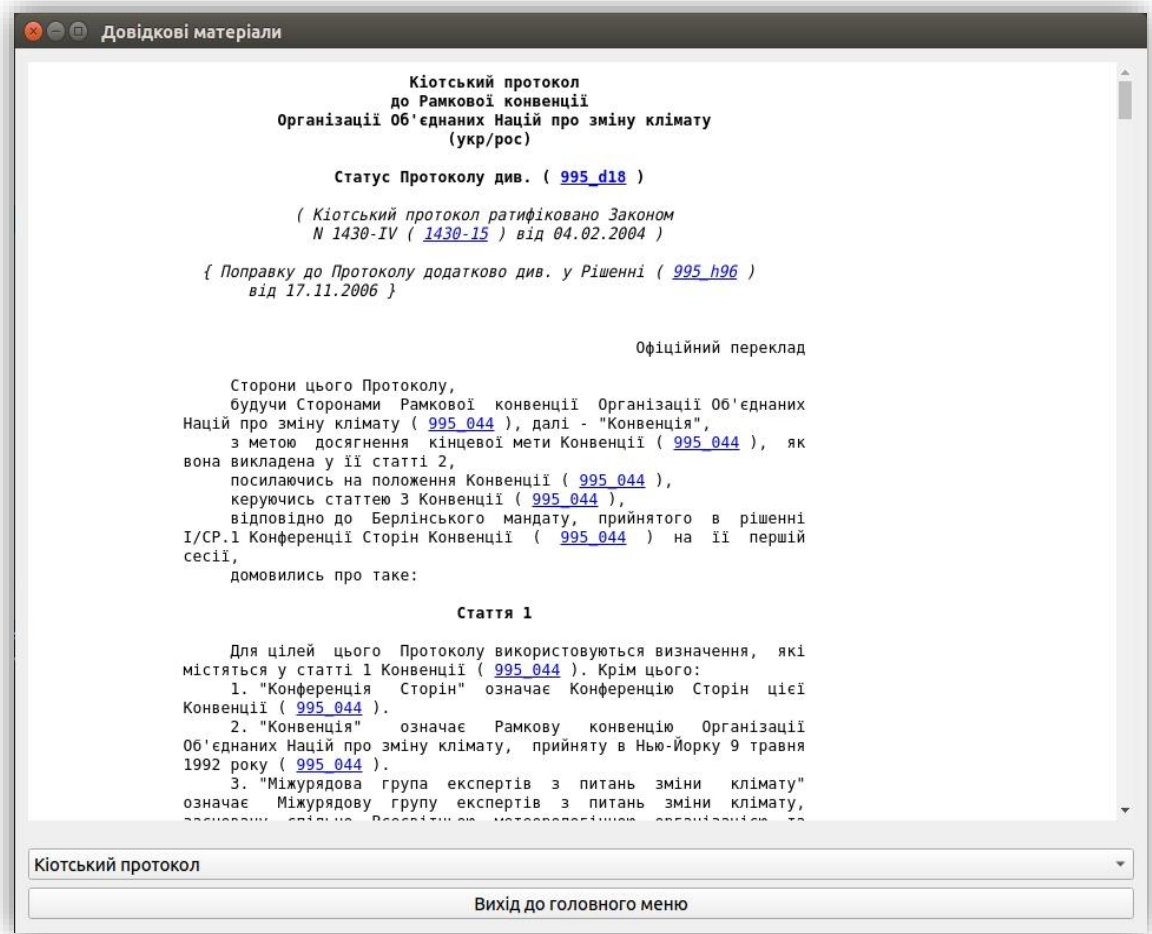


Рисунок 4.11 – Відображення тексту Київського протоколу у вікні
«Довідкові матеріали»

ВИСНОВКИ

У зв'язку з потребами гедоністичного характеру людство порушило первозданий склад атмосферного повітря. Швидкі темпи зростання міст стали неминуче змінювати газовий склад повітря та доповнювати його забруднюючими речовинами: оксидом вуглецю, оксидом азоту, аерозолями та вуглеводнями.

Атмосферне повітря змінює якість життя населення, та впливає на тривалість життя. Промислові підприємства, транспорт, будівельна, хімічна, паливна галузі розповсюджують забруднюючі речовини, які можуть поєднуватись між собою в нові сполуки, що будуть більш тяжко виявлятися, уловлюватися та знешкоджуватись. Тому необхідно проводити заходи моніторингу, особливо на потенційно забруднювальних територіях, щоб у разі виникнення погіршення самопочуття серед населення у зв'язку з перевищенням рівня забруднення, можна було в короткі строки виконати міри по мінімізації рівня забруднюючих речовин.

Для контролю за забруднювальними речовинами держава використовує нормативну та законодавчу документацію. Через велику значимість для життя суспільства атмосферного повітря було розроблено Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища».

За допомогою екологічної стандартизації та нормування у галузі охорони атмосферного повітря Верховною Радою було прийнято вимоги, правила та норми, що регулюють негативний вплив фізичних та біологічних факторів. Особливу увагу надають підприємствам, що займаються потенційно небезпечними для атмосферного повітря речовинами, які містяться в мінеральних добривах, препаратами для росту рослин та інші.

Згідно із законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» організації та підприємства зобов'язані проводити заходи, що

направлені на організаційно-господарську чи технічну діяльність та мати план на випадок несприятливих умов та аварійних ситуацій.

Так як Україна бере активну участь в міжнародній співпраці, а зокрема в європейських інтеграційних процесах, то акцент робиться на законодавство Європи. У випадку коли договір українського законодавства вимагає різні з Євросоюзом правила перевага надається міжнародним договорам.

Для зменшення забруднення пересувними джерелами та автотранспортом було встановлено комплекс дій, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє природне середовище та людину в цілому. Для цього було проаналізовано розміщення небезпечних ділянок, та перенесення їх на безпечну відстань за межі густонаселених об'єктів. Також відбулось покращення у сфері палива, стосовно його пересування та зберігання, покращення покриття доріг, колій тощо.

В наш час в Україні моніторинг атмосферного повітря відбувається за параметрами опадів та повітря. Постановою Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. №827 [2] затверджено порядок здійснення державного моніторингу, при якому обласні державні адміністрації мають структурний підрозділ, що являє собою орган управління для спостереження та контролю за якістю атмосферного повітря. При цьому було чітко виявлено мету такого моніторингу, яка відображає в собі: збереження задовільного стану атмосферного повітря, збирання та аналізу інформації про нього, виявлення можливості прогнозування відхилень від показників норми та причин таких результатів. У разі виникнення небезпечної ситуації, за Постановою збирається комісія питань моніторингу, діяльність якої направлена на оцінку та надання рекомендацій для найефективнішого усунення негативного впливу, та створення програм державного рівня за якими можливе вирівнювання несприятливого фону.

Для більш точної оцінки для моніторингу визначають зони агломерації кожні 5 років. Для проведення якісної верифікації оператор установки повинен

надавати повний перелік документів на реєстрацію згідно до статті 9 Закону «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів». У переліку повинна бути інформація за формою про установку та документ, що містить повний опис парникових викидів, їх обсяг та вид. Наразі на 2021 рік очікується введений в дію облік парникових газів, в якому головним критерієм є необхідність реєстрації установок, які виступають причиною виникнення парникових газів.

Зазвичай питання, що стосуються введення нових технологій очищення набувають вирішеного статусу дуже довго та важко. Через те, що цілі документу «Чисте повітря» пов'язані з певними наслідками в багатьох аспектах, Євросоюз сформував новий пакет, що приймав за основу виконання завдань в більш короткий строк та з більшою кількістю цілей для покращення якості повітря. Таким чином, прийнята директива має вплив і на невеликі електростанції та спрямована на більш ретельний контроль за забруднюючими речовинами. Задля кращої реалізації країну необхідно розділити на зони та агломерації, на кожній з яких забруднюючі речовини будуть виміряні та буде встановлений комплекс для зменшення їх кількості.

Через велику кількість різних за складом забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від підприємств, необхідним є постійний пошук нових технологій, засобів відбору проб та контролю з урахуванням нормативних документів санітарно-гігієнічного характеру. До основних найбільш вживаних методів вимірювань на стаціонарних джерелах слід віднести: лабораторний, експресний, інструментальний та інструментально-лабораторний методи. Усі аналізи, що спрямовані на визначення розрахункових коефіцієнтів, мають виконуватись в спеціальних акредитованих лабораторіях відповідно до визначених законодавством вимог та нормативних документів.

Визначення об'ємних витрат газопилового потоку, швидкості, тиску та температури у вентиляційних системах та газоходах стаціонарних джерел, які

являються забруднювачами атмосферного повітря, здійснюється за нормативними документами ДСТУ 8725:2017 [15] та ДСТУ 8726:2017 [16]. Відбір проб на джерелах супроводжується складанням акту відбору проб з додатком «Розрахунок витрати газу при відборі проб речовин у вигляді суспендованих твердих частинок» за формою, яка затверджена Мінекоресурсами. Моніторинг охоплює викиди парникових газів, що виникають в результаті здійснення оператором діяльності на установці. Моніторинг та звітність мають повністю охоплювати викиди усіх парникових газів, що залежать від технологічних процесів усіх джерел викидів та матеріальних потоків, що пов'язані з цими джерелами. Для точного моніторингу оператор має виконувати заходи, що спрямовані на точність даних та мінімізацію похибок, знаходити і ліквідувати неточності та виконувати максимально точні виміри, і розрахунки відповідно. Також в обов'язки оператора входить складання звіту по моніторингу відповідно до плану, процедури обробки даних, надання доступу до інформації, звітності, верифікації тощо.

У звіті оператор охоплює річні викиди парникових газів за звітний період, який є узгодженим згідно з Порядком верифікації, що далі подається уповноваженому органу.

Україна в прагненні вийти на новий рівень Рамкової конвенції ООН, взяла напрям на Кіотський протокол, який знаходить своє відображення у великій кількості документів та актів. З ціллю екологічної інтеграції 20 березня 2018 року було прийнято Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку» та Закон України «Про Основні засади державної екологічної політики України на період до 2030 року». Крім того, Мінприродою було розроблено законопроект «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України у частині доступу до екологічної інформації». Розпорядженням Кабінету Міністрів України схвалено Концепцію створення загальнодержавної автоматизованої системи «Відкрите довкілля» від

7.11.2018. Крім цього, Кіотський протокол вплинув на заходи, в які входила нова система оцінки та обліку викидів парникових газів, проектна інфраструктура, що дала б змогу реалізації нових планів мінімізації негативних наслідків змін клімату. Зокрема, була зазначена необхідність створення нової системи національного рівня для повідомлення регулювання та скорого рішення проблем знешкодження парникових газів.

На базі Кіотського протоколу було створено програму спільної роботи, під час якої відбувалась передача квот для новостворених проектів. Які за рахунок скорочення викидів під час цього проекту мали б змогу компенсуватися.

Для виходу на новий рівень Україна має працювати над енергозбереженням та збільшенням енергоефективності виробництва. Якщо розглядати енергозбереження, то держава має створити комплексну програму зниження енергоємності валового внутрішнього продукту. Можливий варіант – торгівля викидами, що може бути корисною в якості додаткового контролю за парниковими газами. Збільшення рівню раціонального використання енергії і палива можливе за рахунок удосконалення технологічних процесів та застосування більшої кількості вторинних енергоресурсів.

Узагальнюючи вищенаведене можна зробити висновок, що дії, які спрямовані на зменшення викидів парникових газів, мають базуватися на системних та структурних заходах, які дадуть в результаті більший ефект екологічної направленості.

Підвищити ефективність реалізації проектів спільного впровадження можливо за допомогою схем зелених інвестицій. Схеми зелених інвестицій підтримують проекти та програми, які спрямовані на зменшення викидів парникових газів та зменшення забруднення довкілля загалом, наприклад від промислової діяльності. В Україні такими секторами економіки в першу чергу є паливно-енергетична галузь, системи теплогенерації, металургійна

промисловість, житлово-комунальне господарство, сільське господарство, утилізація відходів, транспорт.

Для держави потрібно робити акцент на нові та власні розробки і законопроекти, де буде зазначено максимальний акцент наголошення на вирішення проблем навколишнього природного середовища.

Розвиток інформаційних технологій дає змогу спростити операторам на станціях та звичайним мешканцям процес моніторингу, наприклад опрацювати дані з різних станцій моніторингу по всьому світу, провести аналіз тим самим побачити тенденцію зростання рівня забруднення повітря в окремій агломерації чи конкретному місці, спрогнозувати розповсюдження викидів забруднюючих речовин у разі виникнення аварійної ситуації тощо. Тому 4 розділ моєї магістерської роботи спрямований саме на усунення проблеми контролю за станом атмосферного повітря. А саме спрощення організації моніторингу шляхом розробки інформаційно-аналітичної системи контролю якості атмосферного повітря.

Для початку необхідна організація даних та їх збір. Отримати необхідні значення можна за допомогою станцій моніторингу якості атмосферного повітря. З них ми одержуємо значення вимірюваних показників через проміжки часу, наприклад, декілька годин. Усі дані, які ми отримуємо, накопичуються та зберігаються у формі, яка залежить від реалізації платформи моніторингу.

Також можлива обробка даних з станцій моніторингу різних платформ, але необхідно буде налаштуватись на кожну конкретну платформу задля одержання потрібних даних. Дані станцій моніторингу можуть надходити у різних форматах файлів, також вони можуть бути представлені у вигляді таблиці з неорганізованими даними, які не так зручно використовувати, як структуровані, в подальшій роботі дослідниками.

У дослідженому в роботі проєкті SaveEcoBot дані отримуються з конкретної станції моніторингу у форматі *.csv. Вони необроблені і

виглядають як таблиця з стовпчиками: `value_text`, `device_id`, `phenomenon`, `value`, `logged_at`, (рис. 4.1), тому можна здійснити аналіз та простежити динаміку параметрів та значень, зіставивши з часом їх вимірювання.

Дані формату JSON, отримані як відповідь на запит за посиланням «<https://api.saveecobot.com/output.json>», хоча і мають менше вимірюваних параметрів, але надходять з кожної станції моніторингу якості повітря. Дані мають структуру набору пар типу «ключ : значення». Найбільш необхідним елементом для дослідження структури JSON-відповіді є список словників `pollutants`, що містить значення параметрів якості повітря.

Як результат дипломної роботи створено програмний додаток, в якому реалізовано наступний функціонал, докладно описаний в розділах 4.2-4.4:

- дозволяє завантажувати у додаток CSV-файл та відобразити таблицю з даними;
- має можливість здійснювати запит на дані реального часу та відобразити дані з JSON-відповіді у табличному вигляді;
- може здійснювати аналіз отриманих даних та, візуалізувати графіки на їх основі;
- дозволить виконати побудову моделі;
- можливий розгляд бібліотеки довідкових матеріалів.

Кожен пункт функціоналу реалізовано в окремому вікні. Завантаження даних з окремої станції здійснюється із заздалегідь скачаного *.csv файлу. Дані реального часу отримуються шляхом запиту на відповідне API через мережу Інтернет. Зі збереженням всієї структури здійснюється візуалізація усіх даних у вигляді таблиць. Крім того область очищується при натисканні кнопки «Зробити запит на дані реального часу» або «Завантажити з CSV файлу» перед візуалізацією відповідних даних, тому таблиці не накладаються один на одного, що могло б перешкоджати роботі.

Функціонал аналізу даних якості повітря зі станцій моніторингу, знаходиться у окремому вікні. Перехід до цього функціоналу виконується за допомогою кнопки «Аналіз даних» у головному меню програмного додатку.

У вікні «Аналіз даних» (рис. 4.8) більшу частину займає область для візуалізації графіку. Під нею знаходиться місце для виводу текстової інформації, що є порожнім до побудови графіку. Разом із побудовою графіка на основі завантажених даних здійснюється відображення віднайденого максимального із вимірних значень параметра та відповідного йому часу. Так само відображається віднайдене найменше значення. Крім цього виконується обчислення середнього значення обраного параметру серед усіх, які були вилучені з таблиці первинних даних та застосовані для побудови графіку. За допоміжні матеріали. А саме нормативно-правові акти, що пов'язані з контролем якості повітря, відповідає розділ «Довідкові матеріали» (рис. 4.10). Усі документи завантажені з офіційного сайту Верховної Ради України.

Таким чином, розроблений під час виконання дипломної роботи програмний додаток є простим і зрозумілим у використанні та має увесь необхідний функціонал для здійснення моніторингу якості атмосферного повітря на основі даних, що завантажуються зі станцій моніторингу. Додаток надає змогу побудувати графік за значеннями обраного параметра та отримати базові статистичні відомості за проміжок часу, які будуть показовими та зрозумілими будь-якому користувачу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
2. Кабінет Міністрів України Постанова «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-п#Text>
3. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>
4. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>
5. ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-1:2005 «Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення (ГОСТ ІСО 5725-1-2003, ІДТ)» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=72104
6. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text
7. Директива 2003/87/ЄС від 13.10.2003 «Щодо заснування схеми для зменшення викидів в атмосферу парникових газів, торгуючи в межах Співтовариства та про внесення змін до Директиви Ради 96/61/ЄС» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60070

8. Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/377-20#Text>
9. «Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950#Text
10. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1486474738782&uri=CELEX:02008L0050-20150918>
11. І. О. Мінгазутдінов. Амстердамський договір 1997 // Українська дипломатична енциклопедія: У 2-х т./Редкол.:Л. В. Губерський (голова) та ін. — К: Знання України, 2004 — Т.1 — 760с. ISBN 966-316-039-X
12. Кабінет Міністрів України Постанова «Про затвердження Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-п#Text>
13. ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iso.org/standard/66912.html>
14. ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iso.org/standard/62085.html>
15. ДСТУ 8725:2017 «Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення швидкості та об'ємної витрати газопилових потоків» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71893

16. ДСТУ 8726:2017 «Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення тиску та температури газопилових потоків» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71894
17. ДСТУ 8812:2018 «Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Настанови з відбирання проб» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79266
18. ДСТУ 8826:2019 «Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення вологості газопилових потоків» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82136
19. МВВ № 081/12-0161-05 «Викиди газопилові промислові. Методика виконання вимірювань масової концентрації речовини у вигляді суспендованих твердих частинок в організованих викидах стаціонарних джерел гравіметричним методом» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=76450
20. Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_044#Text
21. Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату (укр/рос) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_801#Text
22. Закон України «Про ратифікацію Кіотського протоколу до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1430-15>
23. Закон України «Про ратифікацію Рамкової конвенції ООН про зміну клімату» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435/96-%D0%B2%D1%80>

24. Указ Президента України «Про координатора заходів щодо виконання зобов'язань України за Рамковою Конвенцією ООН про зміну клімату та Кіотським протоколом до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1239/2005>
25. Постанова Кабінету Міністрів України від 22 лютого 2006 р. № 206 «Про порядок розгляду, схвалення та реалізації проектів, спрямованих на зменшення обсягу антропогенних викидів або збільшення абсорбції парникових газів згідно з Кіотським протоколом до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/206-2006-%D0%BF>
26. Постанова Кабінету Міністрів України від 10 квітня 2006 р. № 468 «Про порядок координації заходів щодо виконання зобов'язань України за Рамковою конвенцією Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату та Кіотським протоколом до зазначеної конвенції» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/468-2006-%D0%BF>
27. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2006 р. № 554 «Про порядок функціонування національної системи оцінки антропогенних викидів та абсорбції парникових газів, які не регулюються Монреальським протоколом про речовини, що руйнують озоновий шар» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/554-2006-%D0%BF>
28. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 17 липня 2006 р. № 342 «Про затвердження вимог до підготовки проектів спільного провадження» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1524-2006-%D0%BF>
29. Постанова Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2005 р. № 346–р «Про затвердження Національного плану заходів з реалізації положень Кіотського протоколу до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату»

- [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=346-2005-%F0>
30. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 1 червня 2006 р. №273 «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо підготовки та подання на розгляд проектів спільного провадження юридичними особами» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:<https://zakon.rada.gov.ua/go/z0295-07>
31. Єдиний в Україні екологічний чат-бот, який поєднує дані про забруднення, забруднювачів та інструменти захисту довкілля [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.saveecobot.com/static/about>
32. Global Monitoring Laboratory Earth System Research Laboratories [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html>
33. Індекс якості повітря [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81_%D1%8F%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96_%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%82%D1%80%D1%8F
34. Save Dnipro [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.savednipro.org/>
35. ECMA-404 The JSON Data Interchange Standard [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.json.org/json-ru.html>
36. API SaveEcoBot [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://api.saveecobot.com/output.json>
37. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>