

Міністерство освіти і науки України
Національний лісотехнічний університет України
Інститут екологічної економіки та менеджменту

Волковський Юрій Сергійович

УДК 504:33(477.81)

Кафедра екологічної економіки та бізнесу

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

**Еколого-економічні аспекти забруднення атмосферного повітря в
Україні**

для здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Галузь знань 05 Соціальні та поведінкові науки

Спеціальність 051 Економіка

Освітньо-професійна програма «Економіка довкілля і природних ресурсів»

Науковий керівник: к.г.н., проф. Дубовіч І.А.

Рецензент:

Завідувач кафедри: к.г.н., доц. Дубовіч І.А.

Міністерство освіти і науки України
Національний лісотехнічний університет України
Інститут екологічної економіки та менеджменту
Кафедра екологічної економіки

ЗАТВЕРДЖУЮ:

завідувач кафедри:

к.г.н.проф. Дубовіч І.А.

_____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня
«Магістр»

студента групи ЕКО-61м Волковського Юрія Сергійовича

Галузь знань *05 Соціальні та поведінкові науки*

Спеціальність *051 Економіка*

Освітньо-професійна програма *«Економіка довкілля і природних ресурсів»*

1. Тема дипломної роботи:

Еколого-економічні аспекти забруднення атмосферного повітря в Україні

Затверджена наказом по університету № С-511 від 14.09.2023 р.

2. Завдання на виконання роботи

1. З'ясувати сутність поняття «забруднення атмосферного повітря»;
2. Ознайомитись із історією формування та світовим досвідом економіко-правового регулювання охорони атмосферного повітря;
3. Дослідити сучасний стан забруднення атмосферного повітря;
4. Провести соціо-еколого-економічний аналіз охорони атмосферного повітря;

5. Розробити пропозиції та рекомендації щодо вдосконалення еколого-економічного механізму охорони та покращення стану атмосферного повітря.

3. Зміст пояснювальної записки

1. Теоретико-методичні засади охорони атмосферного повітря.
2. Еколого-економічний аналіз охорони атмосферного повітря в Україні.
3. Сучасні проблеми та рекомендації щодо еколого-економічної ефективності охорони атмосферного повітря в Україні.

4. Графічна частина матеріалу роботи

1. Прогноз негативних впливів від забруднення повітря
2. Річні викиди CO₂ протягом 1965-2035
3. Значення індексу забруднення атмосфери (ІЗА) в найбільш з забруднених містах України у 2012 р.
4. Дисперсійний аналіз залежності захворювання дихальних шляхів та нервової системи населення від обсягу викидів забруднювальних речовин пересувними джерелами
5. Дисперсійний аналіз обсягу викидів забруднювальних речовин від різних чинників
6. Дисперсійний аналіз залежності обсягу викидів забруднювальних речовин від обсягу реалізованої промислової продукції

Дата видачі завдання 24.06.2023

Термін виконання 20.01.2024

Науковий керівник роботи

к.геогр.н., проф. Дубовіч І.А.

Завдання прийняв до виконання

Волковський Ю.С.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	7
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ОХОРОНИ	
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	11
1.1. Поняття та сутність охорони атмосферного повітря	11
1.2. Еколого-економічні наслідки забруднення атмосферного повітря .	15
1.3. Міжнародне економіко-правове регулювання охорони атмосферного повітря	26
Висновки до розділу 1	33
РОЗДІЛ 2. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВІЙНИ	
НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ	35
2.1. Загальна характеристика стану атмосферного повітря.....	35
2.2. Аналіз викидів в атмосферу внаслідок війни в Україні	39
2.2.1 Викиди спричинені бойовими діями.....	41
2.2.2 Викиди парникових газів від використання боєприпасів	47
2.2.3 Викиди від зведення фортифікаційних споруд.....	49
2.2.4 Викиди від діяльності військової техніки	53
2.2.5 Викиди пов'язані з відбудовою пошкодженої інфраструктури	56
Висновки до розділу 2	60
РОЗДІЛ 3. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО	
ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОРОНИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В	
УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙНИ.....	62
3.1. Оцінка зміни джерел забруднення атмосферного повітря в умовах війни	62
3.2. Заходи та рекомендації щодо вдосконалення еколого-економічного механізму охорони та покращення стану атмосферного повітря	66
Висновки до розділу 3	70
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74
ДОДАТКИ	82

РЕФЕРАТ

Волковський Ю.С. Еколого-економічні аспекти забруднення атмосферного повітря в Україні.

Дипломна робота для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Галузь знань 05 Соціальні та поведінкові науки. Спеціальність 051 Економіка. Освітньо-професійна програма «Економіка довкілля і природних ресурсів». – Львів, НЛТУ України. – 2024.

Об'єкт дослідження – охорона атмосферного повітря в Україні.

Предмет дослідження – еколого-економічні засади охорони атмосферного повітря в Україні.

Мета роботи – розробка рекомендацій щодо підвищення еколого-економічної ефективності охорони атмосферного повітря в Україні.

У дипломній роботі висвітлені теоретичні основи охорони атмосферного повітря, проведено еколого-економічний аналіз стану атмосферного повітря в Україні, здійснено соціо-еколого-економічну оцінку охорони атмосферного повітря, а також запропоновано заходи щодо вдосконалення еколого-економічного механізму охорони та покращення стану атмосферного повітря.

Сторінок – 84, вступ, три розділи, висновки, 5 рисунків, 10 таблиць, 58 використаних джерел.

Ключові слова: атмосферне повітря, охорона атмосферного повітря, еколого-економічний аналіз, економетрична модель.

ABSTRACT

Volkovskyi Y. Ecological and economic aspects of air pollution in Ukraine.

Graduate work for obtaining an educational degree «Master». Branch of knowledge 05 Social and behavioral sciences. Specialty 051 Economics. Specialization «Environmental and Natural Resources Economy». – Lviv National Forestry University of Ukraine. – 2024.

Object of study - air protection in Ukraine.

Subject of the study - ecological and economic principles of air protection in Ukraine.

The purpose of study is to develop recommendations for the effective protection of atmospheric air in Ukraine.

In the thesis work the theoretical basis for the air protection was highlighted, environmental-economic analysis of the air in Ukraine was conducted, socio-ecological- economic assessment of air protection was done and measures to improve the environmental and economic mechanism of protection and improvement of air were proposed.

Pages – 107, introduction, three chapters, conclusions, 8 figures, 4 tables, 58 literature sources.

Keywords: air, air protection, environmental and economic analysis, econometric model.

ВСТУП

Актуальність теми. Бурхливий розвиток науки і техніки, в останні десятиліття все гостріше ставить перед людством питання раціонального використання природних ресурсів. Атмосферне повітря – це один з основних життєво важливих елементів навколишнього природного середовища [46].

Від його якісного стану залежать умови життя на Землі. Науково-технічний прогрес розширив масштаби використання ресурсів та властивостей атмосферного повітря. Водночас значно зріс і негативний антропогенний вплив на атмосферне повітря. Масштаби його забруднення відходами виробництва набули загрозливого характеру для здоров'я людини, озонового шару, погоди та клімату нашої планети.

На якість атмосферного повітря головним чином впливають викиди шкідливих речовин підприємств промисловості й житлово-комунального господарства, а також засоби пересування [15].

Охорона атмосферного повітря належить до глобальних проблем людства. Тому атмосферне повітря виступає важливим об'єктом національного та міжнародно-правового регулювання.

Об'єкт дослідження – охорона атмосферного повітря в Україні.

Предмет дослідження – еколого-економічні засади охорони атмосферного повітря в Україні.

Мета роботи – розроблення рекомендацій щодо підвищення еколого-економічної ефективності охорони атмосферного повітря в Україні.

Для досягнення мети поставлені наступні завдання:

- вивчити теоретико-методичні засади охорони атмосферного повітря;
- вивчити міжнародний досвід у сфері охорони атмосферного повітря;
- проаналізувати нормативно-правову базу охорони атмосферного повітря в Україні;
- проаналізувати стан атмосферного повітря в Україні;

- дослідити ефективність заходів, спрямованих на покращення стану атмосферного повітря в Україні;
- здійснити соціо-еколого-економічну оцінку охорони атмосферного повітря в Україні;
- розробити рекомендації щодо еколого-економічної ефективності охорони та покращення стану атмосферного повітря.

Дипломна робота ґрунтується на використанні методів системного підходу, аналізу та синтезу, індукції та дедукції з метою теоретичного поглиблення уявлень про рекреаційні ресурси. Крім того, у роботі використані такі методи дослідження: метод узагальнення та логічний метод (при обґрунтуванні основних понять та показників), аналітичний, економетричний та економіко-статистичний методи (при здійсненні соціо-еколого-економічної оцінки охорони атмосферного повітря), а також метод логічного узагальнення (графічний і табличний).

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ОХОРОНИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

1.1. Поняття та сутність охорони атмосферного повітря

Атмосферне повітря – життєво важливий компонент навколишнього природного середовища, який являє собою природну суміш газів, що знаходиться за межами жилих, виробничих та інших приміщень [22].

Атмосферне повітря має важливе економічне значення – використовується як сировина для хімічної промисловості, енергетичний ресурс, середовище зв'язку і руху літальних апаратів тощо.

Основними компонентами атмосфери є азот (близько 78,1%), кисень (близько 20,1%), аргон (близько 0,94%), вуглекислий газ (0,027%) та деякі інші домішки (водень, неон, гелій, метан тощо) [10].

Охорона атмосферного повітря – система заходів, пов'язаних із збереженням, поліпшенням та відновленням стану атмосферного повітря, запобіганням та зниженням рівня його забруднення та впливу на нього хімічних сполук, фізичних та біологічних факторів [22].

Під забрудненням атмосферного повітря розуміють збільшення концентрації фізичних, хімічних та біологічних компонентів понад рівень, що виводить природні системи зі стану рівноваги. Серед промислових викидів основними джерелами забруднення атмосферного повітря є низькі технологічні та вентиляційні викиди (світлові та вентиляційні ліхтарі цехів, труби вентиляційних установок тощо) неперервної дії, що складають близько 80% від загальної кількості викидів. Надзвичайно важливою особливістю таких викидів, з точки зору забруднення атмосфери, є те, що максимальні концентрації шкідливих речовин існують у безпосередній близькості від місця їхнього виникнення [47].

Атмосферне повітря забруднюється різними газами, дрібними часточками і рідкими речовинами, які негативно впливають на живі істоти, погіршуючи умови їх існування.

Джерела забруднення атмосфери можуть бути природними і штучними (антропогенними) (рис. 1.1) [28].

Природне забруднення атмосфери. До природних джерел атмосферного забруднення відносять пилові бурі, виверження вулканів, космічний пил та ін. (рис. 1.1).



Рис 1.1. Джерела забруднення атмосферного повітря

Продукти природного забруднення атмосфери на 3/4 складені із неорганічних речовин. Це продукти вивітрювання гірських порід, частинки ґрунтів, попіл, сіль та ін. [35].

В атмосфері Землі присутні різноманітні органічні домішки, які є продуктами життєдіяльності організмів. Це вуглеводні спирти, органічні кислоти, ефіри, альдегіди.

Якщо природні джерела забруднення не перевищуються гранично допустимої концентрації (ГДК), то вони не спричинюють істотних змін повітря. Інтенсивне поширення природного джерела забруднення на певній території (викиди попелу і газів вулканами, лісові і степові пожежі) може стати серйозною причиною забруднення атмосфери [35].

Штучне (антропогенне) забруднення атмосфери відбувається під впливом діяльності людини внаслідок зміни її складу і властивостей. Штучні джерела забруднення поділяються на стаціонарні і пересувні.

Найважливішими штучними джерелами забруднення є:

- Теплові електростанції. Забруднюють атмосферу викидами, що містять сірчистий ангідрид, двоокис сірки, окисли азоту, сажу, яка є носієм смолистих речовин, пил і зола, що містять солі важких металів.
- Комбінати чорної металургії, що включають доменне, сталеплавильне, прокатне виробництва; гірничорудні цехи, агломераційні фабрики, заводи коксохімічні та по переробці відходів основних виробництв, теплоенергетичні установки. Викиди цих підприємств в атмосферу містять оксид вуглецю, сірчистий ангідрид, пил окисли азоту, сірководень, аміак, сірковуглець, аерозолі хрому і марганцю бензол, фенол, піридин, нафталан.
- Кольорова металургія - забруднює атмосферу сполуками фтору кольорових і важких металів (часто у вигляді аерозолів), парами ртуті, сірчистим ангідридом, окислами азоту, окислом вуглецю, поліметалічним пилом, смолистими речовинами, вуглеводнями, що містять бенз(а)пірен.
- Машинобудування і металообробка. Викиди в атмосферу підприємств цього профілю містять аерозолі сполук кольорових і важких металів, зокрема парів ртуті, з парами органічних розчинників.
- Нафтопереробна і нафтохімічна промисловість. Є джерелом таких забруднювачів атмосфери: сірководню, сірчистого ангідриду, окису вуглецю, аміаку, вуглеводнів, у тому числі бенз(а)пірену.
- Підприємства неорганічної хімії. Викиди в атмосферу містять окисли сірки й азоту, сірководень, аміак, сполуки фосфору, вільний хлор, оксид вуглецю.
- Підприємства органічної хімії, викидають в атмосферу велику кількість органічних речовин, що мають складний хімічний склад, соляної кислоти, сполук важких металів, сажі й пилу.
- Підприємства по виробництву будівельних матеріалів, забруднюють атмосферу пилом, що містить сполуки важких металів, фтору, двоокису кремнію, азбесту, гіпсу, тонкодисперсним скляним пилом.

- Хімічне забруднення атмосфери автотранспортом. Важливим фактором, який визначає географію хімічного забруднення середовища, є автотранспорт [35].

Забруднення навколишнього середовища автотранспортом – одне з найбільш небезпечних для здоров'я людини, тому що вихлопні гази надходять у приземний шар повітря, звідки утруднене їх розсіювання; до того ж будинки жилих кварталів, які знаходяться поряд з автомагістралями, є свого роду екраном для вловлювання забруднювачів [35].

Радіоактивне забруднення атмосфери – це забруднення атмосферного повітря радіоактивними домішками природного та антропогенного походження. Джерелами такого забруднення є ядерні вибухи, атомна енергетика та промислові підприємства, що використовують радіоактивні речовини у виробничому циклі. Потрапляючи у атмосферу радіоактивні речовини повітряними течіями розносяться на значні відстані, концентруються в основному на аерозолях, разом з якими поширюються, з опадами або під впливом гравітації осаджуються на землі [27].

Ця проблема вперше виникла у 1945 р. після вибуху двох атомних бомб, скинутих з американських літаків на японські міста Хіросіму і Нагасакі. Незалежно від діяльності людини є також природна радіоактивність. Живі істоти певною мірою пристосувалися до неї, хоча вона належить до шкідливих факторів. Це не нове явище, новим є лише спосіб використання його людиною.

Радіоактивність і супутні з нею іонізуючі випромінювання існували на Землі задовго до зародження життя і були у Космосі до виникнення нашої планети, а до складу Землі увійшли із самого початку її утворення. Іонізуюча радіація є найважливішим елементом навколишнього середовища, який постійно впливає на стан біосфери, в тому числі і на людину. Її властивості і біологічна активність залежать від інтенсивності випромінювання [37]. Радіоактивне опромінення людей різко збільшилось внаслідок забруднення повітря радіоактивними речовинами.

1.2. Еколого-економічні наслідки забруднення атмосферного повітря

Атмосферне забруднення - це будь-які несприятливі зміни стану атмосферного повітря, цілком або частково викликані діяльністю людини, які безпосередньо чи опосередковано змінюють розподіл енергії, рівень радіації, фізико-хімічні властивості атмосфери та умови існування живих організмів. Ступінь змін і масштаб наслідків залежить, по-перше, від інтенсивності і характеру самого забруднення, по-друге, від стійкості атмосферного повітря до антропогенного навантаження.

Живі організми здатні без шкоди для себе витримувати наявність в атмосфері певної кількості забруднювальних речовин. Рівень забруднення визначається такими трьома факторами:

1. надходженням забруднювачів у повітря;
2. об'ємом простору, у якому вони розсіюються;
3. механізмами вилучення забруднювачів з атмосфери [37].

Найбільш поширеними та небезпечними категоріями забруднювачів є:

- Завислі – найдрібніші частинки і краплі, які знаходяться в повітрі у завислому стані та спостерігаються у вигляді смогу або туману.
- Вуглеводні та інші леткі органічні сполуки, наприклад, бензин, розчинники та розчини органічних речовин, що переходять у повітря у вигляді парів.
- Чадний газ (CO), дуже отруйний.
- Оксиди азоту і сірки – це здебільшого газоподібні сполуки азоту і кисню, а також сірчаний газ, отруйні для живих організмів.
- Важкі метали – свинець, кадмій, ртуть, мідь, нікель, цинк, хром тощо. Озон та інші фотохімічні окисники, тобто той озон, що надходить до приземних шарів атмосфери, де він є високотоксичним.
- Кислоти, в основному, сірчана та азотна – найчастіше наявні у вигляді крапель рідини, що утворюють кислотні опади [37].

Забруднення атмосфери неоднакове у різних регіонах. В індустріально розвинених районах воно може бути у тисячі разів більшим за

середньопланетарне. Сьогодні в містах забруднення повітря в 15 разів вище, ніж у сільській місцевості, й у 150 разів вище, ніж над океаном. У промислових районах за добу випадає понад 1 тону пилу на 1 км², у забруднених містах за рік – більше 1 кг/м² пилу і сажі [8].

У світі щороку спалюють понад 10 млрд т органічного палива, переробляють близько 2 млрд рудних і нерудних матеріалів. Лише при спалюванні вугілля у атмосферу щороку потрапляє близько 120 млн т попелу, а разом з іншими видами пилу – до 300 млн т. За приблизними підрахунками, в атмосферу за останні 100 років надійшло 1,5 млн т арсену, 1 млн т нікелю, 900 тис. т чадного газу, 600 тис. т цинку, стільки ж міді [37].

Серйозної шкоди навколишньому середовищу завдає хімічна промисловість. Особливо небезпечними є сірчисті сполуки, оксиди азоту, хлор та ін. Майже всі забруднювальні речовини можуть вступати між собою в реакції, утворюючи високотоксичні сполуки. У поєднанні з туманом це явище отримало назву фотохімічного смогу [37].

Зростання надходжень токсичних речовин у навколишнє середовище, перш за все, впливає на здоров'я населення, погіршується якість продуктів сільського господарства, відбувається вплив на клімат окремих регіонів і стан озонового шару Землі, загибель флори і фауни. Оксиди вуглецю, що поступають в атмосферу, сірки, азоту, вуглеводні, з'єднання свинцю, пил і так далі надають різну токсичну дію на організм людини.

Вплив цих речовин на здоров'я людини:

- CO – безбарвний газ, що не має запаху, входить до складу смогу. Його вперше виділив французький лікар Жак де Лассон у 1776 р. при нагріванні деревного вугілля з оксидом цинку. Отруєння чадним газом можливі на виробництві і в побуті: у доменних, мартенівських, ливарних цехах; при випробуванні двигунів, використанні паливних газів для сушіння і підігріву; у хімічній промисловості; у гаражах; при дров'яному опалюванні і т. ін. [37].

Токсичність CO зростає за наявності в повітрі азоту, в цьому випадку концентрацію CO в повітрі необхідно знижувати в 1,5 рази. У разі перевищення норм вмісту у крові 15-6% CO – гемоглобіну виникає стан отруєння [28]. При

гострих отруєннях можливі головний біль, запаморочення, нудота, блювота, слабкість, задишка, прискорений пульс; можливі швидка втрата свідомості, судоми, грудки (з подальшим руховим збудженням), порушення кровообігу і дихання, ураження зорового нерва та ін.; може розвинутися токсична пневмонія [37].

- Оксиди азоту. NO , N_2O_3 , NO_5 , N_2O_4 . В атмосферу викидається в основному діоксид азоту NO_2 – безбарвний отруйний газ, що не має запаху, дратівливо діє на органи дихання. Особливо небезпечні оксиди азоту в містах, де вони взаємодіють з вуглецькими вихлопними газами, де утворюють фотохімічний туман – смог. Отруєне оксидами азоту повітря починає діяти з легкого кашлю. При підвищенні концентрації NO , виникає сильний кашель, блювота, іноді головна біль. При контакті з вологою поверхнею слизової оболонки оксиди азоту утворюють кислоти HNO_3 і HNO_2 , які призводять до набряку легенів [28].

- SO_2 - безбарвний газ з гострим запахом, вже в малих концентраціях ($20\text{-}30 \text{ мг/м}^3$) створює неприємний смак в роті, дратує слизові оболонки очей і дихальних шляхів.

- Вуглеводні (пари бензину, метану і так далі). За характером впливу на організм людини розрізняють 2 групи: подразнювальні й канцерогенні. Подразнювальні вуглеводні наркотично впливають на центральну нервову систему (запаморочення і тому подібне), діють на слизові оболонки. Так при вдиханні протягом 8 годин пари бензину в концентрації 600 мг/м^3 виникають головні болі, кашель, неприємні відчуття в горлі. До них належить альдегіди, всі насичені й ненасичені неароматичні сполуки вуглецю з воднем.

Вуглеводні канцерогенні групи – найбезпечніші для здоров'я людини, особливо шкідливий бенз(а)пірен, який є індикатором. При тривалій дії на людину альдегіди викликають роздратування слизових оболонок очей і дихальних шляхів, а при підвищенні концентрації наголошується головна біль, слабкість, втрата апетиту, безсоння.

- З'єднання свинцю. У організм через органи дихання поступає приблизно 50% з'єднань свинцю. Під дією свинцю порушується синтез

гемоглобіну, виникає захворювання дихальних шляхів, сечостатевої системи, нервової системи.

Особливо небезпечні з'єднання свинцю для дітей дошкільного віку. У великих містах вміст свинцю в атмосфері досягає 5-38 мг/м³, що перевищує природний фон в 10 000 разів.

- Утворення кислотних дощів пов'язане з надходженням у вологу атмосферу оксиду сірки і азоту. Особливу небезпеку представляють стаціонарні джерела (теплові електростанції та ін.). Кислотні дощі знижують родючість ґрунтів, погіршують здоров'я населення.

- Формальдегід – газоподібна речовина з різким та неприємним запахом. Формальдегід є джерелом постійного природного фонового забруднення, найбільші значення якого спостерігаються у повітрі промислових центрів.

Джерела антропогенного надходження формальдегіду у навколишнє середовище – металургійні та хімічні підприємства, виробництво з виготовлення меблів, полімерів та будівельних матеріалів.

Найбільша частка його надходить у повітря з відпрацьованими газами автотранспорту.

Формальдегід внесений до списку отруйних канцерогенних речовин, токсичний. Він негативно впливає на генетичний матеріал, дихальні шляхи, очі, шкіру, печінку, нирки, вражає центральну нервову систему.

- Пил атмосферний – сукупність завислих в повітрі дрібних (1-2—10-4 см) твердих частинок, здатних в безвітряну погоду осідати на поверхню Землі.

Джерела пилу можуть бути як природного походження (вивітрювання гірських порід, виверження вулкану), так і індустріального (викиди промислових підприємств). Основна кількість пилу зосереджена на висотах до 500 м [2].

Вплив атмосферних забруднень поширюється і на рослинний, і на тваринний світ. Викиди заводів уражують усі види рослинності – декоративні і фруктові дерева, чагарники і ліси, сільськогосподарські культури і навіть трав'яний покрив. Токсичні речовини порушують структуру листя і погіршують

обмін речовин. Забарвлення листя змінюється, воно деформується і відмирає, а потім патологічний процес поширюється на увесь рослинний організм.

Найнебезпечнішими для флори є сполуки сірки і фтору. Унаслідок надлишку в повітрі сірчистого ангідриду листя дерев темнішає, зморщується й опадає, а голки хвойних дерев стають спочатку темно-червоними, а потім засихають. Листя культурних рослин знебарвлюється, опадає, і вони гинуть. Листя і квіти під дією фтору бліднуть, укриваються плямами й опадають. Великої шкоди зеленим насадженням завдають вуглецю оксид, хлор і хлористоводнева кислота, а також вуглеводні, зокрема бензол, атрацен, бензпірен. Особливо небезпечні для рослин відпрацьовані гази автомобілів, дія котрих спричинює масове знищення дерев, чагарників і трав [39].

Серед екологічних наслідків забруднення слід виділити також наступні:

1. Виникнення димних туманів – смогів, до яких призводять хімічні реакції, які відбуваються в повітрі;
2. Руйнування озонового шару;
3. Кислотні опади;
4. Парниковий ефект.

Розглянемо вказані екологічні наслідки детальніше.

Смог – це суміш диму, туману і пилу, що виникає в атмосфері промислових міст із частинок сажі, попелу, продуктів сухої перегонки пального [47].

Смоги виникають за таких умов: по-перше, великої кількості пилу і газів, які міста викидають у повітря, по-друге, довгого існування антициклонів, коли забруднювачі нагромаджуються в приземному шарі атмосфери [8]. Шкідливий вплив забрудненого атмосферного повітря на здоров'я населення було доведено вже після відомих токсичних туманів у містах Європи та Америки [39].

Смоги бувають кількох типів:

- *Лондонський (чорний) смог (вологий смог – найбільш вивчений)*. Для нього характерною є низька температура (біля 0°C) та висока вологість (до 100%); підвищений вміст сажі, оксидів карбону, нітрогену, сульфуру, що утворюються при спалюванні палива [47].

За чотири дні Лондонського смогу в 1952 році загинуло понад 4 тис. осіб. Він звичайний для країн з морським кліматом, де часто бувають тумани та висока відносна вологість повітря. Це сприяє змішуванню забруднювальних речовин, їх взаємодії в хімічних реакціях. При антициклонах над містами й промисловими центрами отруйні гази та пил можуть накопичитись у 100-200-метровому шарі повітря. Тоді й виникає отруйний густий брудно-жовтий туман-вологий смог [27].

- *Лос-анжелеський (білий) смог-фотохімічний.* Для нього характерною є висока температура (більше 30 °С), відсутність перемішування шарів повітря у вертикальному напрямі; значна концентрація викидів автотранспорту [47]. Клімат в Лос-Анджелесі (США) сухий, тому смог тут утворює не туман, а синювату млу.

Для його виникнення необхідне сонячне світло, яке викликає складне фотохімічне перетворення суміші вуглецю та оксидів азоту, які надходили в повітря від автомобільних викидів, у речовини, більш токсичні від вихідних атмосферних забруднень. Фотохімічний туман різко знижує видимість, супроводжується неприємним запахом, у людей виникає запалення очей, слизових оболонок носа і горла, загострюються легеневі захворювання.

Фотохімічний туман пошкоджує рослини, викликає корозію металів, розтріскування синтетичних виробів та ін. [27].

З міс. 1971 р. під час фотохімічного смогу в Токіо до лікарні потрапило близько 8000 отруєних людей. Безпосередньою причиною смерті була серцево-судинна недостатність [39].

Американець Луїс Батонн у книзі «Чисте небо» писав: "Одне з двох – або люди зроблять так, що буде в повітрі менше диму, або дим зробить так, що на Землі стане менше людей".

- *Аляскінський (льодяний) смог* виникає в північних широтах. Для нього характерною є температура нижче -30°С, висока вологість, забруднене повітря. Він виникає в Арктиці й Субарктиці при низьких температурах в антициклоні. Смоги характерні для таких міст, які розташовані в гірських котловинах, де застоюється повітря, наприклад, в Лос-Анджелесі, Нью-Йорку, Чикаго, Токіо, Мілані [8].

Тривалість смогів – від одного до кількох днів, але інтенсивність забруднення може бути настільки великою, що нерідко викликає жертви серед населення. Коли концентрація токсичних речовин в повітрі досягає 2-4 мг/м³, кількість померлих може зростати у порівнянні з середньою кількістю смертельних випадків [27].

Руйнування озонового екрану («озонова дірка»). Своєрідну «озонову дірку» виявлено над Антарктидою. Вміст озону над Антарктидою дедалі зменшується, межі «озонової дірки» розширюються. «Озонова дірка» існує не постійно, а близько місяця на рік, переважно в жовтні. Вона розширюється в бік Австралії, Південної Америки й Африки, що викликає тривогу [8].

Наслідками її існування є:

- більш високий рівень ультрафіолетового випромінювання на поверхні землі;
- збільшення захворювань на рак шкіри;
- зміна температурного режиму;
- зміна режиму вітрів і дощів;
- підвищення рівня моря [47].

Кислотні опади – всі види метеорологічних опадів (дощ, сніг, град, туман, дощ зі снігом), рН яких менший 5,5. Кислотні дощі залишають на листі дерев чорні плями, окислюють озера і ґрунти, змінюють їхній хімічний оклад. Так, за останні десять років у Швеції з 90 тис. озер окислено 20 тис, у Канаді – 50 тис. Близько половини озер у Норвегії мертві, там загинула риба (рН = 5). Серйозно уражені кислотними дощами близько 1 млн га вічнозелених лісів у Центральній Європі, близько 100 тис. га гинуть. Кислотні опади посилюють корозію різних матеріалів і конструкцій. Особливо небезпечні вони для унікальних історичних пам'яток, зокрема мармурових [8].

Такі дощі завдають величезних збитків. Урожайність більшості сільськогосподарських культур знижується на 3-8% у результаті пошкодження листя кислотами. Кислі опади сприяють вимиванню з ґрунту кальцію, магнію, калію, що викликає його деградацію [27].

Парниковий ефект (глобальне потепління). Причинами виникнення є накопичення в атмосфері «парникових газів» – вуглекислого газу, метану, озону, оксидів нітрогену, хлорфторвуглеводнів (ХФВ), пара води. За останні 100 років середньорічна глобальна температура піднялася на 0,3-0,6°C [47]. За різними прогнозами, завдяки збільшенню концентрації в атмосфері парникових газів, до 2050 р. середня температура на Землі підвищиться (порівняно з 2000р.) на 1–3,5°C [25].

Наукові дослідження також переконують, що глобальне потепління та інші геоекологічні порушення призводять до:

- перетворення сільськогосподарських угідь на пустелі (щороку близько 6 млн. га);
- лісових пожеж;
- танення льодовиків (в Антарктиді та інших регіонах світу, унаслідок чого рівень води в океанах може піднятися на 5–10 м, а це означає, що значні території прибережних країн опиняться під водою і, відповідно, мільйони жителів стануть т.зв. геоекологічними біженцями), появи нових хвороб тощо [9].

Для оцінки розміру збитків, які завдає підприємство-забруднювач атмосферному повітрі використовується Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря.

Ця Методика поширюється на державних інспекторів України з охорони навколишнього природного середовища та державних інспекторів з охорони навколишнього природного середовища відповідних територій при розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, що виявлені за результатами державного контролю за додержанням суб'єктами господарювання вимог природоохоронного законодавства.

Розрахунок маси наднормативного викиду забруднювальної речовини в атмосферне повітря від джерела викиду забруднювальних речовин, віднесеного до основних джерел викидів, здійснюється за формулою:

$$m_i = 3,6 \times 10^{-6} \times ((p_o)_{Vi} - (p_o)_{V,норм}) \times q_v \times T \quad (1.1)$$

де m_i – маса наднормативного викиду i -тої забруднювальної речовини в атмосферне повітря від джерела викиду цієї забруднювальної речовини, т;

$(p_o)_{Bi}$ – середнє значення масової концентрації i -тої забруднювальної речовини, мг/м³;

$(p_o)_{B.норм}$ – значення затвердженого нормативу викиду i -тої забруднювальної речовини, наведеного в дозволі на викид, мг/ м³;

q_v – значення об'ємної витрати газопилового потоку від джерела викиду i -тої забруднюючої речовини, приведене до нормальних умов, м³/с; або за формулою :

$$m_i = 3,6 \times 10^{-3} \times (q_{mi} - q_{m \text{ норм}}) \times T, \quad (1.2)$$

де m_i – маса наднормативного викиду i -тої забруднювальної речовини в атмосферне повітря від джерела викиду цієї забруднювальної речовини, т;

q_{mi} – середнє значення масової витрати i -тої забруднювальної речовини, г/с;

$q_{m \text{ норм}}$ – значення затвердженого нормативу викиду i -тої забруднювальної речовини, наведеного в дозволі на викид, г/с;

T – час роботи джерела викиду i -тої забруднюючої речовини в режимі наднормативного викиду, год.

Дані формули корегуються в залежності від обставин на підприємстві, яке здійснює викиди та самих забруднювальних речовин.

Розмір відшкодування збитків за наднормативний викид однієї тонни забруднюючої речовини в атмосферне повітря розраховується на основі розміру мінімальної заробітної плати, установленної на час виявлення порушення, помноженої на коефіцієнт 1,1, з урахуванням регулювальних коефіцієнтів і показника відносної небезпечності кожної забруднювальної речовини.

Розмір збитків розраховують за формулою:

$$З = m_i \times 1,1П \times A_i \times K_T \times K_{zi}, \quad (1.3)$$

де $З$ – розмір збитків, грн;

m_i – маса i -тої забруднюючої речовини, що викинута в атмосферне повітря наднормативно, т;

$1,1\Pi$ – розмір мінімальної заробітної плати (Π) на момент виявлення порушення за одну тону умовної забруднювальної речовини, помноженої на коефіцієнт (1,1), грн/т;

A_i – безрозмірний показник відносної небезпечності i -тої забруднювальної речовини;

K_T – коефіцієнт, що враховує територіальні соціально-екологічні особливості;

K_{zi} – коефіцієнт, що залежить від рівня забруднення атмосферного повітря населеного пункту i -тою забруднюючою речовиною.

Загальний розмір відшкодування збитків розраховується як сума розмірів збитків за наднормативний викид в атмосферне повітря кожної забруднювальної речовини.

Безрозмірний показник відносної небезпечності i -тої забруднюючої речовини (A_i) визначається із співвідношення за формулою:

$$A_i = 1/\Gamma ДК_i, \quad (1.4)$$

де $\Gamma ДК_i$ – середньодобова граничнодопустима концентрація або орієнтовно безпечний рівень впливу (ОБРВ) i -тої забруднюючої речовини, мг/ м³.

Для речовин з $\Gamma ДК$ більше одиниці в чисельнику вводиться поправний коефіцієнт 10.

Для речовин, за якими відсутня величина середньодобової граничнодопустимої концентрації, при визначенні показника відносної небезпечності береться величина максимальної разової $\Gamma ДК$ забруднювальної речовини в атмосферному повітрі. Для речовин, за якими відсутні величини $\Gamma ДК$ і ОБРВ, показник відносної небезпечності A_i приймається рівним 500.

Коефіцієнт, що враховує територіальні соціально-екологічні особливості (K_T), залежить від чисельності мешканців населеного пункту, його народногосподарського значення і розраховують за формулою:

$$K_T = K_{нас} \times K_{ф}, \quad (1.5)$$

де $K_{\text{нас}}$ – коефіцієнт, що залежить від чисельності жителів населеного пункту;

K_{ϕ} – коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення населеного пункту.

Коефіцієнт, що залежить від рівня забруднення атмосферного повітря населеного пункту i -тою забруднюючою речовиною (K_{zi}), визначають за формулою:

$$K_{zi} = (po)_{Bi} / \text{ГДК}_{\text{Сді}} , \quad (1.6.)$$

де $(po)_{Bi}$ – середньорічна концентрація i -тої забруднювальної речовини за даними прямих інструментальних вимірів на стаціонарних постах за попередній рік, мг/ м³;

$\text{ГДК}_{\text{Сді}}$ – середньодобова гранична допустима концентрація i -тої забруднювальної речовини, мг/ м³ [32].

Методи захисту повітряного середовища від шкідливих викидів:

1. Архітектурно-планувальні заходи, пов'язані з правильним взаємним розміщенням джерел викидів і житлової забудови з урахуванням напрямку вітру, облаштуванням навколо промислових підприємств зелених зон тощо.

2. Інженерно-організаційні заходи, спрямовані на зниження інтенсивності руху автотранспорту (будівництво об'їзних і окружних доріг навколо міст і населених пунктів, спорудження різнорівневих розв'язок на перехрестях доріг).

3. Екологізація виробництв, а саме впровадження маловідходних технологій.

4. Техніко-технологічні заходи очистки викидів. Для очищення газів від твердих і рідких часток використовують технології сухої інерційної очистки газів, мокрої очистки газів, фільтрації, електростатичного осадження. Для очистки газів від токсичних газо- і пароподібних компонентів використовують методи абсорбції, адсорбції, термічні і каталітичні.

5. Організація санітарно-захисних зон.

Санітарно-захисна зона – це смуга, яка відділяє джерело промислового забруднення від житлових або громадських будівель для захисту населення від впливу шкідливих чинників виробництва [47].

1.3. Міжнародне економіко-правове регулювання охорони атмосферного повітря

Атмосферу, залежно від висоти над поверхнею Землі поділяють на тропосферу (до висоти 18 км), стратосферу (до 50 км), мезосферу (до 80 км) та інші шари (термосфера до 800 км над поверхнею Землі, потім – екзосфера), які поступово переходять у міжпланетарний простір. Особливе значення для правового регулювання є шар озону (на висоті 20–25 км над Землею), який захищає усе живе від ультрафіолетового випромінювання.

Захист озонового шару та клімату переважно регулюються нормами міжнародного екологічного права [10].

Специфіка атмосферного повітря як природного об'єкта обумовила особливості його правової охорони:

1) признаючи атмосферне повітря як природний ресурс, законодавство якого, на відміну від інших природних об'єктів, не встановлює права власності на нього;

2) в законодавстві про атмосферне повітря відсутні спеціальні розділи про використання названого природного ресурсу, тому, на відміну від інших природних ресурсів, не виникають різновидності права використання атмосферного повітря;

3) як частина навколишнього природного середовища в кількісному складі не враховується, але тут нормативно закріплений державний облік шкідливих впливів на атмосферне повітря;

4) нормативно встановлена дозволяюча система регулювання викидів в атмосферу, що породжує відповідні правові наслідки та ін. [1].

Під правовим регулюванням атмосфероповітряних охоронних заходів слід розуміти систему правових приписів, які регулюють відносини, що виникають у даній сфері, з метою збереження сприятливого стану атмосферного повітря, поліпшення й відтворення його стану, запобігання забрудненню та впливу на нього хімічних сполук, фізичних та біологічних чинників та зниження його рівня [5].

Міжнародне екологічне право – це сукупність принципів і норм міжнародного публічного права, що регулюють відносини у сфері охорони навколишнього середовища та раціонального використання його ресурсів.

Основний обсяг роботи, спрямованої на координацію міжнародного співробітництва у сфері охорони навколишнього середовища, під егідою ООН здійснюється в рамках Програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП), Всесвітньої організації з охорони здоров'я (ВООЗ), Організації ООН з питань освіти, науки та культури (ЮНЕСКО), групи Світового банку, Форуму ООН по лісам.

Міжнародно-правова охорона планетарного середовища здійснюється у таких основних напрямках:

- охорона атмосферного повітря;
- охорона озонового шару;
- попередження радіаційного впливу на навколишнє середовище.

Центральне місце в системі норм по охороні атмосфери Землі посідають Конвенція про заборону військового або будь-якого ворожого використання засобів впливу на природне середовище 1977 р., Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані 1979 р., Рамкова конвенція ООН про зміну клімату 1992 р та Кіотський протокол до неї 1997 р. [30].

Відповідно до Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані 1979 р. держави домовилися про необхідні заходи щодо скорочення і запобігання забрудненню повітря, передусім відносно засобів боротьби із викидами забруднень повітря (головним чином сірки, азоту та їх сполук). Передбачається, зокрема, обмін інформацією з цих питань, періодичні консультації, здійснення спільних програм регулювання якості повітря і підготовці відповідних фахівців відповідних спеціальностей. На основі Конвенції в структурі Європейської економічної комісії ООН створений спеціальний орган, що забезпечує координацію національних заходів по виконанню конвенційних положень. У 1985 р. до Конвенції був прийнятий Протокол про скорочення викидів сірки або їх транскордонних потоків, згідно якому викиди сірки повинні бути скорочені до 1993 р. на 30%.

Метою Рамкової конвенції ООН про зміну клімату 1992 р. є стабілізація концентрації парникових газів в атмосфері на такому рівні, який не допускав би небезпечної антропогенної дії на кліматичну систему. Учасники Конвенції мають вживати попереджувальні заходи у області прогнозування, запобігання або зведення до мінімуму причин зміни клімату і зменшення його негативних наслідків. Кіотський протокол 1997 р., зокрема, встановлює обсяги допустимих викидів державами парникових газів, а також допускає можливість продажу квот річних викидів [30].

Іншим складовим елементом системи міжнародного захисту природи є охорона озонowego шару. Віденська конвенція про охорону озонowego шару 1985 р. і Монреальський протокол по речовинах, що руйнують озонувий шар, 1987 р. дають перелік озоноруйнуючих речовин, визначають заходи по забороні ввезення і вивозу озоноруйнуючих речовин і продукції, що їх утримує, без відповідного дозволу (ліцензії) [30].

За останні десятиліття якість повітря в Європі значно покращилася, але його забруднення залишається основним екологічним чинником, який пов'язаний з попередженням хвороб та передчасної смертності в ЄС і все ще має значний негативний вплив на значну частину природнього середовища Європи [52].

Згідно з даними ОЕСР забруднення повітря в містах може стати основною екологічною причиною смертності у всьому світі до 2050 року, випереджаючи брудну воду та антисанітарію [56].

Краща якість повітря також пропонує економічні можливості, в тому числі і для тих секторів, які використовують еко-технології. Основні інженерні фірми в ЄС вже отримали близько 40% прибутків від власних екологічних портфелів і ця частка продовжує зростати.

На даний момент більше третини економічної зони ЄС управління якістю повітря перевищують граничні значення для твердих частинок (PM10) і четвертина для діоксиду азоту (NO₂). Зараз 17 держав-членів знаходяться в процесі внесення в своє законодавство змін щодо кримінального впровадження за недотримання вимог щодо концентрації твердих частинок.

Тривалі суттєві порушення стандартів якості повітря можуть бути вирішені в короткостроковій і середньостроковій перспективі за рахунок ефективної реалізації чинного законодавства ЄС і додаткових заходів на національному рівні. Транспонування зміненого Гетеборзького протоколу, прийнятого в 2012 році, також буде необхідним для вирівнювання нормативно-правової бази ЄС до міжнародних зобов'язань ЄС. Метою цих заходів є досягнення повної відповідності існуючим стандартам якості повітря не пізніше 2020 року.

Серед заходів, які необхідні для забезпечення відповідності якості повітря міжнародним стандартам, необхідно виділити наступні:

1. Завершення незакінченої справи: встановлення допустимого рівня викидів дизельних машин малої вантажопідйомності;
2. Сприяння розширенню технічних та управлінських можливостей;
3. Розширення місцевих та регіональних інструментів управління якістю повітря;
4. Директива ЄС щодо якості повітря (The Ambient Air Quality Directive).

Політика ЄС щодо чистоти повітря стимулювала інновації в галузі боротьби з забрудненням та радикально поліпшила екологічні показники ключових секторів економіки. Вона гарантувала економічне зростання та збільшення кількості робочих місць, а також відкрила нові можливості для зелених технологій в ЄС та за його межами [52].

Однак, не зважаючи на такі успіхи, залишаються істотні негативні впливи, які є джерелом постійною клопотаності у значної частини громадян ЄС [51]. У 2010 році забруднення атмосферного повітря стало причиною більше 400 000 випадків передчасної смерті (в тому числі від респіраторних захворювань та серцево-судинних захворювань). Загальні зовнішні витрати на усунення негативних впливів варіювалися в межах 330-940 млрд євро, включаючи втрати продуктивності праці та інших прямих економічних збитків на суму 23 млрд євро на рік. Екосистеми також страждають, що проявляється у цвітінні водоростей, вимирання риби та інших порушень, які є наслідками забруднення біогенними речовинами азоту («евтрофікацією»).

Навіть за умови дотримання і здійснення існуючого законодавства в повному обсязі (без необхідних змін), ЄС буде страждати від значних негативних впливів на здоров'я населення та навколишнє середовище. За базовий рік було взято 2005 р. та розраховано вплив екологічної політики на здоров'я населення та площу екосистем, в межах яких виявлено значні порушення (табл.1.2.)

Таблиця 1.1.

Прогноз негативних впливів від забруднення повітря (допрацьовано за [55])

Рік	Вплив на здоров'я (передчасна смертність)	Площа екосистем, що перевищує межі евтрофікації, %
2005 (базовий)	406 000 осіб	62
2025	- 37%	- 21
2030	- 40%	- 22

Якщо поглянути на статистику, то з 2005 по 2020 рік передчасні смерті в ЄС, пов'язані з впливом від забруднення повітря знизилися на 45%. Якщо якість повітря продовжуватиме покращуватися такими темпами, а кількість передчасних смертей продовжуватиме падати, ціль буде досягнута до 2026 року. Однак ця оцінка базується виключно на припущенні, що спостережувана тенденція буде продовжуватиметься [4].

У доповіді Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD) з питань зміни клімату за 2011 рік Вірджіні Маршал (*Virginie Marchal*) з колегами зазначив, що викиди росли повільніше, ніж ВВП як в країнах з високим рівнем доходу, так і в тих, що розвиваються, включаючи Китай [54].

Слід зазначити, що чотири останні саміти в межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату – в Копенгагені в 2009 році, в Канкуні в 2010 році, в Дурбані в 2011 році і в Досі в 2012 році – пройшли без значних зрушень в політиці, яка стосується попередження змін клімату. В них, особливо в Дурбанській, прослідковуються лише слабкі обіцянки значних змін в майбутньому, замість конкретних зобов'язань на теперішньому етапі.

Підсумковий документ Саміту Ріо+20, проведеного в червні 2012 року, «Майбутнє, якого ми прагнемо» («The Future We Want») містить деякі потенційно корисні ідеї та обіцянки. Однією з таких було зобов'язання розробити нові екологічно чисті технології в різних сферах, що зменшило б негативний вплив на довкілля.

Глобальні викиди вуглекислого газу (CO_2) від спалювання енергії та промислових процесів у 2022 році зросли на 0,9%, або на 321 Мт, до нового історичного максимуму в 36,8 Гт. Ця оцінка базується на детальному аналізі ІЕА (International Energy Agency) за регіонами та за видами палива.

Збільшення минулого року сталося після двох років виняткових коливань викидів, пов'язаних з енергетикою. У 2020 році викиди скоротилися більш ніж на 5%, оскільки пандемія Covid-19 скоротила попит на енергію. У 2021 році викиди відновилися до рівня до пандемії, зросли більш ніж на 6% разом із стимулюванням економіки та впровадженням вакцин (рис 1.2) [58].

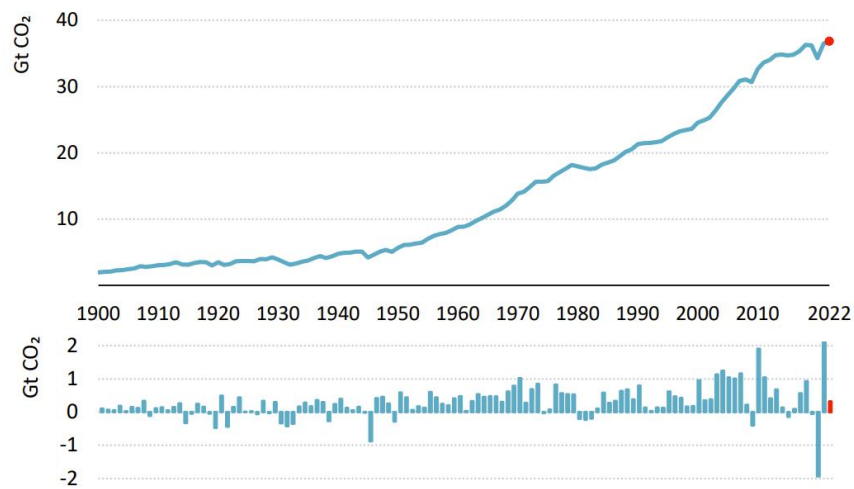


Рис. 1.2. Глобальні викиди CO_2 (гігатонн) від спалювання енергії та промислових процесів та їх річні зміни, 1900-2022 рр.. [58]

Викиди CO_2 від спалювання енергії зросли приблизно на 1,3% або 423 Мт у 2022 році, тоді як викиди CO_2 від промислових процесів скоротилися на 102 Мт. Зростання викидів у 2022 році було нижчим за зростання світового ВВП (+3,2%), повертаючись до тенденції, яка тривала десятиліття. розмежування викидів та економічного зростання, яке було порушено у 2021 році. Тим часом покращення ефективності використання енергії CO_2 було дещо повільніше, ніж середньорічний показник останнього десятиліття

(2012-2021). Існували різні тенденції між регіонами та секторами. Викиди CO₂ зросли в Північній Америці та Азії (за винятком Китаю), переважаючи скорочення в Європі та Китаї. На глобальному рівні викиди CO₂ від енергетики та транспорту зросли на 261 Мт і 254 Мт відповідно, більш ніж компенсуючи скорочення від промисловості та інших секторів [58].

У зв'язку з повномасштабним військовим вторгненням Росії в Україну у 2022 році, зростанням цін на енергоносії, зростанням інфляції та серйозними перебоями в традиційних потоках торгівлі паливом глобальне зростання викидів було нижчим, ніж очікувалося [58].

Зростання сонячної та вітрової генерації допомогло запобігти викидам близько 465 Мт CO₂ в енергетичному секторі. Інші технології чистої енергії, включаючи інші відновлювані джерела енергії, електромобілі та теплові насоси, допомогли запобігти викиду додатково приблизно 85 Мт CO₂. Без цього зростання долі чистої енергії щорічне збільшення викидів, пов'язаних з енергією, було б майже втричі. Скорочення викидів також сталось через економічне уповільнення, зокрема на 155 Мт CO₂ скоротились викиди енергоємного промислового виробництва, головним чином у Китаї, Європейському Союзі, Японії, Кореї та Північній Америці. Із загального збільшення на 321 Мт CO₂ екстремальні температури спричинили 60 Мт пов'язаних з опалення та охолодження будівель. Зменшення виробництва електроенергії на атомних електростанціях через технічне обслуговування призвело до ще 55 Мт викидів CO₂.

В Українському законодавстві основою для створення та існування державної системи моніторингу довкілля є стаття 50 Конституції України, що гарантує кожному право вільного доступу до інформації про стан довкілля, а також право на її поширення.

Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» передбачено створення державної системи моніторингу навколишнього природного середовища (далі – ДСМД) та проведення спостережень за станом навколишнього природного середовища, рівнем його забруднення. Виконання цих функцій покладено на Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів

України та інші центральні органи виконавчої влади, які є суб'єктами державної системи моніторингу довкілля, а також підприємства, установи та організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля. Основні принципи функціонування ДСМД визначені у постанові Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля». Відповідно до нього, ДСМД - це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки. Зазначене Положення визначає порядок створення та функціонування ДСМД в Україні, закріплює об'єкти довкілля за кожним із суб'єктів моніторингу на рівні підсистем ДСМД.[7]

Висновки до розділу 1

1. Забруднення повітря стало великою соціальною й економічною проблемою для багатьох розвинених країн, особливо для великих міст, промислових агломератів. Це є одним з основних чинників проблем зі здоров'ям у багатьох куточках світу (Статистика Світової організації здоров'я). Саме тому виникає гостра необхідність всебічного і цілеспрямованого позитивного впливу на атмосферу за допомогою правових норм.

2. Забруднення атмосферного повітря може бути природним (пиліві бурі, виверження вулканів, космічний пил та ін.) або штучним (антропогенний вплив). Найбільшими забруднювачами є галузі промисловості, автомобільний транспорт. Значний негативний вплив має радіоактивне забруднення, яке характерне для України після катастрофи 1986 року на Чорнобильській АЕС.

3. Серед глобальних екологічних наслідків забруднення атмосферного повітря є поява смогів, руйнування озонового шару, підвищення температури, кислотні опади тощо, які негативно впливають на здоров'я людей та на флору і фауну.

4. Охорона атмосферного повітря здійснюється згідно норм національного та міжнародного екологічного законодавства. Положення

різноманітних міжнародних конвенцій та договорів знаходять своє відображення у національному законодавстві.

5. Забруднення атмосферного повітря є однією з найактуальніших проблем сучасності. Саме тому важливу роль відіграє міжнародне співробітництво в сфері охорони атмосферного повітря, спільні Програми щодо зниження викидів забруднювальних речовин, проведення досліджень, конференцій, самітів тощо, розробка та запровадження відповідних економічних механізмів, які забезпечують ефективність виконання зобов'язань держав в рамках міжнародних угод.

РОЗДІЛ 2. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВІЙНИ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ

2.1. Загальна характеристика стану атмосферного повітря

Моніторинг атмосфери – це спостереження за станом повітря і попередження критичних ситуацій, що негативно впливають на здоров'я людей та стан інших живих організмів [2].

Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 827 державний моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря (далі - моніторинг атмосферного повітря) здійснюється з метою забезпечення збирання, оброблення, збереження та проведення аналізу інформації про якість атмосферного повітря, оцінювання та прогнозування її змін і ступеня небезпечності, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі охорони атмосферного повітря, у сфері охорони навколишнього природного середовища, а також інформування населення про якість атмосферного повітря, вплив його забруднення на здоров'я та життєдіяльність населення [13].

Моніторинг атмосфери здійснюється у відповідності з Законом України «Про охорону атмосферного повітря». Він передбачає спостереження за забруднюючими речовинами, шкідливими фізичними впливами та оцінку змін природного середовища в результаті біологічного забруднення.

Моніторинг атмосфери включає такі етапи:

- визначення мети та об'єктів спостереження;
- спостереження за джерелами забруднення;
- встановлення основних видів забруднення і забруднювальних речовин;
- вивчення впливу забруднення атмосфери на живі організми;
- прогноз змін середовища в результаті забруднення атмосферного повітря;
- розробка заходів і прийняття управлінських рішень, які направлені на збереження повітря [2].

Завдяки моніторингу атмосферного повітря одержують первинні дані про склад та обсяги викидів забруднювачів, узагальнені дані про рівень забруднення на певній території за певний проміжок часу [50].

Під час моніторингу атмосфери ведуться спостереження за такими речовинами: оксид вуглецю, діоксид вуглецю, оксиди азоту, оксиди сірки, аміак, озон, вуглеводні, завислі речовини. Визначається вологість і температура повітря, рівень шкідливих фізичних впливів.

Організація спостережень передбачає контроль за поширенням шкідливих домішок як в самій атмосфері, так і між елементами системи “атмосфера – гідросфера – літосфера – біосфера”. Для цієї діяльності необхідні:

- відомості про наявні та перспективні джерела забруднення атмосфери (з урахуванням розвитку економічних районів);
- характеристика забруднювальних речовин (токсичність, здатність вступати в хімічні реакції з іншими речовинами, здатність до самоочищення);
- гідрометеорологічні дані;
- результати попередніх спостережень за забрудненням атмосфери (експедиційні дослідження);
- дані про рівні забруднення навколишнього природного середовища в сусідніх країнах;
- відомості про транскордонне перенесення шкідливих речовин.

Система контролю здійснює спостереження і контроль за джерелами забруднення, викидами шкідливих речовин в атмосферу. З цією метою Міністерство охорони навколишнього природного середовища організовує спостереження за джерелами промислових викидів в атмосферу та дотриманням ними норм гранично допустимих викидів, контролює реалізацію заходів з охорони атмосферного повітря, дотримання відповідних вимог при розміщенні, проектуванні, будівництві та введенні в експлуатацію нових підприємств [2].

Міністерство екології та природних ресурсів України, спільно із іншими органами виконавчої влади держави та місцевого самоврядування, здійснює екологічну політику, спрямовану на збереження навколишнього середовища, захист життя і здоров'я населення України, раціональне використання і відтворення природних ресурсів.

Моніторинг в галузі охорони атмосферного повітря передбачає використання як автоматичного обладнання, яке може встановлюватись

стаціонарно або ж працювати в режимі пересувного поста, так і відбір проб повітря для подальшого їх аналізування в лабораторних умовах.

На сьогодні ряд міст та облдержадміністрацій самостійно впроваджують незалежні регіональні системи моніторингу довкілля. Деякі міста співпрацюють з Гідрометслужбою для розширення та уніфікації мережі постів спостережень. Так міськвиконком м. Чернівці придбав 3 пости спостережень за якістю атмосферного повітря, а в м. Рівному надають матеріальну підтримку місцевому підрозділу Гідрометслужби. Комунальні мережі спостережень і автоматичні системи моніторингу вже впровадили у Київській області (16 стаціонарних автоматичних пунктів спостережень⁷⁴), місті Київ (4 автоматичних фіксованих пунктів спостережень⁷⁵) декілька міст в Дніпропетровській області (Дніпро, Павлоград, Нікополь, Кривий Ріг). На сьогодні ці мережі не є скоординованими, обладнання, що встановлюється є розрізненим, методики збору даних та показники не узгоджуються з Міндовкілля, що ускладнює можливість використання таких даних на національному рівні.

Пост (пункт) спостереження - це павільйон, спеціально обладнаний для здійснення автоматичного фіксування рівнів забруднюючих речовин або відбору проб повітря на вміст забруднюючих речовин, обладнанням для вимірювання метеорологічних параметрів (температури навколишнього середовища, атмосферного тиску, вологості, напрямку та сили вітру), а також допоміжним обладнанням зокрема, для обігріву та кондиціонування. Робота посту спостереження повинна забезпечуватись безперервно, окрім періодів, визначених для калібрування та/або технічного обслуговування.

Оцінка стану забруднення атмосферного повітря в містах України у першому півріччі 2023 р. здійснена за даними спостережень у 33 містах на 113 стаціонарних постах мережі моніторингу гідрометеорологічних організацій. Кількість міст та постів спостережень скорочено з 2022 р. внаслідок повномасштабних воєнних дій на території країни. Не проводяться спостереження за забрудненням повітря в Маріуполі, Лисичанську, Рубіжному, Северодонецьку, Краматорську, Слов'янську. У Херсоні спостереження проводяться тільки за оксидом вуглецю. У першому півріччі в атмосферному повітрі визначався вміст

22-х забруднювальних речовин, включаючи вісім важких металів. Загалом для України у I півріччі середні концентрації шкідливих речовин за даними з міст, де проводився моніторинг стану забруднення повітря, перевищували середньодобові гранично допустимі концентрації (ГДКс.д.) з формальдегіду – у 2,0 рази, з діоксиду азоту – в 1,4 рази; середній вміст фенолу був на рівні 0,9 ГДКс.д... За середніми концентраціями у першому півріччі перевищення ГДКс.д. зафіксовано з діоксиду азоту у 20 містах, формальдегіду - у 16, завислих речовин – у 9, фенолу – у 5, оксиду вуглецю, сажі, фтористому водню – у 2, діоксиду сірки, оксиду азоту, аміаку – в одному місті.

У першому півріччі 2023 р. зареєстровано три випадки максимального забруднення (разова концентрація дорівнює 5 ГДКм.р. і вище) атмосферного повітря сірководнем у м. Дніпро з концентрацією 0,069 мг/м³ (8,6 ГДКм.р.) у червні.

Разові максимальні концентрації вище ГДКм.р. з завислих речовин, оксиду вуглецю, діоксиду азоту, сірководню, фенолу, сажі, фтористого водню, хлористого водню і формальдегіду відмічено в 17-69% міст, де проводились спостереження.

У першому півріччі 2023 р. у 9-ми містах України - Дніпро, Кам'янське, Одеса, Миколаїв, Київ, Вінниця, Львів, Запоріжжя, Луцьк рівень забруднення повітря за комплексним індексом забруднення атмосфери (КІЗА) характеризувався як високий. У 7-ми містах відмічався підвищений рівень забруднення, у 16-ти містах – низький (табл. 1.3). У порівнянні з аналогічним періодом минулого року у 10-ти містах спостерігалось зниження рівня забруднення атмосферного повітря (за КІЗА), найбільш помітне – у Кам'янському, Кривому Розі, Одесі, Чернівцях. У 8-ми містах країни рівень забруднення дещо підвищився, найбільше – у Вінниці, Запоріжжі. У інших містах країни рівень забруднення суттєво не змінився. Високий рівень забруднення повітря був обумовлений здебільшого значними середніми концентраціями формальдегіду, діоксиду азоту, фенолу, фтористого водню, оксиду вуглецю, завислих речовин.

Таблиця 1.2.Комплексний індекс забруднення атмосферного повітря міст України у першому півріччі 2023 р.

№	Місто	КІЗА	№	Місто	КІЗА	№	Місто	КІЗА
1	Дніпро	10.7	12	Черкаси	6.2	23	Олександрія	3.4
2	Кам'янське	10.2	13	Кривий Ріг	6.1	24	Івано-Франківськ	3.3
3	Одеса	9.5	14	Полтава	5.6	25	Харків	3.1
4	Миколаїв	9.5	15	Рівне	5.6	26	Бровари	3.0
5	Київ	8.1	16	Ужгород	5.5	27	Обухів	3.0
6	Вінниця	7.7	17	Біла Церква	4.5	28	Хмельницький	3.0
7	Львів	7.4	18	Житомир	4.1	29	Ізмаїл	2.9
8	Запоріжжя	7.3	19	Тернопіль	3.9	30	Світловодськ	2.5
9	Луцьк	7.3	20	Чернігів	3.6	31	Чернівці	1.9
10	Суми	6.8	21	Українка	3.6	32	Горішні Плавні	1.4
11	Кременчук	6.7	22	Кропивницький	3.5			

Загальний рівень забруднення атмосферного повітря в містах України (за КІЗА) у першому півріччі 2023 р. дорівнював 6,0 і оцінювався як підвищений. Порівняно з аналогічним періодом минулого року він дещо знизився (було 6,3).

2.2. Аналіз викидів в атмосферу внаслідок війни в Україні

24 лютого 2022 року Росія розпочала широкомасштабне вторгнення в Україну й відтоді війна триває вже майже два роки, спричинивши гуманітарну кризу, внаслідок якої багато людей загинули, отримали поранення чи були змушені покинути свої домівки. Війна також пошкодила або зруйнувала цивільну інфраструктуру, зокрема будівлі, заводи та дороги. Війна не лише порушила життя людей, а й зруйнувала природні екосистеми та забруднила довкілля. Кожен вибух ракети чи снаряда забруднює повітря, воду та ґрунт токсичними речовинами. Постраждало чимало промислових об'єктів, через що сталися неконтрольовані хімічні викиди. Скалічені ліси та природні заповідники.

Для відстеження шкоди, завданої довкіллю, започатковано низку ініціатив. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України створило сайт [14], на якому збираються дані про шкоду для довкілля на основі звітів місцевих органів влади та цивільних осіб, які можуть повідомляти про пошкодження через відповідний застосунок.

Окрім забруднення та деградації довкілля на території України, війна спричинила значні викиди парникових газів в атмосферу. Тоді як світ бореться за суттєве скорочення викидів, щоб обмежити зростання глобальної середньої температури в межах 1,5⁰C. Ці додаткові викиди через війну ще більше ускладнюють досягнення цілей Паризької угоди. Війна також заважає заходам щодо пом'якшення наслідків зміни клімату в Україні, оскільки перенаправляє фінансові потоки на відбудову, а на Європейському континенті — на безпеку й оборону.

Цей аналіз має наступні цілі:

- зробити оцінку вплив війни на викиди в атмосферу;
- напрацювати підходи до аналізу викидів від військових дій;
- оцінити завдані збитки.

У цьому аналізі обсяги викидів парникових газів були оцінені на основі наявних джерел даних, як, наприклад, показники споживання викопного палива та кількість пошкоджених багатоквартирних будинків. Війна й досі триває, і чимало джерел даних недоступні або ж доступ до них обмежений із міркувань безпеки. Візуальний огляд часто неможливий через безпекові проблеми, мобілізацію кваліфікованих кадрів для захисту країни або через окупацію території. Тому часто єдиний доступний варіант — дистанційний моніторинг за допомогою супутників. Оцінки ґрунтуються на багатьох припущеннях, які з часом можуть бути переглянуті з надходженням додаткової інформації. Такі припущення можна буде перевірити тільки після припинення бойових дій, тобто коли війна закінчиться.

Через недоступність статистичних даних, під час підготовки аналізу використовувалась інформація з відкритих джерел — наукових досліджень, із соціальних мереж, OSINT досліджень, галузевих звітів, офіційних публікацій,

рецензованих статей та інших. Зважаючи на невизначеність даних – використовувались мінімальні значення, декілька джерел інформації та порівнювали результати кількох альтернативних підходів, де це було можливо.

Наразі не існує методології та підходів по оцінці впливу діяльності військових сил та війни. Запропоновані підходи в аналізі потенційно можуть стати основою для розробки стандартизованих методологій.

2.2.1 Викиди спричинені бойовими діями

Наразі немає проведених повноцінних досліджень викидів парникових газів, спричинених збройними силами в усьому світі. Ініціативи щодо доступності та оцінювання даних про вплив військ на клімат ще не маю систематичного характеру.

Сучасні армії споживають багато викопного палива навіть у мирний час, адже використовують високотехнологічне обладнання (літаки, вертольоти, кораблі, танки, бойові машини) та різноманітну допоміжну інфраструктуру (злітнопосадкові смуги, дороги, машини постачання). Військова техніка не є енергоефективна через пріоритетність вищих бойових характеристик техніки, швидкого пересування, збільшення їхньої чисельності та інше.

Існує низка наукових досліджень, що намагаються оцінити викиди, пов'язані з бойовими діями та збройними силами в різних країнах і на планетарному рівні. Для прикладу дослідження глобальних військових викидів виявило, що рівень світових вуглецевих викидів, зумовлених військовими, становить 2 750 млн тонн CO₂ екв. або 5,5% усіх викидів на планеті. Ця цифра охоплює експлуатаційні викиди, що дорівнюють 500 млн тоннам CO₂ екв. або 1% усіх світових викидів ПГ, і викиди від ланцюгів постачання, на які припадає решта [16].

Аналіз цих досліджень дозволяє зробити такі висновки: якщо частка операційних викидів військових у національних масштабах відповідає 1%, то в мирний час російська армія, ймовірно, буде продукувати близько 20 млн тонн CO₂ екв, а українська — приблизно за 3 млн тонн CO₂ екв. За деякими оцінками,

Росія залучила до війни в Україні 80% своїх сухопутних сил, а Україна для протистояння російському вторгненню очевидно задіяла всі наявні та додатково залучені ресурси. Під час війни рівень викидів, значно вищий та, найімовірніше, збільшується в багато разів через мобілізацію робочої сили, інтенсивніше використання палива, будівництво укріплень і розгалужені ланцюги постачання [16].

Найбільше джерело викидів парникових газів, пов'язаних із військовими операціями та веденням бойових дій — це споживання палива. У мирний час на споживання палива може припадати до третини загальних викидів або ще більша частка, якщо враховувати лише операційні викиди (тобто без урахування викидів від ланцюгів постачання). Використання палива значно зростає під час активних військових операцій та бойових дій, а темпи зростання залежать від частки сил, задіяних у них. Найбільші обсяги витрат палива зазвичай пов'язані з використанням реактивного пального для авіації (воно може становити понад дві третини від загального споживання), а також дизельного пального (може становити близько 20% від загального споживання). Співвідношення між використанням авіаційного і дизельного пального залежатиме від типів операцій, які виконують військові, а також від інтенсивності використання авіації під час бойових дій, яка подекуди може бути відносно низькою.

Викиди від ланцюгів постачання фронту можуть бути у 2–5 разів вищими, ніж операційні військові викиди. Беручи до уваги те, що під час війни використовуються і виснажуються запаси, накопичені протягом багатьох років і навіть десятиліть, вплив таких викидів є значним.

Враховуючи недоступність та секретність інформації, особливо під час активних бойових дій, відстежити всі види впливу на клімат неможливо. Тому слід застосовувати базові припущення, зосереджуючись на найбільш значущих джерелах викидів (наприклад, реактивне паливо у разі споживання пального, артилерійські снаряди у разі використання боєприпасів тощо).

Аналіз в поточній роботі зосереджений на прямих викидах (спалювання палива, використання боєприпасів та вибухових речовин та ін.), непрямих викидах (вуглецевий слід військової техніки та фортифікаційних споруд).

Кількісна оцінка споживання викопного палива дуже складна через обмеженість даних і високий рівень невизначеності. Метод висхідного аналізу для кількісної оцінки вимагає численних даних і припущень щодо кількості транспортних засобів, використовуваних у бойових діях і логістиці, характеристик різних типів транспортних засобів, відстаней перевезень і відстаней під час оперативного переміщення військ, структури ланцюгів постачання тощо. Такі військові дані рідко доступні в мирний час, а під час війни отримати їх майже неможливо. Для розуміння масштабів витрат пального під час війни можуть бути використані лише непрямі опосередковані показники за допомогою методу спадного аналізу.

Для оцінки потреб у паливі під час бойових дій та пов'язаними із ними викидів ПГ можна використовувати такі підходи, кожен з яких має певні проблеми щодо доступності даних:

- відстежувати загальний обсяг поставок палива для військових цілей (на основі офіційних даних або приблизних оцінок);
- використовувати контрольні показники з попередніх досліджень і збройних конфліктів (наприклад, витрата пального на типовий підрозділ на добу або витрата пального на одного солдата на добу);
- відстежувати дані про активність основного паливоспоживаючого обладнання та техніки.

Офіційних даних про постачання палива для військових потреб в Росії відсутні, тому можна користуватися лише непрямими оцінками, наприклад, аналізом зростання поставок палива до регіонів неподалік від фронту.

Перед повномасштабним вторгнення експерти вказували на накопичення запасів палива в регіонах Росії та Білорусі, що прилягають до кордону з Україною. За даними, які були проаналізовані компанією Energy Intelligence і базуються на інформації про російські залізничні перевезення, в січні та лютому 2022 року значно зросли обсяги поставок пального в сім областей, розташованих поблизу кордону з Україною, а також на південь від Білорусії. Щоденні поставки пального, переважно авіаційного та дизельного палива, а також певних видів бензину, в 4–5 разів перевищували середні показники за 2021 рік. Ці дані

включають поставки для Міністерства оборони Росії до семи областей на південному заході країни (Брянської, Белгородської, Воронежської, Курської, Ростовської, Краснодарської та Смоленської), а також до окупованого Криму [43].

За підрахунками компанії Bloomberg, зробленими в жовтні 2022 року на основі аналогічного аналізу залізничних даних, постачання бензину, дизельного й авіаційного палива підрозділам Міноборони РФ у шести прикордонних з Україною регіонах, а також в окупованих Донецькій і Луганській областях у 2022 році суттєво зросло: з 0,465 млн тонн пального за 9 місяців 2021 року до 1 431 млн тонн пального за аналогічний період 2022 року¹⁴. Порівняно з показниками 2021 року, це дослідження показало понад збільшення поставок в 3 рази.

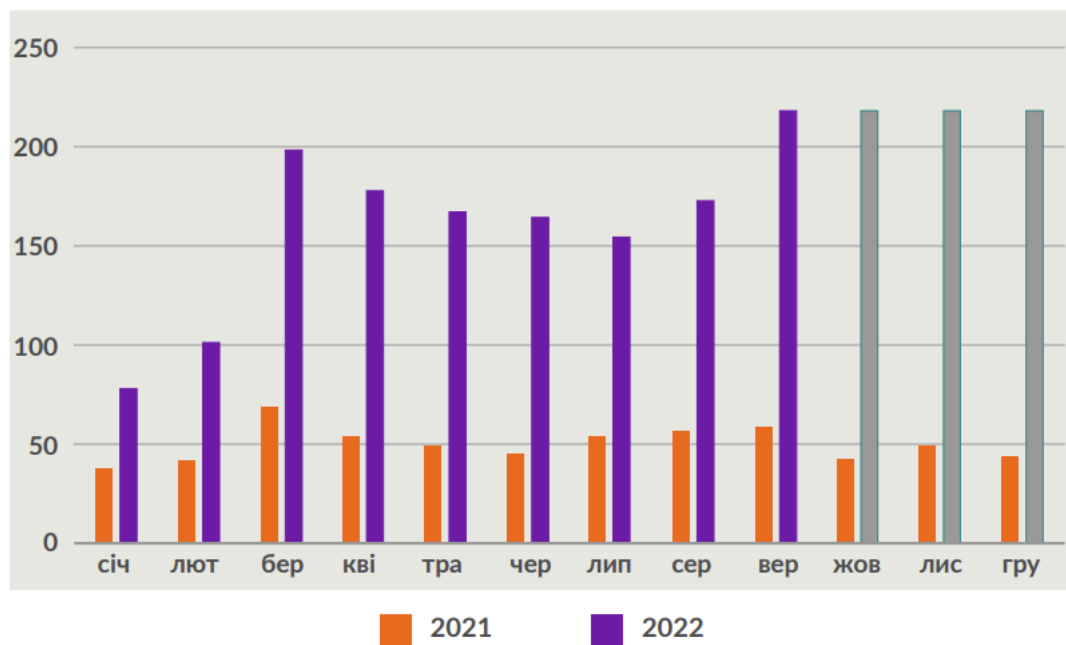


Рис.1.2 Зростання поставок палива в прикордонних з Україною регіонах за місяцями, тис. тонн

Оцінка наведена вище, котра базується на основі даних про залізничні поставки не відображають повної картини, адже постачання могло відбуватись також і іншими каналами: морським транспортом; нафтопроводами, які межують із Україною; а на початкових етапах війни — із Білорусі на північ України. Враховуючи це було висунуто припущення про 30% додаткових поставок палива іншими маршрутами.

	Обсяг, тис. тонн
Додаткове постачання пального залізницею за 9 місяців 2022 року	966
Розрахунковий обсяг поставок пального залізницею за 2022 рік	1483
Орієнтовне постачання пального іншими маршрутами	30%
Розрахунковий обсяг споживання палива через війну у 2022 році	1927
Розрахункове щомісячне середнє споживання палива через війну у 2022 році	161
Розрахунковий обсяг споживання палива через війну 02.2022 – 02.2023	2367

Таблиця 1.3. Дані та параметри для оцінки споживання палива

Розрахункове збільшення поставок пального залізницею, а також припущення щодо поставок іншими маршрутами були використані як приблизні дані щодо поставок пального для військових потреб. Розрахункові значення за вересень-грудень 2022 року були екстрапольовані на перші місяці 2023 року. Споживання пального за перший рік війни оцінюється на рівні 2,4 млн тонн.

Другий підхід до оцінки споживання пального, пов'язаного з війною, ґрунтується на раніше опублікованих показниках використання пального на одного солдата на добу під час збройних конфліктів. Проте такі показники залежать від складу задіяних сил і застосування різних видів військової сили (зокрема, від активності використання авіації), а тому також містять високий рівень невизначеності. У дослідженні компанії Deloitte, опублікованому у 2009 році, відзначається постійне зростання споживання пального під час збройних конфліктів через дедалі більшу механізацію, динамічний характер конфліктів, що вимагає пересування на великі відстані, пересічену місцевість і нерегулярний характер бойових дій. Станом на 2007 рік середнє споживання пального оцінювалося в 22 галони на одного солдата на добу (що дорівнює 83,3 л на одного солдата на добу) й очікувалось його подальше зростання [18]. За іншими даними, щоденне споживання пального становить 16 і 27,3 галонів на одного солдата на добу (що дорівнює 61 і 103 л на одного солдата на добу) — так було під час збройних конфліктів в Іраку й Афганістані. На початку вторгнення кількість російських військових, які брали участь у нападі, оцінювалася в 190 000 осіб, а на початку 2023 року кількість солдатів армії агресора оцінювалось в 325 000–350 000 осіб. Існує істотна невизначеність щодо чисельності військ та її змін протягом

війни. Для аналізу використаємо найнижчі значення - 190 000 військових та 83,3 л пального на одного солдата на добу. Станом на кінець лютого 2023 року розраховані за цим підходом обсяги споживання пального становлять 4,8 млн тонн.

Оцінки, отримані за допомогою двох розглянутих вище підходів, можуть бути використані як нижня і верхня межа споживання пального російськими загарбниками. За середньою оцінкою, це 3,6 млн т пального.

	Розрахунок на основі постачання палива	Розрахунок на основі особового складу	Середнє
Витрати палива, тонн	2.4	4.8	3.6

Таблиця 1.4. Розрахунок витрат палива

Стосовно України - даних про споживання пального на військові цілі також немає. Дуже ймовірно, що його обсяг значно нижчий, якщо порівняти з споживанням пального Росією. Суттєво нижчі обсяги споживання пального Україною пояснюються перевагами внутрішньої лінії оборони та використанням легшої техніки, а також за рахунок значно коротших маршрутів постачання. Це також узгоджується з різницею у кількості візуально підтверджених втрат основної техніки під час війни: тут російські втрати в 3,1 рази перевищують українські. У національних звітах про викиди парникових газів (в межах Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату) викиди, пов'язані з військовою сферою, включені до категорії 1.A.5.b-Інше (Не включене в інші розділи) загальної системи звітності [19]. Це офіційне джерело даних про використання палива у військових цілях, доступне для оцінювання масштабів викидів, пов'язаних зі збройними силами України до початку російського вторгнення. Згідно цих даних в рік використовувалось 140 тисяч тонн пального, що спричиняло викиди 448.03 тис. тонн CO₂ екв.

Від початку війни у лютому 2022 року споживання пального, пов'язане з військовими цілями, в Україні значно зросло. За консервативними припущеннями, воно збільшилося щонайменше втричі, що відповідає річному споживанню в 0,42 млн тонн пального. Разом зі споживанням пального різними

цивільними транспортними засобами, які підтримують діяльність збройних сил (наприклад, перевезення транспортних засобів та інших вантажів на фронт тисячами волонтерів), споживання пального, пов'язаного з логістикою та іншими потребами, буде значно більшим. Для цілей цього аналізу ми припускаємо, що споживання Україною палива, пов'язане з військовими цілями, коливається в діапазоні від 0,8 до 1,6 млн тонн із середнім значенням 1,2 млн тонн. Для порівняння, у 2022 році Україна імпортувала 7,3 млн тонн нафтопродуктів (орієнтовне споживання палива становить 11–22 % від імпорту нафтопродуктів).

Загальні розрахункові викиди ПГ, пов'язані зі спалюванням палива, становлять 18,8 млн тонн CO₂ екв.

	Рос сили	ЗСУ	Разом
Прогнозоване споживання палива, тис.тонн	3.6	1.2	4.8
Прямі викиди від спалювання палива, тонн CO ₂ екв.	11.4	3.8	15.2
Попередні викиди повязані зі спалюванням палива, тонн CO ₂ екв.	2.7	0.9	3.6
Загальні викиди від спалювання палива, тонн CO ₂ екв.	14.1	4.7	18.8

Таблиця 1.5. Прогнозоване споживання палива та викиди

2.2.2 Викиди парникових газів від використання боєприпасів

Під час війни масово використовується ствольна артилерія калібру 152 мм та 155 мм, здатна доставити снаряд вагою близько 40 кг на відстань 17–40 км. Якщо на початку війни обидві сторони використовували артилерійські снаряди калібру 152 мм, то пізніше Україна перейшла переважно на артилерію калібру 155 мм, надану західними партнерами. Наприкінці першого року війни розподіл використаних артилерійських снарядів становив 10 до 1 на користь артилерії 155-го калібру, а в середньому протягом 2022 року, за деякими оцінками, частка обох типів артилерійських боєприпасів була відносно рівною.

Найбільш значна кількість викидів ПГ припадає на виробництво боєприпасів та відповідної сировини. Додаткові викиди виникають на етапі використання боєприпасів внаслідок згоряння метального заряду (пропеленту) під час стрільби та детонації бойової частини боєприпасу в місці попадання. Запаси артилерійських боєприпасів будуть відновлюватися та поповнюватися і вже є

повідомлення про нарощування виробництва по різних країнах світу. Тому для оцінювання впливу війни на клімат враховуються викиди, пов'язані з виробництвом боєприпасів. Використання артилерії та інших видів зброї залежить від інтенсивності бойових дій на різних ділянках фронту і суттєво варіюється від початку російського вторгнення.

Тому розіб'ємо період оцінювання на 2 – з лютого 2022 до серпня 2022 та з вересня 2022 до лютого 2023. Під час першого періоду лютого 2022 до серпня 2022 - кількості випущених снарядів значно коливалися в межах 5000–60 000 снарядів на добу. Також кількість змінювалася в часі залежно від інтенсивності обстрілів на різних ділянках фронту. Згідно інформації з відкритих джерел, рівень використання артилерії з боку Росії становив 0,9 млн артилерійських снарядів на місяць (30 000 снарядів на день) або 5,4 млн за шість місяців війни. З боку України — 0,2 млн снарядів на місяць (7 500 снарядів на день) або 1,35 млн за шість місяців війни.

Під час другого періоду почастішали повідомлення про дедалі більший дефіцит артилерії як для російських окупаційних сил, так і для української армії. На початку 2023 року американські та українські чиновники зазначили, що інтенсивність артилерійського вогню з боку Росії суттєво впала, подекуди на 75% проти того високого рівня, що спостерігався у 2022 році. Зниження не було лінійним і відбувалося протягом тривалого часу, коли все ще залишалися періоди та ділянки фронту з дуже інтенсивним артилерійським вогнем. Проте різке зниження інтенсивності, а також використання старих і зношених артилерійських снарядів і спроби отримати боєприпаси з інших країн, свідчили про зменшення у Росії запасів зброї. У звітах за лютий 2023 року зазначалося, що Україна просила збільшити постачання артилерійських снарядів через очікувану ескалацію, а середній рівень використання становив близько 5 000 снарядів на добу.

Загальне використання артилерійських снарядів — понад 2 млн снарядів для України та 9 млн снарядів для Росії, або загалом понад 11 млн снарядів за 12 місяців війни. Якщо припустити, що вага артилерійського снаряда з контейнером становить 80 кг, то загальна їхня вага — 900 000 тонн.

Оскільки достовірної інформації про попередні та поточні залишки боєприпасів немає, виконані оцінки складно перевірити. Проте припущення вважаються обґрунтованими та консервативними, беручи до уваги інтенсивність використання боєприпасів і наявну інформацію про артилерійські запаси й постачання.

Викиди від використання артилерійських боєприпасів охоплюють:

- 1 530 000 тонн CO₂ екв. від виробництва боєприпасів (сталевих корпусів і вибухових речовин);
- 30 825 тонн CO₂ екв. від викидів у точці ведення вогню;
- 2 138 тонн CO₂ екв. через викиди від детонації в місці удару снаряду.

Загальні викиди від використання боєприпасів становлять приблизно 1,6 млн тонн CO₂ екв.

Оскільки оцінки охоплюють лише артилерійські снаряди, припускається, що принаймні ще 30% викидів можуть бути пов'язані з використанням інших вибухових речовин і боєприпасів — снарядів малого калібру, мінометних мін середнього і важкого калібру, наземних мін, ручних гранат і гранат для безпілотників, боєприпасів для танкових гармат, артилерійських та авіаційних ракет тощо (зокрема, різноманітних боєприпасів, що вибухають під час руйнування техніки). Загальні викиди, пов'язані з використанням боєприпасів та вибухових речовин, становлять щонайменше 2 млн тонн CO₂ екв.

2.2.3 Викиди від зведення фортифікаційних споруд

Після звільнення значної частини української території восени 2022 року Росія стала готуватися до подальшого українського контрнаступу. Лінії оборони були розгорнуті як на території Росії вздовж кордону з Україною, так і на окупованих територіях України за лінією фронту. Були споруджені численні укріплення вздовж лінії фронту на сході та півдні країни довжиною приблизно на 1 000 км. Найдовші ділянки укріплених ліній являють собою складну систему траншей. Крім траншей, поширені також укріплення типу «зуби дракона», доти, що слугують вогневими позиціями, та інші фортифікаційні споруди з бетону і

сталі. Такі споруди були зафіксовані на відео-, фото- та супутникових знімках як поблизу лінії фронту, так і в інших місцях на окупованих українських територіях і на території Росії. У багатьох місцях укріплення будують кількома рядами захисних ліній, а навколо міст, аеропортів, логістичних центрів та інших важливих об'єктів споруджують додаткові лінії укріплень. Враховуючи все це, можна сказати, що довжина таких ліній значно перевищує довжину лінії фронту, і на основі аналізу супутникових знімків її оцінюють у 2 837 км (за попередньою оцінкою станом на 10 квітня 2023 року).



Рисунок 1.3. Розташування укріплень на окупованій території України та в Росії

Потенційні джерела викидів ПГ, спричинені будівництвом польових укріплень, охоплюють викиди, пов'язані з виробництвом і доставкою матеріалів (наприклад, деревини, цементу, бетону тощо), споживанням палива під час роботи землерийної техніки, задіяної у створенні траншей, а також майбутніми роботами з демонтажу фортифікаційних споруд і відновленням ландшафту.

Спорудження польових укріплень потребує чималих обсягів бетону, дерева й інших будівельних матеріалів. Для зведення «зубів дракона», різних інших протитанкових перешкод, укриттів і бункерів, захищених бойових позицій, вогневих позицій та інших залізобетонних конструкцій використовують бетон,

який є вуглецевим матеріалом. Викиди від виробництва бетону прямо пропорційні частці цементу в ньому. 40 відсотків викидів від виробництва цементу – це результат спалювання палива для нагріву печі до 1450 градусів за Цельсієм. Під час попереднього нагріву (850 градусів) змішують вапняк, глину та інші добавки. Висока температура змушує вапняк вивільняти накопичений вуглекислий газ, а це інші 60 відсотків викидів.

Укріплення «зуби дракона» — яскравий приклад використання бетону для фортифікаційних ліній на окупованих територіях України. Зазвичай їх встановлюють у два або три ряди, хоча трапляються і паралельні лінії із двома рядами бетонних пірамід у кожній. Виходячи з характеристик бетонних загороджень і відстаней між ними, видимих на супутникових знімках, відео та фотографіях, можна вважати, що для облаштування 1 км захисної лінії потрібно приблизно 250–270 елементів «зубів дракона» (близько 4 м на елемент, припускаючи, що відстань між елементами становить приблизно 2 м). Якщо припустити, що зазвичай встановлюється щонайменше два ряди, то для будівництва 100 км захисних ліній потрібно приблизно 50000 елементів (75000 елементів, якщо встановлюють три ряди).

Для оцінки зробимо припущення, що було виготовлено щонайменше 100 000 одиниць, і цього достатньо для оборонної лінії загальною довжиною близько 200 км (з двома рядами «зубів дракона»). Таке припущення видається обґрунтованим і консервативним, беручи до уваги повідомлені початкові плани, підтверджені місця встановлення й обсяги виробництва. Тобто для спорудження конструкцій «зубів дракона» було використано щонайменше 120 000 тонн бетону.



Рисунок 1.4. Наочний приклад лінії «зубів дракона» у Запорізькій області

Також було зафіксовано перевезення та встановлення бетонних бункерів або дотів на півдні України. Орієнтовно вага невеликої вогневої позиції з бетону чи захищеної кулеметної позиції може становити від 1 до 2 тонн. Вага більших збірних або зібраних із секцій бетонних дотів — від 10 до 30 тонн. Великі опорні пункти можуть потребувати ще більших обсягів бетону. Для оцінювання припускаємо, що для інших фортифікаційних споруд було використано щонайменше 60000 тонн бетону.

Україна також зводить укріплення на звільнених територіях та інших територіях уздовж кордонів із Росією та Білоруссю. Залізобетоні окопи й укриття були встановлені у Київській, Житомирській та Рівненській областях. Крім того, на деяких ділянках кордону з Росією та Білоруссю зведені бетонні паркани. Польові фортифікаційні споруди на півночі України — це не тільки бетонні укріплення, а й укриття зі спеціальних сталевих модулів, які встановлюються під землею. Також бетон використовують для укріплень уздовж кордонів на сході й півдні України (укриттів, вогневих позицій, опорних пунктів тощо). Крім того, в містах встановлюють бетонні укриття для захисту цивільних від обстрілів. Невеликі укриття і фортифікаційні споруди можуть мати вагу близько 20 тонн, а більші укриття важать близько 70 тонн. Беручи до уваги повідомлення в новинах і

довжину кордону, можна припустити, що в містах було встановлено більше сотні укриттів, а для фортифікаційних споруд використано багато сотень бетонних конструкцій. Для оцінювання робимо припущення, що для фортифікаційних споруд та укриттів було використано щонайменше 60 000 тонн бетону.

Бетон для виробництва «зубів дракона», тонн	120000
Бетон для інших фортифікаційних споруд російської армії, тонн	60000
Бетон для інших фортифікаційних споруд Збройних Сил України, тонн	60000
Загальний обсяг бетон для фортифікацій, тонн	240000
Загальний обсяг бетон для фортифікацій, м ³	100000
Коефіцієнт викидів для бетону, тонн/м ³	0.5
Загальний обсяг викидів від виробництва бетону, тонн CO ₂ екв.	50000

Таблиця 1.6. Обсяг бетону використаний для військових потреб

Наведений вище аналіз свідчить, що потенційні вуглецеві викиди від фортифікаційних споруд можуть становити до 50000 тонн CO₂ екв.

2.2.4 Викиди від діяльності військової техніки

Виробництво кожної одиниці техніки та обладнання, що використовується під час війни, пов'язане з викидами від споживання енергії та різних видів сировини.

Широкомасштабна війна, розпочата вторгненням Росії в Україну, призвела до збільшення поставок військової техніки та необхідності нарощувати інвестування у виробництво нової техніки. Вже з'являються звіти, які показують, що виробництво військової техніки зростає, а промислові підприємства переорієнтовуються на випуск продукції військового призначення. З огляду на це, оцінювання шкоди для клімату охоплює і викиди, пов'язані з виробництвом обладнання.

Рівень вуглецевого сліду дуже залежить від конкретного типу техніки, а даних про викиди протягом життєвого циклу, пов'язаних із виробництвом військової техніки, наприклад основних бойових танків або іншої бронетехніки, майже немає. Тому для первинного оцінювання викидів, пов'язаних зі знищеною

та пошкодженою військовою технікою, були використані індикативні значення (Додаток А, Додаток Б).

Виробництво всіх видів техніки потребує конструкційної сталі, легованої сталі, литих матеріалів, легких сплавів, синтетичних матеріалів та інших ресурсів. Броня основних бойових танків та іншої бронетехніки виготовляється зі сталі та композитних матеріалів, а її вага може становити, наприклад, 30–50 % від загальної ваги танка. Обсяги енергії, матеріалів та викидів ПГ, пов'язаних із виробничим процесом, пропорційні вазі техніки.

Дані про цивільну техніку та обладнання (наприклад, трактори, сільськогосподарська техніка, вантажівки тощо) можуть слугувати аналогом і демонструвати масштаб викидів, пов'язаних із виробництвом військової техніки. Подібний підхід був застосований у дослідженні з оцінювання впливу на клімат оборонного сектору Норвегії: оскільки відповідні значення для військової техніки недоступні, для оцінювання коефіцієнтів викидів від виробництва військової техніки використали аналоги щодо найближчого цивільного типу техніки (навіть попри те, що розробка, виробництво та вартість у них різні).

У дослідженні, присвяченому аналізу життєвого циклу сільськогосподарської техніки, обсяг енергії, необхідної на одиницю ваги сільськогосподарської техніки, оцінюється у 86,8 МДж/кг, а отриманий коефіцієнт викидів становить приблизно 6 кг CO₂ екв. на 1 кг техніки [20]. Це значення було застосоване для цілей первинного оцінювання як індикативні вуглецеві викиди від виробництва військової техніки.

Виробництво військової техніки — енерго- та ресурсоємний процес, що вимагає спеціалізованих виробничих потужностей, складних міжнародних ланцюгів постачання та корисних копалин (часто рідкісних), видобування й переробка яких також енергоємні. Компанії з більшою часткою військових замовлень зазвичай мають значно вищі показники викидів на одного працівника порівняно з компаніями із більшою часткою цивільної продукції. Це свідчить про більш капіталомісткий характер виробництва військової продукції, а також про те, що використання однакової інтенсивності викидів ПГ для військової і цивільної продукції — консервативний підхід, який, імовірно, знизить рівень вуглецевих

викидів від виробництва військової техніки⁵⁷. Виробництво військової техніки, очевидно, більш вуглецевоємне, ніж виробництво цивільної техніки й обладнання.

Станом на кінець квітня 2023 року список втраченої техніки, складений на основі даних досліджень із відкритих джерел, налічував понад 10 000 візуально підтверджених втрат для Росії та понад 3 200 втрат для України. Понад дві третини (68–70 %) — це знищена та пошкоджена техніка, решта — захоплена або покинута⁵⁸.

Під час оцінювання шкоди, завданої клімату, враховувалася лише знищена та пошкоджена техніка. Для пошкодженого обладнання в обчисленнях була врахована лише третина оціненого обсягу вуглецевого сліду. Одинадцять категорій техніки, охоплених дослідженням, становлять 89% візуально підтвердженої знищеної та пошкодженої техніки для Росії та 83% для України.

Для порівняння, дослідження впливу оборонного сектора Норвегії на клімат, виконане на основі матеріалів бази даних Ecoinvent [21], використовувало наступні коефіцієнти викидів для сектору виробництва військових систем:

Кораблі та човни:

- 18 034 тонн CO₂ екв. на човен великого розміру (як-от трансокеанське вантажне судно);
- 1 429 тонн CO₂ екв. на човен середнього розміру (як-от танкерна баржа);
- 1 188 тонн CO₂ екв. на човен малого розміру (як-от баржа).

Літаки:

- 7 022 тонни CO₂ екв. на далекомагістральний літак;
- 2 195 тонн CO₂ екв. на середньомагістральний літак;
- 8,9 тонн CO₂ екв. на вертоліт.

Транспортні засоби:

- 33,7 тонн CO₂ екв. на одиницю важкого транспортного засобу (як-от будівельної машини);
- 24,4 тонни CO₂ екв. на одиницю середнього транспортного засобу (як-от 16-тонна вантажівка);
- 6,8 кг CO₂ екв. на кг ваги легкого транспортного засобу (як-от дизельного легкового автомобіля; використовувались значення ваги 1200 і 2000 кг).

Ці дані демонструють широку варіацію коефіцієнтів викидів, а також обмеження, пов'язані з порівнянням різних типів цивільної та військової техніки. Наприклад, для автомобілів коефіцієнт викидів коливається від 8,2 до 33,7 тонн CO₂ екв. на одиницю залежно від типу автомобіля. Для цілей оцінки шкоди, завданої клімату, індикативне значення, яке використовується для категорії «Вантажівки, автомобілі та джипи», становить 48 тонн CO₂ екв. на одиницю, що відображає більшу вагу військової техніки. Для літаків і кораблів різниця в значеннях більш суттєва, що пов'язано з дуже різними потенційними типами та розмірами техніки в цих категоріях.

Викиди ПГ, пов'язані з виробництвом військової техніки, знищеної та пошкодженої під час війни, оцінюються в 0,9 млн тонн CO₂ екв, зокрема 0,7 млн тонн CO₂ екв. для російських втрат і 0,2 млн тонн CO₂ екв. для українських.

Джерело викидів	тонн CO ₂ екв.
Викиди від споживання пального російськими силами	14.11
Викиди від споживання пального ЗСУ	4.7
Викиди від використання боєприпасів	2
Викиди від зведення фортифікаційних споруд	0.1
Викид від виробництва військової техніки	0.9
Разом	21.81

Таблиця 1.7. Загальні викиди від військової техніки

2.2.5 Викиди пов'язані з відбудовою пошкодженої інфраструктури

Зруйнована чи пошкоджена цивільна інфраструктура є важливою складовою кліматичної шкоди, спричиненої вторгненням Росії в Україну. Деякі ремонтні роботи вже проводяться, поки війна ще триває, наприклад, у звільнених районах на північ від Києва чи на схід від Харкова. Більшість же заходів із відбудови чи реконструкції, насамперед у східній і південній частині країни, буде проведена лише після закінчення бойових дій.

Невдовзі після початку повномасштабного вторгнення українська влада почала систематично збирати та оцінювати інформацію про пошкоджені чи зруйновані об'єкти. Київська школа економіки (KSE) збирає цю інформацію за

даними різних українських міністерств та інших джерел. Якщо інформація недоступна або доступ до неї обмежений з міркувань безпеки, KSE використовує загальнодоступні джерела та оцінки, щоб отримати вичерпну картину.

Перша повна оцінка KSE охоплювала період із 24 лютого по 30 серпня 2022 року. Це оцінювання було використано в поточному аналізі оцінювання вуглецевих викидів. У березні 2023 року було опубліковано другу повну оцінку за перші 12 місяців війни (24 лютого 2022 року – 23 лютого 2023 року)[23]. Загальну оцінку збитків було проведено згідно з методологією Світового банку, а грошові збитки постають як вартість відновлення.

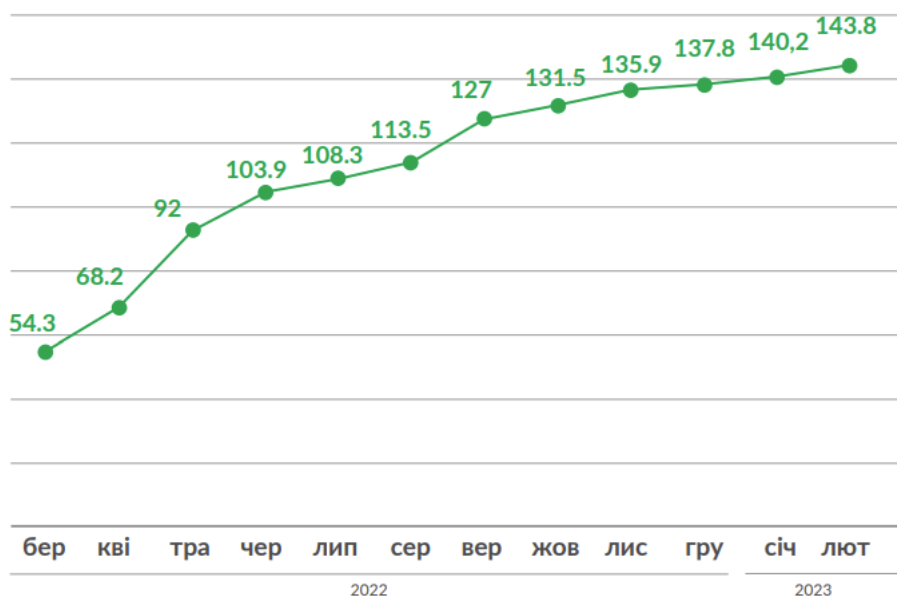


Рис 1.5. Динаміка сукупної оцінки прямих збитків, завданих економіці України, млрд дол. США

Найбільших збитків у грошовому еквіваленті зазнав житловий сектор (житлові будівлі), а також інфраструктура. Збитки були завдані насамперед упродовж перших шести місяців війни, тоді як у другій половині року темпи зростання збитків зменшились, як показано на графіку вище.

Роботи з відбудови вимагатимуть значної кількості будівельних матеріалів - цемент, сталь чи асфальт. Загалом відбудова України спричинить значні обсяги викидів. Задля проведення оцінки згрупуємо різні типи майна в три категорії:

- житловий сектор, охорона здоров'я, соціальний сектор, освіта і наука, культура, релігія, спорт, туризм і роздрібна торгівля. Ця категорія здебільшого охоплює будівлі.

- інфраструктура, транспортні засоби та сільськогосподарську техніку. Ця категорія охоплює об'єкти цивільного будівництва, як-от мости та дороги, а також транспортні засоби різних типів.

- енергетика, промисловість і бізнес-послуги, цифрова інфраструктура та комунальні послуги. Ці об'єкти насамперед стосуються машин та обладнання разом із будівлями, в яких ці машини розміщені.

Для визначення викидів внаслідок відбудови цивільної інфраструктури використовується підхід на основі врахування «вуглецевого сліду». Згідно з цим підходом, усі викиди, як прямі, так і непрямі, оцінюються протягом усього життєвого циклу об'єкта, за винятком, однак, експлуатаційних викидів. Експлуатаційні викиди зазвичай пов'язані з енергією, яка використовується для опалення будівель, бензином для заправки автомобілів або вугіллям, що спалюється на теплових електростанціях.

Для категорії будівель «вуглецевий слід» базується на середніх площах будівель, дані про які є в звіті Київської школи економіки. Для кожного типу будівель (наприклад, багатоквартирних будинків або шкіл) було призначено конкретний коефіцієнт «вуглецевого сліду» (тонн CO₂ екв./м²) на основі поточних середніх значень нещодавно спроектованих будівель у Центральній та Східній Європі.

Тип будівлі	КВВ (кг CO ₂ екв./м ²)
Багатоквартирні будівлі	575
Будівлі у сфері культури	474
Будівлі у сфері освіти	643
Готелі та подібні будівлі	401
Промислово-виробничі будівлі	475
Офісні будівлі	529
Будівлі роздрібною та оптовою торгівлі	632
Склади	415

Таблиця 1.8. Коефіцієнт викидів вуглецю для кожного типу будівлі

Для категорії транспорту та інфраструктури, на основі відкритих джерел, використовувались коефіцієнти «вуглецевого сліду» для різних типів об'єктів, як-

от тонн CO₂ екв./км для пошкодженої дороги або тонн CO₂ екв для пошкодженого автомобіля.

Для категорії промисловості та комунальних послуг коефіцієнтів «вуглецевого сліду» немає. Для цієї категорії використовуються коефіцієнти викидів, що базуються на витратах, на основі екологічно розширеного аналізу витрат і результатів (Environmentally Extended Input Output — EEIO). Ці коефіцієнти відображають обсяги викидів вуглецю внаслідок купівлі певного товару чи послуги за певну вартість (тонн CO₂ екв./дол. США). В ідеалі ці коефіцієнти на основі витрат мають визначатися на рівні країни, проте, на жаль, для України коефіцієнти недоступні. Натомість були використані коефіцієнти викидів на основі витрат для Сполученого Королівства [44].

Для оцінки викидів, зумовлених відбудовою, необхідно було зробити припущення щодо того, якою буде відбудова. Одне з припущень полягає в тому, що зруйнований або пошкоджений житловий фонд буде повністю відновлений до довоєнного стану. Очевидно, що відбудова України відбуватиметься з урахуванням змінених обставин і реальних потреб країни. Зокрема, ймовірно, не всі зруйновані квартири в житловому секторі будуть відновлені з огляду на скорочення населення України. З іншого боку, оскільки квартири, розміщені в радянській забудові, досить малі порівняно із сучасними стандартами, нові квартири, можливо, будуть більшими.

Оскільки було зроблено припущення, що повністю зруйновані об'єкти будуть повністю відновлені, застосовується 100% коефіцієнт «вуглецевого сліду» чи коефіцієнт, що базується на витратах. Для пошкоджених об'єктів було прийнято коефіцієнт «вуглецевого сліду» на рівні 33%, якщо на основі відновної вартості знищеного та пошкодженого майна не можна було здійснити пропорційне коригування.

Результати за перші дванадцять місяців війни подано в таблиці нижче. Викиди транспорту й інфраструктури та промисловості й комунальних послуг значно зросли, зокрема в абсолютному вираженні, насамперед через пошкодження енергетичної інфраструктури восени та взимку. Конкретні дані, що

оприлюднюються, дозволяють оцінити викиди від пошкодження мостів, шляхопроводів та залізничної інфраструктури.

	Викиди млн тонн CO ₂ екв.	Частка (%)
Будівлі	24	48
Транспорт та інфраструктура	13	26
Промисловість і комунальні послуги	13.2	26
Разом	50.2	100

Таблиця 1.9. Викиди внаслідок відбудови цивільної інфраструктури

Висновки до розділу 2

Підсумовуючи результати аналізу, варто звернути увагу на пряму залежність рівня економічної активності в регіонах від ведення активних бойових дій в країні. Неочікуваним є поліпшення якості повітря в Україні після початку повномасштабного вторгнення. Це нерозривно пов'язано із зменшенням обсягів виробництва та зміною режиму роботи наявних в Україні великих та середніх підприємств. Для прикладу місто Кривий Ріг – в 2021 році індекс КІЗА був 10.8, а вже в 2023 б.1. Аналогічно місто Кам'янське – 13.7 в 2021 і 10.2 в 2023 році.

Але в той же час ми отримали нове джерело забруднення – військові дії. Викиди від бойових дій (переважно від споживання пального) оцінюється у 21.81 млн тон CO₂ екв. Ще 22,2 млн тон спричинені пожежами – їх кількість зросла у 36 разів протягом першого року повномасштабної війни у порівнянні з 12 місяцями до вторгнення (йдеться про пожежі площею понад 1 га).

Найбільше джерело викидів, пов'язаних із війною – це потенційні викиди від повоєнної відбудови пошкодженої та зруйнованої інфраструктури. За прогнозами, вони складуть аж 57 млн тон CO₂е. Однак ці викиди, які особливо пов'язані з виготовленням цементу та сталі, можна скоротити на 30% чи навіть 50%, якщо стимулювати низьковуглецеву відбудову.

1. Відновити загальнонаціональний збір даних по забрудненню атмосферного повітря і публікацію щорічних звітів.

2. Закласти в подальше повоєнне відновлення знищених промислових об'єктів зобов'язання дотримуватися норм та вимог ЄС до технологічного устаткування та ГДК забруднюючих речовин.

3. Зобов'язати контролюючі органи створити відповідні умови для підприємців для безболісної та покрокової модернізації існуючого та знищеного обладнання.

4. Поширити по території України практику встановлення станцій громадського моніторингу для кращої фіксації екологічних воєнних злочинів росіян.

6. Впровадити на державному рівні систему моніторингу викидів від військових дій.

7. Закласти засади ефективної співпраці та обміну даних про стан атмосферного повітря між державними, громадськими та приватними розпорядниками.

РОЗДІЛ 3. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОРОНИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙНИ

3.1. Оцінка зміни джерел забруднення атмосферного повітря в умовах війни

Протягом двох років триває повномасштабне вторгнення Російської Федерації в Україну. Багато житлових кварталів та різноманітні промислові підприємства були пошкоджені або повністю зруйновані, а Росія продовжує атакувати цивільні об'єкти. Починаючи з жовтня минулого року, особливою мішенню стала енергетична та водна інфраструктура, щоб ускладнити життя в Україні під час зими.

Україна оголосила про свій намір досягти кліматичної нейтральності до 2060 року, що на 10 років пізніше, ніж європейська ціль. У липні 2021 року уряд затвердив новий план - до 2030 року зменшити викиди парникових газів на 65% від рівня 1990 року. На момент 2021 року Україна вже зменшила викиди на 62,5%, але це в основному сталося через занепад промисловості після розпаду Радянського Союзу. Це піддає сумнівів можливість досягнення кліматичної нейтральності у визначений термін через не дуже амбітну ціль зі зменшення викидів парникових газів.

Навіть при викликах війни національні ініціативи впроваджуються для досягнення поставлених цілей. У 2023 році був створений Державний фонд декарбонізації та енергоефективної трансформації. Цей фонд буде фінансуватися частково через податок на викиди CO₂, який переважно сплачується великими промисловими підприємствами. Перед створенням цього фонду податок на викиди діоксиду вуглецю ішов на загальний бюджет без спеціального використання.

Наразі податок на викиди CO₂ становить 30 грн. за тону, й така ставка є однією з найнижчих в Європі. Однак цей податок не може бути основним джерелом фінансування Фонду декарбонізації, тому, за офіційними даними, для його наповнення планується залучати міжнародні кредити і гранти. Акумуляовані

Фондом кошти, окрім іншого, будуть спрямовані на розвиток відновлюваних джерел енергії, альтернативних видів палива і заходи скорочення викидів парникових газів. Фонд запрацює 1 січня 2024 року, а розпорядником коштів буде фонд Держенергоефективності.

Станом на липень 2023 року, в Україні не існує ефективної системи моніторингу парникових газів. Попри те, що 1 січня 2021 року було введено в дію Закон України № 377-ІХ “Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів” (МЗВ). Аби запустити ефективну Систему торгівлі квот на викиди (СТВ), важливо мати дієвий моніторинг, для формування реальної картини. Цим законом проводиться гармонізація законодавства України зі стандартами права ЄС та впроваджуються положення «Директиви про встановлення схеми торгівлі дозволами на викиди» № 2003/87/ЄС.

Через війну закон не запрацював на повну, й, за даними Міндовкілля, станом на травень 2023 року в Єдиному реєстрі МЗВ зареєстровано лише 482 установки. Це приблизно 27% установок, з яких здійснюються викиди парникових газів. А за результатами моніторингу викидів парникових газів на зареєстрованих установках, прийнято 109 звітів. Тобто наразі відзвітували тільки 6% операторів установок від загальної кількості, що здійснюють викиди.

Іншим важливим важелем регулювання у цій сфері є законопроект 6004-Д “Про забезпечення конституційних прав громадян на безпечне для життя і здоров’я довкілля”, що був ухвалений у першому читанні у Верховній Раді 29 травня 2023 року. Він, зокрема, встановлює обмеження на викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю і пропонує операторам промислових установок шляхи зменшення викидів на основі застосування найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ) згідно з «Директивою 2010/75/ЄС про промислові викиди».

Вплив цієї війни є значним насамперед в Україні, проте наслідки можуть відчуватись і за її межами — починаючи від мільйонів українців, які шукають прихистку в Європі, до Росії, що намагається використовувати газ як зброю, щоб послабити Європу. Енергетична криза, що виникла внаслідок такої ситуації,

посилила загрозливу кризу вартості життя в Європі та навіть спричинила блекаути в деяких країнах Азії.

Оскільки світова економіка все ще покладається на викопне паливо, такі збурення безпосередньо впливають на викиди ПГ. У нашій першій оцінці ми розглянули найбільш очевидні впливи на викиди ПГ, як-от викиди внаслідок війни, викиди внаслідок лісових пожеж і пересування біженців та ВПО, а також викиди внаслідок післявоєнної відбудови. Через зимові умови (менше пожеж) і обмежений рух лінії фронту (менше руйнувань) рівень викидів вуглецю був нижчим, ніж на ранніх етапах війни. Деякі коригування раніше наданих даних зумовили певні виправлення. Викиди від бойових дій не припинялися.

У цьому першому оновленні звіту було розглянуто два нових сектори впливу, обидва з яких географічно розташовані не в Україні. Було оцінено вплив війни на європейський енергетичний сектор (газ і енергетика) й виявлено, що деякі впливи збільшували викиди, а інші — зменшували, нівелюючи одне одного (тобто вплив на викиди незначний). Через закриття російського повітряного простору довгими стали авіамаршрути між містами Європи та Азії.

Підсумовуючи результати аналізу, варто звернути увагу на пряму залежність рівня економічної активності в регіонах від ведення активних бойових дій в країні. Неочікуваним є поліпшення якості повітря в Україні після початку повномасштабного вторгнення. Це нерозривно пов'язано із зменшенням обсягів виробництва та зміною режиму роботи наявних в Україні великих та середніх підприємств. Для прикладу місто Кривий Ріг – в 2021 році індекс КІЗА був 10.8, а вже в 2023 6.1. Аналогічно місто Кам'янське – 13.7 в 2021 і 10.2 в 2023 році.

Але в той же час ми отримали нове джерело забруднення – військові дії. Викиди від бойових дій (переважно від споживання пального) оцінюється у 21.81 млн тон CO₂ екв. Ще 22,2 млн тон спричинені пожежами – їх кількість зросла у 36 разів протягом першого року повномасштабної війни у порівнянні з 12 місяцями до вторгнення (йдеться про пожежі площею понад 1 га).

Війна є руйнівною для української економіки: промисловість поблизу лінії фронту розбита, 30% населення переміщено, велика частка робочої сили воює проти російських військ, а перебої з електроенергією призводили до зупинок

економіки взимку. Очевидно, що скорочення економіки зумовлює скорочення викидів. Але можна впевнено стверджувати, що велика частка цих викидів просто перемістилася за кордон — або безпосередньо через українців, які проживають за кордоном, чи виробництво експортної продукції (сталі), яку перебирають інші виробники, або через імпорт продукції (гуманітарна допомога та продукти харчування) в Україну.

Сектор	Викиди за 12 місяців, млн тон CO2 екв.	Частка (%)
Бойові дії	21.81	24
Пожежі	17.7	20
Відбудова інфраструктури	50.2	56
Разом	89.71	100

Таблиця 1.10. Частка різних секторів в загальних викидах парникових газів внаслідок війни

Як видно з таблиці вище, найбільша частка викидів припадає на відбудову цивільної інфраструктури – більше половини загального обсягу викидів. 24% викидів зумовлюється бойовими діями, а викиди від пожеж як у лісах, так і в населених пунктах, становлять до 20%.

Після дванадцяти місяців повномасштабної війни загальні викиди складають приблизно такий же обсяг, який щорічно викидає Бельгія.

Російське вторгнення в Україну матиме довготривалий вплив на зміну клімату та викиди ПГ. Вже зараз у Європі спостерігається прискорення переходу до відновлюваної енергетики та переосмислення ролі природного газу як перехідного палива. Війна в Україні також може призвести до зміни політики в багатьох країнах Європи та світу.

Україна прагне долучитися до такої “зеленої” трансформації під час післявоєнного відновлення. Україна розуміє, що такий перехід необхідний для приєднання до Європейського Союзу. Однак, окрім переваг для довкілля, українці усвідомили, що енергетичні системи, які не залежать від викопного палива, посилюють національну безпеку і цей безпековий аргумент буде потужним драйвером у процесі прийняття політичних рішень в Україні.

Перехід може відбуватися лише тоді, коли територіальна цілісність України буде відновлена і Україна увійде до європейської безпекової архітектури.

Довгострокова стабільність необхідна для інвестицій у “зелений” перехід. Призупинення бойових дій та заморожування війни у тривалий конфлікт може призвести лише до короткострокового полегшення в частині вуглецевих викидів. Однак, у довгостроковій перспективі це буде згубним для клімату, оскільки Україна буде змушена фокусувати увагу на збільшенні мілітаризації економіки та суспільства замість впровадження “зелених” трансформацій.

3.2. Заходи та рекомендації щодо вдосконалення еколого-економічного механізму охорони та покращення стану атмосферного повітря

У чинному КК злочинні посягання на довкілля та його окремі елементи названі у статтях, зосереджених в окремому розділі VIII Особливої частини «Злочини проти довкілля». Вказівка у КК на те, що кримінальне законодавство має завданням охорону, поміж інших об'єктів довкілля (ч. 1 ст. 1 КК), підкреслює особливу значущість важелів юридичного примусу, спрямованих на протидію відповідним злочинним посяганням.

Злочини проти довкілля (екологічні злочини) можуть бути визначені як передбачені кримінальним законом діяння, що посягають на довкілля та його компоненти, раціональне використання та охорона яких забезпечують життєдіяльність людини, а також на екологічну безпеку населення і територій, і полягають у безпосередньому протиправному використанні природних об'єктів або у протиправному впливі на них, що призводить до негативних змін стану та якості довкілля.

Для фіксування воєнних екологічних злочинів росіян саме в частині загрози атмосферному повітрю в Україні треба охопити усі станції моніторингу (державні і громадські), які робили заміри за 24 години до події і протягом 48 годин після неї. Також, важливим фактором для аналізу є місце розташування станції, бо щоб «зловити» точкове надмірне забруднення необхідно враховувати і напрям вітру, і щільність забудови, і можливість опадів залишків забруднюючої речовини на прилеглий місцевості.

Маємо правовий прецедент, де в українському законодавстві є визначення для «злочину проти довкілля», але досі немає «військового злочину проти довкілля». Україна — перша країна у світі, яка має закласти поняття «екоциду» в площину воєнних злочинів однієї країни проти іншої. Відповідно, методологій для фіксації таких злочинів не вистачає усьому світові і ми перші, хто повинен в режимі реального часу розробляти та тестувати їх. Екологічний злочин у воді, в ґрунті чи в атмосферному повітрі повинен бути зафіксований та обрахований для збору доказів для нашого майбутнього позову зі стягнення репарацій з росії після її поразки у загарбницькій війні. Україна може фіксувати злочини в частині забруднення атмосферного повітря за допомогою державних та громадських систем моніторингу. Саме за розрахунком, наведеним у цьому дослідженні, можна скласти не один протокол, де вже на папері будуть зафіксовані екологічні злочини росіян. Злочинів багато, усі вони впливають на довкілля не тільки України, а й всієї Європи.

Аналіз викидів проведений в роботі, зумовлених воєнними діями, зосереджувався на діях безпосередньо пов'язаних із Росією як агресора та Україною. Вплив викидів парникових газів виходить за межі географічних кордонів України, як приклад зміна маршрутів цивільної авіації і відповідно географічна зміна викидів. Активізація військової авіації спостерігається і за межами України. Так, країни альянсу НАТО збільшили кількість спостережних польотів уздовж кордону. Також частина важкої військової техніки, що надається Україні для захисту від російської агресії, постачається повітряним транспортом через Атлантичний океан.

Довгостроковим наслідком вторгнення Росії є переозброєння Європи: агресія Росії показала, що мир на європейському континенті не можна сприймати як даність. Навіть коли ця війна закінчиться, Європа постане перед питанням послабленої безпеки і буде змушена захищати свою демократію та цінності від недружнього сусіда на сході. Багато країн почали збільшувати витрати на армію та закупівлю сучасного озброєння, що призведе до значного збільшення кількості використовуваних платформ, а також навчання, тренувань і патрулювання, що, врешті, призведе до зростання попиту на паливо та викидів парникових газів.

Оновлене оцінювання також підкреслює важливість обліку військових викидів за допомогою загальних міжнародно визнаних систем. Як зазначено в Оцінці зміни клімату та її впливу на безпеку НАТО[45], зміна клімату вже стала «мультиплікатором загрози», і її вплив буде посилюватися, виявляючи нові сфери стратегічної конкуренції та породжуючи нові конфлікти щодо доступу до ресурсів. Хоча існує певний простір для підвищення енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії військовими, пріоритетною залишатиметься воєнна ефективність. Тому моніторинг викидів ПГ, зумовлених воєнними діями, є важливим для можливості керувати таким потенційно значним впливом на зміну клімату та відстежувати досягнення цілей скорочення викидів, коли Європа прагне на планетарному рівні досягти нульових чистих викидів вуглецю до 2050 року.

Аналіз проведений в роботі показав значні обсяги викидів парникових газів, які можуть виникнути внаслідок післявоєнної відбудови. Водночас такий масштаб впливу виявляє потенціал мінімізації шкоди клімату в разі застосування сталих і низьковуглецевих технологій і матеріалів для відбудови.

«Вуглецевий слід» матеріалів є найважливішим джерелом викидів, пов'язаних із будівельним сектором, який часто ігнорується при оцінці вуглецевих викидів та потенційного скорочення викидів парникових газів. «Вуглецевий слід» містить, зокрема, викиди парникових газів, що виділяються під час видобутку, виробництва, транспортування та збирання матеріалів, що використовуються для будівництва, а отже, вплив залежить від вибору таких матеріалів і технологій. Вплив, пов'язаний із «вуглецевим слідом», виникає під час будівництва та реконструкції і потім його не можна зменшити, що підкреслює важливість проектних рішень на ранніх етапах.

Порівняння коефіцієнтів викидів для багатоквартирних будинків у межах типової забудови в регіоні (тобто 575 кг CO₂/м² для Центральної та Східної Європи) із сучасними технологіями та стандартами свідчить про значний потенціал скорочення викидів. П'ять європейських країн (Данія, Фінляндія, Франція, Нідерланди та Швеція) нещодавно запровадили нормативи щодо викидів вуглецю за весь термін служби, що стосуються як експлуатаційних викидів, так і

«вуглецевого сліду» матеріалів. У Франції, наприклад, стандарт передбачає скорочення «вуглецевого сліду» до 490 кг CO₂ екв./м² з 2031 року. Беручи до уваги різницю в 15% і масштаб відбудови, потенційні скорочення викидів за допомогою низьковуглецевих технологій порівняно з використанням типових будівельних матеріалів з високим вмістом вуглецю можна оцінити в мільйони тонн CO₂ екв. Використання місцевих матеріалів і розвиток локальних ланцюгів постачання також сприятиме відновленню економіки та створенню робочих місць.

Ринкові інструменти, подібно до тих, що визначені статтею 6 Паризької угоди, могли б створити основу для спрямування додаткової міжнародної підтримки на заходи з відбудови у формі кліматичного фінансування. Розробка таких програм вимагає підтвердження зацікавленості з боку потенційних партнерів і покупців, широких консультацій із зацікавленими сторонами та створення відповідних систем вимірювання, звітування та верифікації (MRV). Відповідно до наявних стандартів і програм, для будівельного сектору вже є методики, які можуть стати основою та джерелом натхнення для розробки майбутніх програм і оцінки скорочення викидів вуглецю. На рівні міста або регіону програми слід розробляти за участю зацікавлених сторін, зокрема міжнародних фінансових організацій і партнерів з розвитку. Такі програми можуть передбачати створення локальних ланцюгів постачання для виробництва будівельних матеріалів, що додатково зменшить вплив на клімат і сприятиме відновленню економіки. Також слід вивчати та вводити в національне законодавство потенційно необхідні допоміжні політичні заходи.

Україна разом зі своїми міжнародними партнерами прагне притягнути Російську Федерацію до відповідальності за її акт агресії, зокрема за шкоду, завдану довкіллю. В рамках постконфліктних репарацій уже є прецеденти розгляду заподіяної довкіллю шкоди, як-от компенсація, виплачена Іраком після вторгнення в Кувейт — за рішенням Компенсаційної комісії ООН. Це підтверджує важливість комплексного документування екологічної шкоди та збору доказів.

Додаткові викиди парникових газів шкодять клімату. Від початку 2000-х правові рамки для боротьби зі зміною клімату стають все доступнішими через законодавство, і все більше судових справ створюють міжнародний звід законів, поєднуючи кліматичні заходи з правовими проблемами, пов'язаними з конституційним, адміністративним і приватним правом, законом про захист прав споживачів чи правами людини. Оскільки кліматична шкода впливає не лише на Україну, а й на клімат усієї планети, слід об'єднувати зусилля на міжнародному рівні.

Висновки до розділу 3

1. В Україні відсутнє регулювання моніторингу викидів які спричиняють військові дії.
2. В світовій практиці існують точкові аналізи різних викидів від операційної діяльності військ та бойових дій, але відсутня комплексна методологія моніторингу та аналізу.
3. Згідно проведеного аналізу викиди внаслідок військових дій за перші 12 місяців війни складають 89.71 млн тон CO₂ екв.
4. Найбільшою часткою серед всіх типів є викиди внаслідок відбудови інфраструктури. Тому це вимагає детального планування процесів відбудови з стандартизацією матеріалів які будуть використовуватись.
5. Необхідні зміни до законодавства з метою введення поняття в Кримінальному Кодексі «військовий злочин проти довкілля» та створення правових механізмів фіксації та притягнення до відповідальності військових злочинців.

ВИСНОВКИ

1. Атмосферне повітря – життєво важливий компонент навколишнього природного середовища. Під забрудненням атмосферного повітря розуміють збільшення концентрації фізичних, хімічних та біологічних компонентів понад рівень, що виводить природні системи зі стану рівноваги.

2. Забруднення атмосферного повітря може бути природним (пиліві бурі, виверження вулканів, космічний пил та ін.) або антропогенний вплив. Найбільшими забруднювачами в мирний час є галузі промисловості, автомобільний транспорт. Під час війни виникають нові джерела забруднення.

3. Охорона атмосферного повітря здійснюється відповідно до національного та міжнародного екологічного законодавства. Положення різноманітних міжнародних конвенцій та договорів знаходять своє відображення у національному законодавстві.

4. Правову основу охорони атмосферного повітря складають Конституція України, Закон України «Про охорону атмосферного повітря», а також Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про порядок здійснення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря» та деякі інші нормативні акти, які спрямовані на збереження сприятливого стану атмосферного повітря, його відновлення та покращення. Важливим залишається питання розробки та прийняття проектів законів «Про засади державної політики у сфері запобігання зміні клімату та адаптації до таких змін», «Про національну систему торгівлі вуглецевими одиницями в Україні» та інших, спрямовані на запобігання змінам клімату та впровадження системи торгівлі викидами парникових газів.

5. Внаслідок війни відбулись зміни з викидами в атмосферне повітря. Неочікуваним є поліпшення якості повітря в Україні після початку повномасштабного вторгнення. Це нерозривно пов'язано із зменшенням обсягів виробництва та зміною режиму роботи наявних в Україні великих та середніх

підприємств. Але в той же час ми отримали нове джерело забруднення – військові дії.

6. Відповідно до проведеного аналізу викиди внаслідок військових дій за перші 12 місяців війни складають 89.71 млн тон CO₂ екв. Найбільшою часткою серед всіх типів є викиди внаслідок відбудови інфраструктури. Тому це вимагає детального планування процесів відбудови з стандартизацією матеріалів які будуть використовуватись.

7. Запропоновано рекомендації щодо вдосконалення еколого-економічного механізму охорони та покращення стану атмосферного повітря:

- зменшити використання у виробництві застарілого енергоємного обладнання та технологій;
- збільшити фінансування заходів по зменшенню викидів в атмосферне повітря;
- впровадити механізми моніторингу за викидами на територіях де ведуться бойові дії;
- зміни державні будівельні матеріали з метою використання матеріалів з менших вуглецевим слідом;
- стимулювати закупівлю нового обладнання та застосування ефективних технологій, які зменшували б обсяг викидів забруднювальних речовин;
- стимулювання державними контролюючими органами підприємств до технологічних інновацій шляхом зменшення оподаткування, надання субсидій, безвідсоткового кредитування тощо;
- стимулювання багатосторонньої співпраці (проведення семінарів, конференцій, лекцій тощо) між керівними ланками промислових підприємств України;
- залучення іноземних фахівців для висококваліфікавних консультацій щодо покращення технологій промислового виробництва;
- підвищення рівня екологічної освіти та свідомості серед населення;

- введення поняття в Кримінальному Кодексі «військовий злочин проти довкілля» та створення правових механізмів фіксації та притягнення до відповідальності військових злочинців;
- проведення прозорих тендерів на будівництво сміттєпереробних заводів, для зменшення викидів в атмосферне повітря шляхом спалювання відходів;
- впровадження відповідальності виробників за кінець життєвого циклу продукції;
- спрямування інноваційних витрат на технології та обладнання, яке зменшує викиди забруднювальних речовин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білецька Г.А. Моніторинг довкілля. URL: http://lubbook.net/book_571.html.
2. Бойчук Ю.Д. Екологія і охорона навколишнього середовища/ Ю.Д. Бойчук, Е. М. Солошенко. - К.: Видавничий дім «Княгиня Ольга», 2005. – 302 с.
3. Гавриленко О.П. Екогеографія України. URL: http://pidruchniki.ws/11570718/ekologiya/normativno-zakonodavcha_baza_ukrayini_mizhnarodna_spivpratsya_galuzi_ratsionalnogo_vikoristannya_ohoroni.
4. Health impacts of air pollution in Europe. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution>.
5. Державна служба статистики України. Статистична інформація. Навколишнє середовище. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
6. Державна служба статистики України. Статистична інформація. Захворюваність населення. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
7. Моніторинг довкілля – Аналітична записка щодо стану справ та перспективи розвитку державної системи моніторингу довкілля. 2023р.
8. Дубовіч І. А. Еколого-політичні механізми запобігання змінам геоecологічної ситуації внаслідок глобального потепління / І. А. Дубовіч // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість: міжвідом. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України, 2011. –Вип. 37.1. – С.250–255.
9. Дубовіч І.А. Екологічне право України: курс лекцій. – Львів: НЛТУ України, 2007. – 145 с.
10. Дубовіч І.А. Економіко-правовий аналіз екологічної політики України щодо запобігання змінам клімату і торгівлі квотами на викиди парникових газів / І.А Дубовіч, М.Г. Булгакова / Кримський економічний вісник. Науковий журнал. # 1 (02) лютий 2013. Частина 1. – Херсон: Видавництво: ТОВ «Видавничий дім «Гельветика». – 2013. – С. 151-154.
11. Дубовіч І.А. Зміна клімату та економіко-правовий механізм у сфері міжнародної торгівлі квотами на викиди парникових газів в Україні / І.А Дубовіч, М.Г Булгакова / Науковий вісник Національного лісотехнічного

університету України: збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.13. – С. 79–85.

12. Дубовіч І.А. Участь України у вирішенні глобальних проблем зі зміни клімату / І.А Дубовіч, М.Г Булгакова / Економіка природокористування і охорони довкілля: [зб. наук. пр.] / Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України». – К.: ДУ ІЕПСР НАН України, 2011. – С. 100-105.

13. Дубовіч І.А. Еколого-економічні засади охорони та використання атмосферного повітря в Україні / І.А Дубовіч, Ю.І. Куцька / Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.7. – С. 121-127.

14. Постанова Кабінету Міністрів України № 827 від 14.08.2019 р.

15. ЕкоЗагроза – це офіційний ресурс Міндовкілля. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/>.

16. Забруднення повітря в Україні негативно впливає на здоров'я населення. URL: http://www.irf.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=39274:2013-02-13-09-39-37&catid=28:news-euro&Itemid=32.

17. Stuart Parkinson, Scientists for Global Responsibility (SGR) with Linsey Cottrell, Conflict and Environment Observatory (CEOBS). Estimating the Military's Global Greenhouse Gas Emissions. URL: <https://www.sgr.org.uk/publications/estimating-military-s-globalgreenhouse-gas-emissions>.

18. Russia Boosts Flow of Fuel to Troops at Border. URL: <https://www.energyintel.com/0000017f-0ebd-dfa7-a5ff-9fbf3c920000>.

19. Deloitte, Energy Security. America's Best Defense. URL: https://legacy-assets.eenews.net/features/documents/2009/11/11/document_gw_02.pdf

20. Ukraine. 2022 National Inventory Report (NIR). URL: <https://unfccc.int/documents/476868>.

21. Carbon Dioxide Emissions Associated with the Manufacturing of Tractors and Farm Machinery in Canada. URL:

https://www.researchgate.net/publication/222979796_Carbon_Dioxide_Emissions_Associated_with_the_Manufacturing_of_Tractors_and_Farm_Machinery_in_Canada.

22. Magnus Sparrevik, Simon Utstøl, Assessing life cycle greenhouse gas emissions in the Norwegian defence sector for climate change mitigation, *Journal of Cleaner Production*, Volume 248, 2020. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619340661>

23. Закон України «Про пестициди і агрохімікати» від 2.03.95 // Відомості Верховної Ради України 1995, № 14 від 04.04.95, ст. 91.

24. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення, Березень 2023. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/ENG_FINAL_Damages-Report_.pdf

25. Запольський А. К. Екологізація харчових виробництв / А. К. Запольський, А. І. Українець. – К.: Вища школа, 2005. – 423 с

26. Звіт «Про результати діяльності Держекоінспекції України та її територіальних органів за 2012 рік» <http://dei.gov.ua/>.

27. Землянська О.В. Сучасні джерела антропогенного забруднення атмосфери/ Г.С. Мельничук, Т.В. Гусар. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://op.iee.kpi.ua/2/Untitled10.pdf>.

28. Клименко В.Г. Забруднення атмосферного повітря: Методична розробка для студентів-географів / В.Г. Клименко, О.Ю. Цигічко. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. – 26 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/3639/2/%D0%A6%D0%B8%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%BE.pdf>.

29. Козловський С.О. Основи економетрії: Конспект лекцій у 2-х частинах. Частина 1. – Львів: НЛТУ України, 2005. – 202 с.

30. Конспект лекцій з міжнародного публічного права. URL: <http://jure.in.ua/node/51>.

31. Конституція України, прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 р. // Відомості Верховної Ради України. – 1996. – № 30. – Ст. 141.

32. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря. URL: zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0048-09.

33. Названі найзабрудненіші міста України за 2012 рік. URL: http://gazeta.ua/articles/life/_nazvani-najzabrudnenishi-mista-ukrajini-za-2012-rik/499991.

34. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. URL: <https://menr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>.

35. Никитин Д.П. Окружающая среда и человек / Д.П.Никитин, Ю.В.Новиков. – М.: 1988. – 315с.

36. Огляд стану забруднення НПС в Україні у і півріччі 2013 року. URL: http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine&p=1].

37. Олійник Я. Б. Основи екології. URL: http://pidruchniki.ws/1758082837959/ekologiya/atmosferne_zabrudnennya_yogo_ekologichni_naslidki.

38. Права людини в Україні – 2012. Доповідь правозахисних організацій. / за ред. Є. Ю. захарова. / Українська гельсінська спілка з прав людини. – Харків: права людини, 2013. – 560 с.

39. Профілактична медицина. URL: http://profmed.at.ua/index/vpliv_zabrudnen_atmosfernogo_povitrja_na_zdorov_39_ja_i_sanitarni_umovi_zhittja_naselennja/0-18.

40. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2012 році. URL: <http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2012-rotsi/donetska%202012.pdf>.

41. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Луганській області у 2012 році. URL: http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2012-rotsi/luganska_2012.pdf.

42. Розроблення законодавства у сфері зміни клімату в Україні. URL: <http://legalanalytics.com.ua/uk/newsofcentr/28-categorynewscenter/135-legislationclimate.html>.]

43. Салтовський О.І. Основи соціальної екології: курс лекцій / О.І Салтовський. – К., 1997. – 159 с.

44. Стан довкілля в Україні. URL: <https://iac-menr.rgdata.com.ua/>.

45. UK Department for Environment, Food & Rural Affairs, Conversion factors by SIC code 2019, updating Table 13. URL: <https://www.gov.uk/government/statistics/uks-carbon-footprint>.

46. NATO releases its Climate Change and Security Impact Assessment. URL: https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_197241.htm.

47. Хроленко І.А. Основи екології : курс лекцій. URL: <http://mir.zavantag.com/geografiya/362504/index.html?page=8#599133>.

48. Шматько В.Г. Екологія і організація природоохоронної діяльності. URL: http://pidruchniki.ws/1584072039565/ekologiya/ekologiya_i_organizatsiya_prirodoohoronoynoyi_diyalnosti_-_shmatko_vg.

49. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення України та санітарно-епідемічну ситуацію/ за ред. Р. В. Богатирьової, 2012.

50. Юрченко Л.І. Екологія. URL: http://pidruchniki.ws/13250108/ekologiya/dani_monitoringu_zabrudnennya_navkolishnogo_seredovischa_ukrayini.

51. Яцишин Р.В. Правова охорона атмосферного повітря. URL: <http://www.aau.edu.ua/e-journal/2011-2/11yrvvss.pdf>.

52. Attitudes of Europeans to air Quality. URL: http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_360_en.pdf.

53. Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. A Clean Air Programme for Europe. URL: http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/clean_air/Communication%20Clean%20Air%20Programme.pdf

54. Joshi, Vijay, 2009. “Comments on Climate Change and India: Implications and Policy Options.” India Policy Forum 2009/10 - Volume 6, The Brookings Institution and National Council of Applied Economic Research.

55. Marchal, Virginie, Rob Dellink, Detlef Van Vuuren, Christa Clapp, Jean Château, Eliza Lanzi, Bertrand Magné, and Jasper van Vliet, 2011 “OECD Environmental Outlook to 2050, Chapter 3: Climate Change.”

56. Mattoo, Aaditya; Subramanian, Arvind, 2013. “ A “Greenprint” for International Cooperation on Climate Change”. Policy Research Working Paper 6440. Trade and Integration Team, Development Research Group.

57. The OECD Environment Outlook 2050. URL: http://www.oecd.org/document/11/0,3746,en_2649_37465_49036555_1_1_1_37465,00.html.

58. Wheeler, David, and Kevin Ummel. 2007. “Another Inconvenient Truth: A Carbon-Intensive South Faces Environmental Disaster, No Matter What the North Does.” CGD Working Paper 134. Washington: Center for Global Development.

59. IEA CO₂ Emissions in 2022. URL: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>