

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Т. В. Дудар
«_____» _____ 2022 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Характеристика промислових процесів, що забруднюють
атмосферне повітря парниковими газами»**

Виконавець: студента 401 групи Зусько Едуард Аркадійович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: докт. пед. наук., проф. кафедри екології Саєнко Тетяна Василівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:

Явнюк А. А

КИЇВ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101 «Екологія»

ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Дудар Т. Т. В.
«__» _____ 2022р.

ЗАВДАННЯ **на виконання дипломної роботи** **Зуська Едуарда Аркадійовича**

1. Тема роботи: «Характеристика промислових процесів, що забруднюють атмосферне повітря парниковими газами», затверджена наказом ректора від 18.04.2022р. № 388/ст
2. Термін виконання роботи: 10.04.2022 р. по 14.06.2022 р.
3. Вихідні дані роботи: джерела літератури - наукові статті, доповіді, журнали, листи екологічних досліджень, інтернет ресурси.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, промислові процеси що забруднюють атмосферне повітря парниковими газами, висновки, список використаної літератури.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстраційного) матеріалу: рисунки, діаграми, таблиці.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Вибір теми диплому	10.04.2022	
2	Перегляд літературних джерел	12.04.2022-15.04.2022	
3	Визначення екологічних факторів природного середовища	16.04.2022-29.04.2022	
4	Визначення антропогенного впливу на атмосферне середовище	01.05.2022-06.05.2022	
5	Оцінка моніторингу забруднення атмосферного повітря	10.05.2022-20.05.2022	
6	Визначення промислових підприємств, що несуть забруднення парниковими газами	23.05.2022-01.06.2022	
7	Оформлення дипломної роботи та списку використаних джерел	02.06.2022-05.06.2022	
8	Робота над висновками	06.06.2022-07.06.2022	
9	Захист дипломної роботи	15.06.2022	

7. Дата видачі завдання: «_____» _____ 2022 __ р.

Керівник дипломної роботи: _____ Саєнко Т.В.

(підпис керівника)(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____ Зусько. Е.А

(підпис випускника)(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Характеристика промислових процесів, що забруднюють атмосферне повітря парниковими газами»: 64 с, 13 рис., 3 табл. , 41 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: антропогенне забруднення повітря.

Предмет дослідження: промисловий внесок парникових газів у глобальне забруднення повітря.

Мета роботи: дослідження деяких вітчизняних промислових виробництв, що викидають парникові гази у значних кількостях.

Методи дослідження: для написання даної наукової праці нами було використано метод наукового аналізу, метод інтерпретації результатів та системний метод. Також нами було використано метод науково-методичного дослідження. За допомогою представлених та використаних нами методів, нами було проведено комплексне дослідження та сформовано основні елементи даного наукового дослідження.

В першому розділі даної наукової праці нами було використано метод науково-методичного дослідження, за допомогою якого нами було опрацьовано теоретичну базу дослідження, науковий матеріал провідних науковців та сформовано в представлений нами перший розділ. Також в даному першому розділі ми використовували системний метод, за допомогою якого було систематизовано опрацьований матеріал та викладено у рамках нашого дослідження.

У другому та третьому розділах роботи було використано метод аналізу та метод інтерпретації результатів, за допомогою яких було проведено порівняльний аналіз досліджуваних питань, сформульовано висновки та інтерпретовано отримані результати дослідження.

ЗАБРУДНЮВАЧІ ПОВІТРЯ, АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ПРОМИСЛОВІ ВИКИДИ, ДИНАМІКА ВИКИДІВ, ПАРНИКОВІ ГАЗИ, ЕКОЛОГІЯ, ПРОМИСЛОВІ ПРОЦЕСИ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	9
1.1 Функції атмосфери.....	... Error! Bookmark not defined.
1.2 Основні джерела забруднення повітряного басейну	Error! Bookmark not defined.
РОЗДІЛ 2 АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ ТА НАСЛІДКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ	20
2.1 Парниковий ефект	20
2.2 Порушення озонового шару	23
2.3 Кислотні дощі	27
2.4 Моніторинг забруднення атмосфери.....	29
РОЗДІЛ 3 ВІТЧИЗНЯНІ ПРОМИСЛОВІ ПРОЦЕСИ, ЩО ЗАБРУДНЮЮТЬ АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ БІОСФЕРИ ПАРНИКОВИМИ ГАЗАМИ.....	34
3.1 Виробництво цементу та вапна.....	34
3.2 Виробництво скла та процеси, що використовують карбонати	37
3.3 Виробництво аміака та азотної кислоти	40
3.4 Виробництво адіпінової кислоти та капролактаму.....	43
3.5 Виробництво карбіду та його використання	46
3.6 Виробництво діоксиду титану та кальцинованої соди.....	49
3.7 Виробництво важких металів.....	52
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60

ВСТУП

Актуальність теми. Вплив людини на атмосферу останніми роками посилюється через забруднення повітряного басейну промисловим та сільськогосподарським виробництвом, що неминує впливає на стан екосистем і здоров'я людей. Тому дослідження проблем, пов'язаних із забрудненням повітря – надзвичайно важливою природною складовою середовища життя людини – є особливо важливими та актуальними.

Нині людство вступило у критичний період свого існування з точки зору екологічних проблем. Посилюються швидко й майже неконтрольована індустріалізація, урбанізація та багато інших видів антропогенного впливу на навколишнє середовище, що порушує колообіг речовин і природних процесів у біосфері, які ведуть до прискореного руйнування природи. Негативні процеси, що відбуваються в природному середовищі, становлять загрозу подальшому існуванню усього людства.

Вплив на навколишнє середовище залежить від характеру та масштабів джерела забруднення повітря, де, як і на якій висоті викидається забруднювач у повітря чи хімічних перетворень, що відбуваються під час викиду забруднюючої речовини, та метеорологічних факторів. Контролювати забруднення повітря необхідно для захисту навколишнього середовища та здоров'я людей.

Незважаючи на тенденцію останніх років до зменшення промислових викидів у атмосферне повітря, питання гігієнічного захисту не втратило своєї актуальності. Нині загальний рівень забруднення повітря у великих і середніх містах України у 2-4 рази перевищує гранично допустимі рівні, що становить загрозу для здоров'я населення.

Питанням антропогенного забруднення повітряного середовища займалися такі провідні науковці, як: Ю.Г. Фельдман, А.А. Пенкович, М.Г. Ігнатенко, С.В.

Гришко, М.М. Стецишин, О.В. Непша, Т.О. Сапун, М.Д. Торбунова та інші. Незважаючи на велику кількість досліджень це питання все ще потребує подальших наукових робіт.

Мета дослідження – дослідження деяких вітчизняних промислових виробництв, що викидають парникові гази у значних кількостях.

Завдання роботи:

1. Здійснити огляд літератури щодо екологічних функцій атмосфери та основних джерел і видів забруднення повітряного басейну.

2. Розглянути антропогенний вплив та наслідки забруднення атмосфери, зокрема явище парникового ефекту.

3. Схарактеризувати види моніторингу за станом повітря у районах промислових об'єктів.

4. Проаналізувати викиди парникових газів з вітчизняних виробництв у період 1990-2019 рр.

5. Здійснити оцінку та тенденцію викидів парникових газів за джерелами, зокрема викидами від технологічних процесів виробництв цементу, аміаку, карбїду, діоксиду титану та низки металів.

Об'єкт дослідження – антропогенне забруднення повітря.

Предмет дослідження – промислові процеси вітчизняних виробництв, що викидають парникові гази.

Методи дослідження – для написання даної наукової праці нами було використано метод наукового аналізу, метод інтерпретації результатів та системний метод. Також нами було використано метод науково-методичного дослідження. За допомогою представлених та використаних нами методів, нами було проведено комплексне дослідження та сформовано основні елементи даного наукового дослідження.

В першому розділі даної наукової праці нами було використано метод науково-методичного дослідження, за допомогою якого нами було опрацьовано теоретичну базу дослідження, науковий матеріал провідних науковців та

сформовано в представлений нами перший розділ. Також в даному першому розділі ми використовували системний метод, за допомогою якого було систематизовано опрацьований матеріал та викладено у рамках нашого дослідження.

У другому та третьому розділах роботи було використано метод аналізу та метод інтерпретації результатів, за допомогою яких було проведено порівняльний аналіз досліджуваних питань, сформульовано висновки та інтерпретовано отримані результати дослідження.

Теоретичне значення бакалаврської роботи – полягає в детальному та системному дослідженні питань пов'язаних з поставленою тематикою в даній роботі, а також має узагальнюючий характер і містити власні висновки і рекомендації з предмету дослідження.

Практичне значення бакалаврської роботи – полягає в дослідженні та розкритті питань пов'язаних з темою роботи, а також їх практичним застосування у подальших наукових дослідженнях.

Інформаційна база дослідження – використано різні джерела інформації – літературні, періодичний друк, статистичні дані, звіти, картографічні матеріали, ресурси глобальної інформаційної мережі Інтернет

Структура роботи – бакалаврська робота складається з вступу, 3 розділів, висновків та списку використаних джерел. Робота розміщена на 64 сторінках та налічує 41 посилань на бібліографічні джерела.

Особистий внесок – проаналізовано вітчизняні виробництва цементу, вапна, скла, процеси, що використовують карбонати, виробництва аміака та азотної і адіпінової кислот, капролактаму, карбіду, діоксиду титану, кальцинованої соди та важких металів. Результати роботи можуть бути використані для переобладнання згаданих підприємств, удосконалення їх технологічних процесів та методики обліку парникових газів у відповідності до зобов'язань України за Рамковою конвенцією ООН про зміну клімату.

РОЗДІЛ 1

ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА

1.1. Функції атмосфери

Атмосфера (від грец. *atmos* – пара, дихання; *sphaira* – шар) — газова оболонка планети, що складається з суміші різних газів, водяної пари, пилу. Це середовище існування наземного життя (люди, тварини, рослини), тому його агрегатний стан та процеси та явища, що відбуваються, мають великий вплив на формування земного життя та умов навколишнього середовища.

Оскільки атмосфера є повітряною оболонкою Землі, вона пов'язана силою тяжіння, і вона взаємодіє з іншими середовищами – водою, ґрунтом. Атмосфера також обмінюється матеріалом між Землею і космосом, тобто Земля отримує пил і метеоритний матеріал з космосу, а в свою чергу космос - найлегші гази: гідроген (H) і гелій (He). В атмосферу Землі проникає потужне випромінювання Сонця, яке визначає тепловий стан поверхні планети, викликаючи дисоціацію (розпад) молекул атмосферного газу та іонізацію атомів (перетворення нейтральних частинок в електричні заряди)[2].

Маса всієї атмосфери оцінюється приблизно від 5,15 до $5,9 \times 10^{15}$ т, що приблизно складає одну мільйонну маси Землі. Якби на Землі не існувало атмосфери, то добові коливання температури на ній досягли б $\pm 200^\circ\text{C}$.

Майже вся атмосфера зосереджена у відносно тонкому шарі, що прилягає до поверхні Землі: близько половини її маси – 75 % у шарах до 5 км – близько 99 % у шарах до 10 км – 30 км у шарах не більше 5 км[3].

Повітря – це механічна суміш різноманітних газів, у якій у зваженому стані знаходяться різні рідкі та тверді частинки (атмосферні аерозолі). Наприклад, молекули H₂O, діоксид сірки, пил на поверхні землі, сажа, частинки морської солі тощо.

Атмосфера за своєю будовою має шарувату структуру, із збільшенням висоти щільність і тиск повітря поступово зменшуються і поступово потрапляють у міжпланетний простір.

Температура в свою чергу змінюється нерівномірно, що пояснюється неоднаковим поглинанням, на різних висотах, сонячної енергії газами. Найінтенсивніші теплові процеси відбуваються у тропосфері, причому нагрівається атмосфера знизу, від поверхні океану та суші.

У зв'язку з цим Атмосфера поділяється на сфери: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу, іоносферу, екзосферу (рис. 1.1).

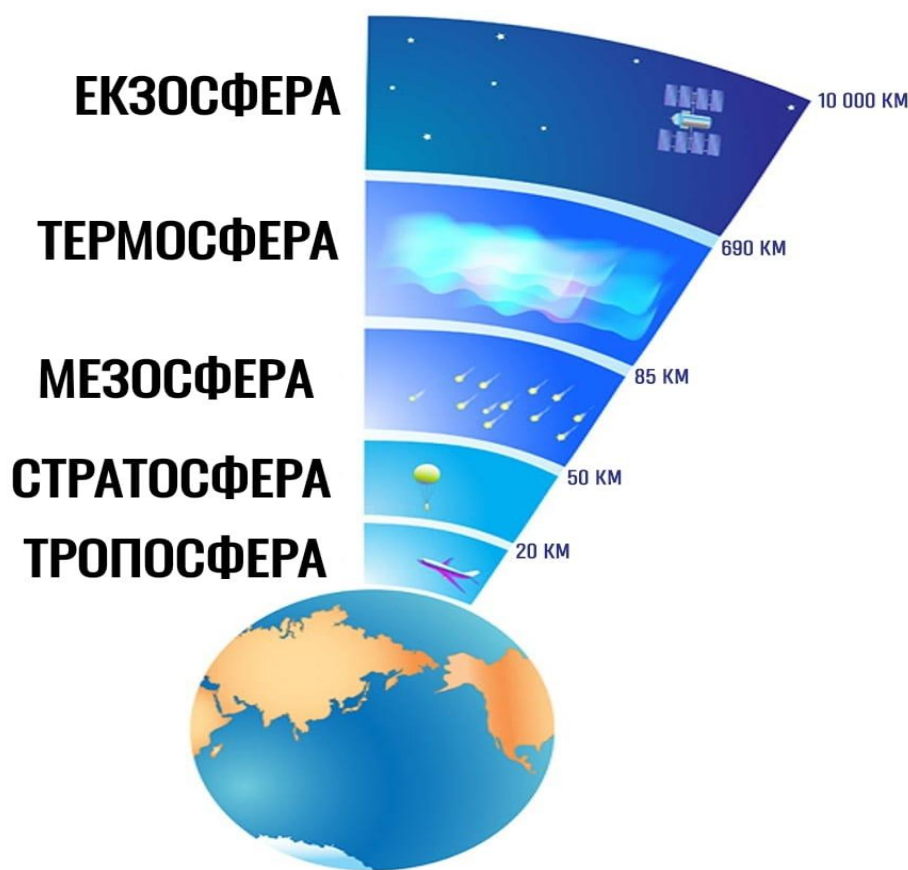


Рис. 1.1. Будова атмосфери [2]

Кожен із цих шарів виконує важливі завдання, спрямовані на забезпечення корисних властивостей організму. Під час вивчення атмосфери з'ясувалося, що кожен з них здатний повертати речовину або промені до межі назад у космос або на поверхню Землі. Наприклад, тропосфера, що знаходиться в 13-15 кілометрах від

поверхні Землі, стискає масивні водяні отвори, які піднімаються з поверхні Землі, і повертає їх на Землю у вигляді дощу. Озоновий шар атмосфери, розташований на висоті 25 кілометрів від Землі, озоновий шар відбиває радіацію та шкідливі ультрафіолетові промені з космосу, повертаючи їх і не даючи їм проникнути на поверхню Землі[4].

Атмосфера затримує понад половину енергії сонячного випромінювання, що досягає її зовнішньої межі. Короткохвильове та гамма-випромінювання, які могли б бути згубними для життя на Землі, повністю поглинаються атмосферою (точніше, іоносферою, що знаходиться в її верхніх шарах, а також шаром озону) і до поверхні Землі не доходять. Атмосфера захищає поверхню Землі та від падіння метеоритів.

Між атмосферою і поверхнею Землі відбувається постійний обмін теплотою, вологою і газами, зміна атмосферного тиску, циркуляція повітря, що дуже важливо для погоди. Завдяки наявності в атмосфері водяної пари та вуглекислого газу на неї практично не впливає теплове випромінювання, створюючи так званий «парниковий ефект». Газы, що сприяють «парниковому ефекту», підвищують середні температури, загрожуючи таненням полярного льоду[5].

Атмосфера регулює всі життєво важливі параметри біологічного життя, такі як температура, вологість, тиск. Найпоширенішою ознакою атмосфери є клімат.

Формування клімату планети визначається припливом сонячної енергії, особливостями будови поверхні, що підстилає, інтенсивністю механізмів тепло-, волого- і масообміну між різними регіонами Землі. Вплив клімату на здоров'я людини, та й усіх живих організмів, проявляється, перш за все, в їхньому тепловому стані, обумовленому теплообміном з навколишнім середовищем.

На процеси терморегуляції живих організмів істотно впливають температура і вологість повітря, вітер. Наприклад, раптові зміни вітрового режиму, атмосферного тиску та температури – розглядаються як причини погіршення стану здоров'я у більшості людей, т.з. метеозалежність. Кругообіг кисню, вуглецю, азоту і води повинен проходити через атмосферну стадію. Атмосфера являє собою величезний резервуар, в якому накопичуються різноманітні речовини і, головне, завдяки своїм

властивостям, таким як життєздатність, поширюються з пануючими глобальними вітрами. Це забезпечує силу і швидкість кругообігу речовини в природі і підтримує цілісність світу природи на Землі. Як частина природного середовища, фундаментальні фізико-хімічні властивості атмосфери важливі для життя на Землі[2].

Тиск атмосфери вважається нормальним за величиною біля Землі 760,1 мм рт. ст. У межах земної кулі існують постійні області високого та низького тиску, що забезпечує динаміку атмосфери та формування системи панівних вітрів. Це забезпечує вертикальне та горизонтальне перемішування повітря, розсіювання та асиміляцію забруднюючих речовин.

Коли забруднювачі поєднуються з досить великими обсягами повітря, їх концентрація знижується аж до порогового рівня, нижче якого їх негативний вплив не спостерігається. Тиск атмосфери ми не помічаємо, хоча на кожну людину тисне приблизно 12 т повітря. Для нас при підйомі на висоту (зниження), при зануренні у воду (підвищення) відхилення тиску тільки відчувається. В абсолютному вакуумі загибель живих істот відбувається миттєво. Однак зникнення або різке падіння атмосферного тиску нашої планеті не загрожує. Прозорість атмосфери має дуже важливий контекст[7].

Від цього залежить проникність атмосфери для сонячного випромінювання від елементів, видимих у спектрі. Кількість (інтенсивність) сонячної енергії визначає інтенсивність фотосинтезу – єдиного природного процесу на Землі, який фіксує сонячну енергію. Визначено вплив прозорості на тепловий баланс Землі.

Сучасні зміни прозорості атмосфери значною мірою визначаються антропогенним впливом, що призвело до виникнення низки проблем. Дуже важливе значення має стан газового балансу у атмосфері. Атмосфера в межах тропосфери (до висоти 15-16 км), де укладено понад 90% усієї її маси, складається за обсягом з азоту (78,09%), кисню (20,96%), аргону (0,93%) , вуглекислого газу (0,03%); вона містить також дуже малі частки інертних газів та озону. Атмосферний азот є гігантським джерелом первинної «сировини» як діяльності азотфіксуючих

мікроорганізмів і водорослів, так промисловості азотистих добрив. Без кисню неможливе дихання, отже, енергетика багатоклітинних тварин. Водночас кисень - це продукт життєдіяльності, який виділяється фотосинтезуючими організмами[2].

Лише 1% кисню, накопиченого в процесі еволюції атмосфери та біосфери створив умови для швидкого розвитку сучасних форм життя. Це створює озоновий бар'єр – захист від космічних променів високої енергії. Однак кількість кисню в атмосфері різко скоротилася. За останні 10 років його чисельність зменшилася так само, як і за останні 10 000 років.

Різде зниження вмісту кисню в атмосфері може мати серйозні наслідки. Його втрата неминуче замінить аеробні форми життя анаеробними. В атмосфері набагато менше вуглекислого газу (CO_2), ніж кисню та азоту. Однак його збільшення внаслідок діяльності людини викликає тривогу для людей сьогодні.

За даними Національної дослідницької лабораторії США в Боулдері, штат Колорадо, в даний час кількість CO в атмосфері Землі збільшується на 10% кожні 20 років. Є багато прогностичних моделей майбутньої кількості CO_2 у атмосфері[3].

Висновки їх різняться кількісно, але факт зростання CO_2 у атмосфері у цьому столітті визнається усіма. Ці зміни, що стосуються нікчемної (за масштабами атмосфери) величини нетоксичного газу, викликають глобальну екологічну проблему, пов'язану зі зміною клімату Землі. Підвищення частки вуглекислого газу лише на 0,1% викликає утруднення дихання у тварин, позначається здоров'я людини. У шарі атмосфери від Землі до 70 км присутній озон (O_3) - триатомний кисень, що у результаті розщеплення молекул звичайного кисню і перерозподілу його атомів.

Назву газу дав у 1840 р. швейцарський хімік Шойбен. Прямий переклад з грецької означає «пахнучий». Озон називають атмосферним щитом всього живого, з ним пов'язують синяву неба та збереження благодатного тепла планети. Однак вчені відзначають, що сам по собі озон, що міститься в приземних шарах повітря у високій концентрації, наприклад на підприємствах хімічної промисловості, при

високовольтних випробуваннях, електрозварювання стає типовою промисловою отрутою.

У зв'язку з цим вже існує поширена думка, що концентрації 1-10 мг озону на 1 кубічний метр дійсно викликають зміни в організмі. Вивчення медичних біологічних ефектів озону сьогодні стає серйозною науковою проблемою, головним чином через розширення його промислового застосування. Кожен із цих шарів виконує важливі завдання, спрямовані на забезпечення корисних властивостей організму. Під час вивчення атмосфери з'ясувалося, що кожен з них здатний повертати речовину або промені до межі назад у космос або на поверхню Землі[3].

Наприклад, тропосфера, що знаходиться на відстані 13-15 кілометрів від поверхні Землі, стискає масивні водяні отвори, які піднімаються з поверхні Землі, і повертає їх на Землю у вигляді дощу. Озоновий шар, розташований на висоті 25 кілометрів над Землею, відбиває радіацію та шкідливі ультрафіолетові промені з космосу, повертаючи їх і не даючи їм проникнути на поверхню Землі.

Розглядаючи різні екологічні функції атмосфери Землі, можна зробити однозначний висновок, що життя на Землі без цієї повітряної оболонки було б неможливим.

1.2. Основні джерела забруднення повітряного басейну

Забруднення атмосферного повітря є одним із найсерйозніших екологічних факторів, що впливають на здоров'я будь-якої людини, яка проживає в країнах з низьким, середнім та високим рівнем доходу. За оцінками, у 2016 р. у всьому світі забруднення атмосферного повітря (повітря поза приміщеннями) як у містах, так і в сільській місцевості спричинило 4,2 мільйона випадків передчасної смерті на рік; ця смертність була обумовлена впливом дрібних зважених частинок діаметром до 2,5 мкм (PM_{2,5}), які викликають серцево-судинні та респіраторні, а також онкологічні захворювання[38].

Населення країн з низьким та середнім рівнем доходу в непропорційно високому ступені схильне до забруднення повітря, і з 4,2 млн випадків передчасної смерті 91% реєструються в країнах з низьким та середнім рівнем доходу, головним чином у регіонах ВООЗ для країн Південно-Східної Азії та Західної частин Тихого океану. Останні оцінки тяжкості хвороб вказують на те, що забруднення повітря відіграє дуже значну роль у захворюваності та смертності, зумовлених серцево-судинними захворюваннями. З'являється все більше даних, у тому числі за підсумками досліджень, проведених у районах із високим рівнем забруднення повітря, що свідчить про наявність зв'язку між забрудненням атмосферного повітря та ризиком серцево-судинних захворювань[8].

За оцінками ВООЗ, у 2016 р. близько 58% передчасних смертей, пов'язаних із забрудненням зовнішнього повітря, були викликані ішемічною хворобою серця та інсультом, по 18% – хронічною обструктивною хворобою легень та гострими інфекціями нижніх дихальних шляхів, відповідно, та 6% легенів. У деяких випадках смерть може бути пов'язана з кількома факторами ризику. Наприклад, факторами раку легенів є як куріння, і забруднення атмосферного повітря. Частину випадків смерті від раку легень можна було б запобігти шляхом покращення якості атмосферного повітря або скорочення тютюнопаління.

У 2013 р. Міжнародне агентство ВООЗ з вивчення раку (МАІР) дійшло висновку про те, що забруднення атмосферного повітря має канцерогенний вплив на здоров'я людини, причому забруднення повітря зваженими частинками найбільше асоціюється з підвищеною захворюваністю на онкологічні захворювання, особливо на рак легенів[7]. Також було встановлено зв'язок між забрудненням атмосферного повітря та зростанням захворюваності на рак сечовивідних шляхів/сечового міхура. Однією з найважливіших завдань у сфері охорони здоров'я є робота з корекції всіх чинників розвитку неінфекційних захворювань, включаючи забруднення повітря.

Більшість джерел забруднення зовнішнього повітря не підконтрольні населенню, і зниження їх впливу потребує узгоджених дій з боку місцевого, національного та регіонального керівництва у таких секторах, як транспорт,

енергетика, утилізація відходів, міське планування та сільське господарство[7]. Існує безліч прикладів успішної політики в галузі транспорту, міського планування, виробництва електроенергії та промисловості, спрямованої на зниження рівня забруднення повітря:

- промисловість: впровадження екологічно чистих технологій, що дозволяють скоротити викиди у повітря на промислових підприємствах; вдосконалення методів утилізації побутових та сільськогосподарських відходів, включаючи уловлювання метану, що утворюється на об'єктах утилізації відходів, як альтернативу його спалюванню (для його подальшого використання як біогаз);

- енергетика: забезпечення доступу до недорогих джерел енергії у побуті для приготування їжі, опалення та освітлення;

- транспорт: перехід на екологічно чисті методи виробництва електроенергії; пріоритетний розвиток мереж швидкісного міського транспорту, пішохідного та велосипедного руху в містах, а також залізничних міжміських вантажних та пасажирських перевезень; перехід на чистіші дизельні двигуни для великовантажних автомобілів, автомобілі з низьким рівнем викидів, а також чистіші види палива, включаючи пальне зі зниженим вмістом сірки;

- міське планування: підвищення енергоефективності будівель, озеленення та скорочення площі міст, що підвищують їхню енергоефективність;

- виробництво електроенергії: підвищення обсягів використання видів палива з низьким рівнем викидів в атмосферу та методів виробництва електроенергії, не заснованих на спалюванні палива (наприклад, сонячної, вітряної або гідроенергетики); комбінована генерація тепла та електроенергії; розподілена енергетика (наприклад, маломасштабні мережі електропостачання та розміщення сонячних батарей на покрівлі будинків);

- утилізація побутових та сільськогосподарських відходів: впровадження заходів щодо скорочення обсягів, сепарації, вторинної переробки та вторинного використання відходів; вдосконалення методів біологічної утилізації відходів, таких як анаеробна ферментація з отриманням біогазу (низьковитратна та можлива

альтернатива відкритому спалюванню твердих відходів). Там, де інсинерація відходів є єдиним можливим методом їхньої утилізації, дуже важливо забезпечити застосування технологій спалювання зі строгим контролем викидів[2].

Залежно від масштабів поширення виділяють різні типи забруднення атмосфери: місцеве, регіональне і глобальне.

За агрегатним станом викиди шкідливих речовин в атмосферу класифікуються на: газоподібні (діоксид сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю, вуглеводні та ін); рідкі (кислоти, луки, розчини солей та ін); тверді.

Частка різних галузей промисловості у забрудненні атмосфери за всіма видами забруднень складає показано на рис. 1.2. (у % від загального забруднення).

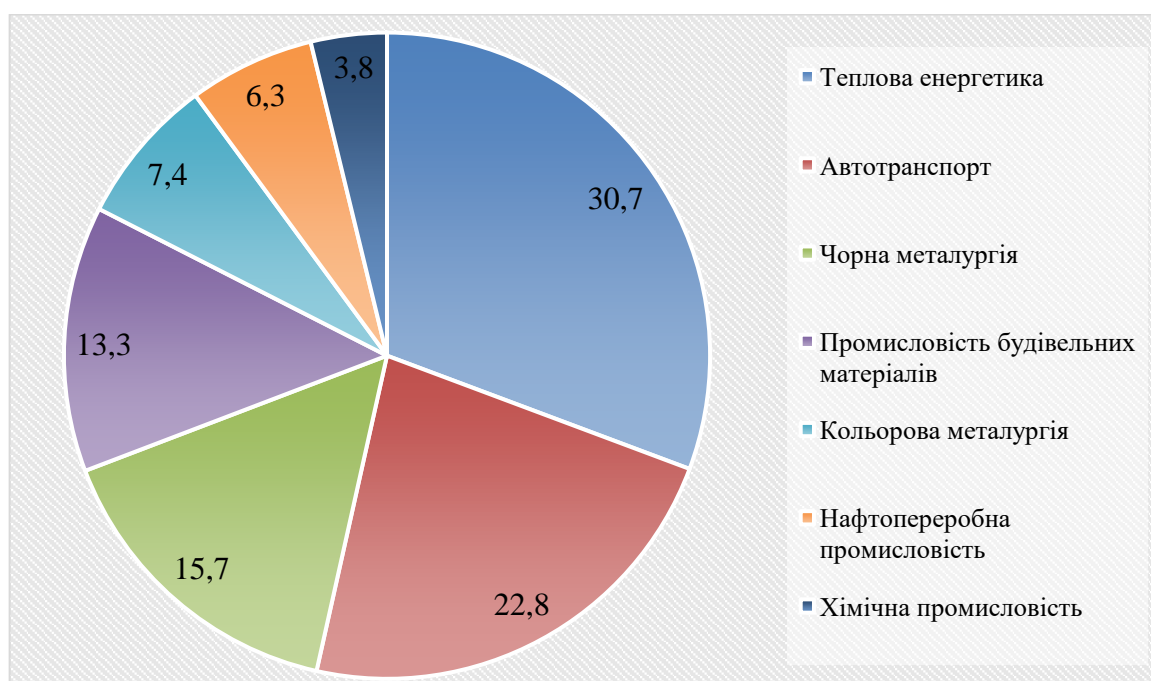


Рис. 1.2. Галузі промисловості що забруднюють повітряне середовище % [38]

Крім забруднення атмосферного повітря, серйозну загрозу для здоров'я близько 2,6 мільярда людей, які готують їжу та опалюють свої будинки за допомогою спалювання біомаси та вугілля, є забрудненням повітря в житлових приміщеннях.

У 2016 р. близько 3,8 мільйона випадків передчасної смерті були зумовлені забрудненням повітря у житлових приміщеннях. Майже всі вони були зареєстровані в країнах з низьким та середнім рівнем доходу. Як у міських, і у сільських районах

забруднення повітря всередині житлових приміщень також є значним джерелом забруднення атмосферного повітря, й у деяких регіонах світу цього джерела припадає до 50% всіх викидів в атмосферу[2].

У Глобальних рекомендаціях ВООЗ щодо якості повітря представлені глобальні рекомендовані граничні значення концентрації основних речовин, що забруднюють повітря, які становлять загрозу для здоров'я населення. Рекомендації застосовні в будь-якій країні світу, що стосуються як повітря всередині приміщень, так і атмосферного повітря та засновані на експертній оцінці актуальних наукових даних про вплив на здоров'я наступних забруднюючих речовин: зважені частки (PM); озон (O₃); двоокис азоту (NO₂); двоокис сірки (SO₂).

У документі також містяться засновані на передовій практиці рекомендації якісного характеру, що стосуються вмісту в повітрі сажі/атомарного вуглецю, надтонких зважених частинок (діаметром ≤ 1 мкм), а також частинок, що потрапляють у повітря в результаті пильних та піщаних бур[9].

Концентрація завислих частинок часто використовується непрямим показником рівня забруднення повітря. Серед інших забруднюючих речовин вони негативно впливають на здоров'я найбільшої кількості людей. Основними компонентами завислих частинок є сульфати, нітрати, аміак, хлорид натрію, сажа, мінеральний пил та вода. Вони є складною сумішшю твердих і рідких органічних і неорганічних речовин, присутніх у повітрі у зваженому стані. Частинки діаметром менше 10 мікрон ($\leq PM_{10}$) здатні проникати глибоко у легені та брати в облогу; ще більш згубний вплив на здоров'я чинять частинки діаметром менше 2,5 мікрона ($\leq PM_{2,5}$).

Частинки PM_{2,5} здатні долати аерогематичний бар'єр у легенях та потрапляти у кровоносну систему. Хронічне вплив зважених частинок посилює ризик розвитку серцево-судинних та респіраторних захворювань, а також раку легень. Зазвичай забруднення повітря завислими частинками PM₁₀ вимірюється у вигляді середньодобових або середньорічних значень концентрацій на кубічний метр об'єму повітря (м³). Як правило, одиницею вимірювання забруднення повітря завислими

частинками є мікрограми на кубічний метр (мкг/м³). За наявності досить чутливого вимірювального обладнання також вимірюється концентрація ще дрібніших зважених частинок (PM_{2,5} і менше)[15].

РОЗДІЛ 2

АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ ТА НАСЛІДКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

2.1. Парниковий ефект

Однією із найсерйозніших глобальних екологічних проблем сучасності є парниковий ефект. Земля піддається потоку електромагнітного випромінювання, що надходить з космосу і включає, зокрема, діапазон інфрачервоного випромінювання, який нагріває атмосферу планети. Водяні пари, вуглекислий газ, метан, озон, оксиди азоту і фреони мають парниковий ефект, пропускаючи до Землі більше сонячного тепла, ніж віддають тепла, що надходить з надр планети в космос. Це спричиняє підвищення середньої температури повітря[39].

За дотримання балансу перелічених газів, парниковий ефект грає позитивну роль, забезпечуючи комфортні умови для проживання живих організмів Землі. Але у зв'язку з різким зростанням техногенних викидів парникових газів порушився і тепловий баланс атмосфери. Так, при подвоєнні концентрації CO₂ в атмосфері відбувається зміна радіаційного балансу на 1,7%, але при цьому середня температура повітря на Землі зростає на 2,5°C. Для кожного газу можна розрахувати його внесок у загальний тепловий дисбаланс атмосфери, враховуючи його парниковий ефект у порівнянні з діоксидом вуглецю, середній час розпаду та обсяг емісії.

Сонце живить клімат Землі, випромінюючи енергію на дуже коротких хвилях, переважно у видимій або майже видимій (тобто ультрафіолетовій) області спектру. Приблизно третина сонячної енергії, що досягає верхніх шарів атмосфери Землі, безпосередньо відбивається у космос. Інші дві третини поглинає земна поверхня і, меншою мірою, атмосфера[40]. Щоб врівноважити енергію, що поглинається, Земля повинна в середньому випромінювати назад в космос ту ж кількість енергії.

Оскільки Земля набагато холодніша за Сонце, вона випромінює енергію на набагато довших хвилях, переважно в інфрачервоній області спектру (Рис. 2.1.)

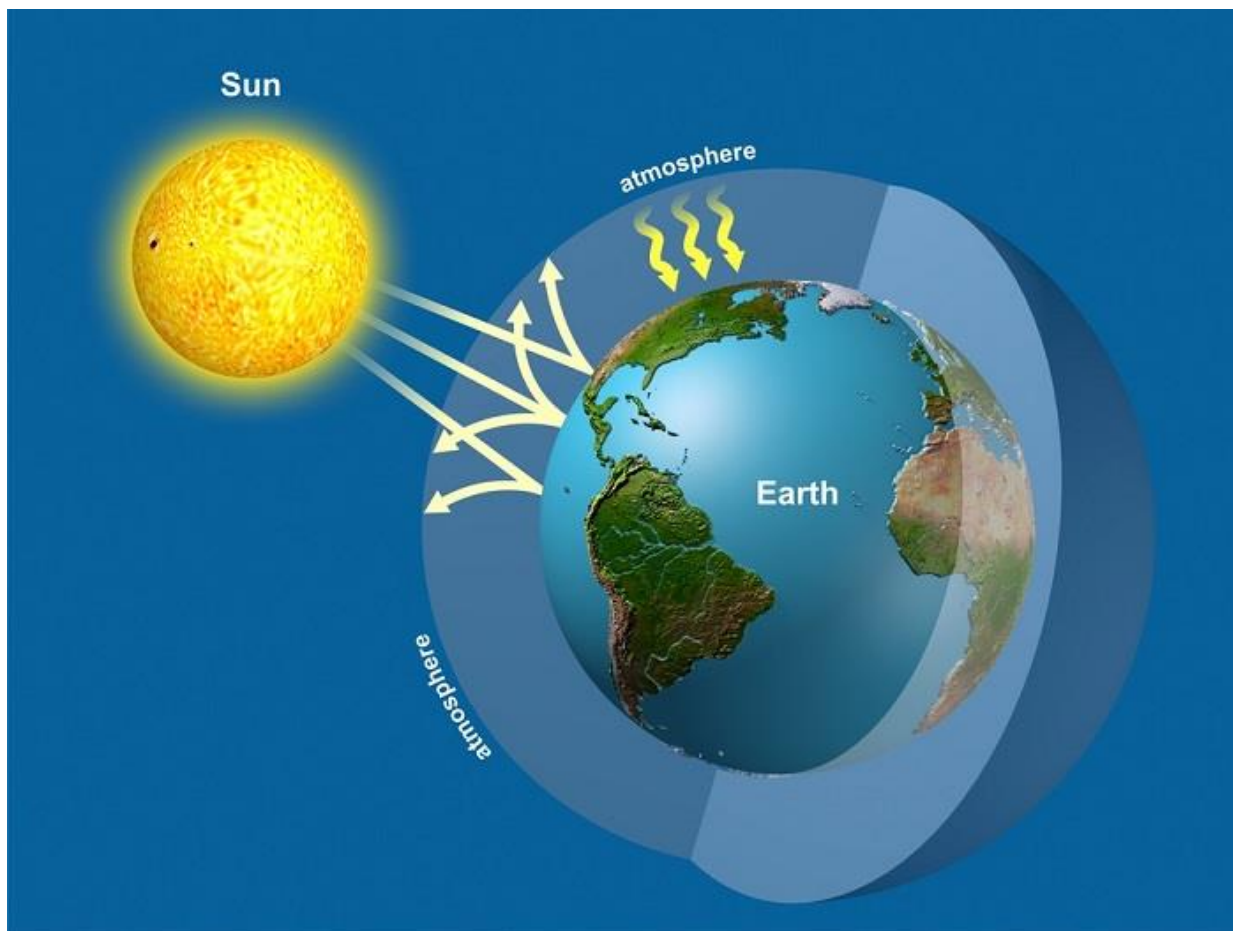


Рис. 2.1 Парниковий ефект [39]

Два найпоширеніші в атмосфері газу, азот (що становить 78% сухої атмосфери) та кисень (21%), майже не викликають парникового ефекту. Останній є результатом дії молекул, які складніші і набагато менш поширені. Найважливіший парниковий газ – водяна пара, а друга за значенням – вуглекислий газ (CO_2). Метан, закис азоту, деякі інші газу, присутні в атмосфері у невеликих кількостях, також сприяють парниковому ефекту. У вологих екваторіальних регіонах, де кількість водяної пари в повітрі настільки велика, що парниковий ефект дуже значний, невелике збільшення кількості CO_2 або водяної пари має лише незначний прямий вплив на інфрачервоне випромінювання. У холодних, сухих полярних регіонах, навпаки, наслідки невеликого збільшення кількості CO_2 або водяної пари більші[40]. Те саме стосується холодних, сухих верхніх шарів атмосфери, де невелике

збільшення вмісту водяної пари сильніше впливає на парниковий ефект, ніж поблизу Землі.

Однією з найважчих проблем, створюваних парниковим ефектом, є баланс пар води, оскільки з підвищенням температури зростає її випаровування в атмосферу, що, своєю чергою, посилює парниковий ефект і призводить до нового витку підвищення температури. Парниковий ефект вуглекислого газу щодо невисокий, але цей газ є малоактивним у хімічному сенсі, тому здатний тривалий час перебувати в атмосфері. Таким чином, вважається, що частка цього газу у парниковому ефекті є максимальною. Основним джерелом його надходження є енергетика, заснована на спалюванні викопного палива, що у 80-ті роки постачала в атмосферу близько 5-6 гігатонн вуглецю[39].

Внесок у емісію цього газу вносить також зведення лісів, особливо у тропічних та екваторіальних поясах. Близько п'ятої частини парникового ефекту посідає метан, що утворюється в анаеробних умовах, і навіть у результаті життєдіяльності термітів і жуйних тварин. Антропогенні викиди метану обумовлені використанням горючих копалин. Термін життя метану в атмосфері значно менше часу життя вуглекислого газу, за рахунок окислення першого гідроксилу-іонами в тропосфері.

Оксид азоту (I) надходить в атмосферу в основному в результаті сільськогосподарської діяльності та виробництва азотовмісних хімікатів. Фреони є виключно синтетичними парниковими газами, але їхнє застосування поступово скорочується в результаті реалізації міжнародних екологічних угод. Роль озону в парниковому ефекті нині остаточно не з'ясовано[40].

Як уже неодноразово говорилося раніше, парниковий ефект призводить до підвищення середньої температури повітря на Землі (приблизно 0,3 - 0,6 ° C за останні 100 років, а за наступні 100 років, згідно з прогнозами - до 2 ° C). Це призводить до танення льодовиків у полярних областях, збільшення кількості опадів, підвищення рівня Світового океану, зміни альbedo Землі. Це також стає причиною серйозних економічних та соціальних наслідків. Так, підйом рівня

Світового океану ставить під загрозу прибережні затоплення. населені пункти, а до них відноситься безліч міст, в яких проживає близько половини населення планети; а також зміни балансу водних ресурсів. Глобальне потепління призведе до усунення кліматичних поясів та значному перерозподілу флори та фауни, що, у свою чергу, позначиться на сільському господарстві та багатьох інших галузях. Оскільки швидкість поширення забруднюючих речовин у атмосфері максимальна проти швидкістю поширення забруднювачів за іншими геосферах, проблема парникового ефекту потребує міжнародного співробітництва. У наші дні намітилися дві основні стратегії: управління та пристосування.

Перша ставить за мету зниження емісії парникових газів, особливо діоксиду вуглецю. Друга націлена на необхідні перетворення у житті людства, наприклад, на зміцнення населених прибережних зон. Основний документ, що встановлює стратегію міжнародного співробітництва з питань парникового ефекту – Конвенція ООН зі зміни клімату (1992 р., Ріо-де-Жанейро). Основним завданням Конвенції є відновлення балансу парникових газів у строки, достатні для плавної адаптації довкілля до нових умов. Головний орган, який здійснює контроль за виконанням пунктів Конвенції та проводить консультації країн-учасниць – Міжурядовий комітет зі зміни клімату[39].

2.2. Порушення озонового шару

Двадцяте століття породило безліч проблем, у тому числі пов'язаних з охороною навколишнього середовища. Всі екологічні проблеми можна поділити на локальні, які актуальні тільки для будь-якої даної місцевості, і глобальні, що становлять небезпеку в масштабі Землі. В атмосферу, воду та ґрунт щороку викидається 980 мільйонів тонн відходів, серед яких є токсичні речовини, що викликають онкологічні та інші тяжкі захворювання людей та тварин. Через надмірне забруднення повітря міст щорічно передчасно помирають мільйони людей, а половина дітей мають хронічні недуги[26]. Концентрація озону в атмосфері за

останні 25 років знизилася більш ніж на 25%, а над північною Америкою, Європою та Сибіром – на 5%.

Це прямий результат забруднення верхніх шарів атмосфери вихлопними та промисловими газами. Виснаження захисного озонового шару є причиною приблизно 2 мільйонів випадків захворювання на рак на рік. У найбільш несприятливих з екологічної точки зору зонах сьогодні проживає половина населення Африки, дві третини – Азії та майже 4/5 – Латинської Америки[26].

Однак, близько 73% населення країни (а це понад 110 мільйонів осіб) опиняються в ситуації, коли доводиться дихати повітрям, що містить шкідливі речовини в концентраціях у 5 і більше разів, що перевищують гранично допустимі норми. Майже половина (якщо так, помилкою нічого очікувати) населення Європи відчуває серйозність екологічних проблем. Це проявляється у підвищеному забрудненні атмосферного повітря, низькій якості питної води, забрудненні водойм, земель тощо. Від забруднення повітря страждає не тільки людина, але також тварини та рослини. Забруднення атмосфери таїть у собі загрозу здоров'ю людей, завдає великої економічної шкоди.

Шкідливі людини і природи викиди можуть переміщатися у повітряних потоках на величезні відстані. Наприклад, встановлено, що викиди промислових підприємств ФРН та Великобританії переносяться на відстані понад 1000 км та випадають на території скандинавських країн, а з північно-східних штатів США – на території Канади[27]. Шкідливі наслідки забруднення середовища позначаються у нашій країні. Так, за даними Європейської економічної комісії ООН, через російський кордон у повітряних потоках із заходу на схід йде вчетверо більше сірки, ніж у зворотному напрямку.

У країнах Європи та Азії найбільш неблагополучними з погляду здоров'я населення, як і раніше, залишаються міста з високою концентрацією промисловості. Забруднена атмосфера спричиняє збільшення кількості захворювань дихальних шляхів. Стан атмосфери позначається показниках захворюваності навіть у різних районах індустріальних міст. Наприклад, у Рурському регіоні що в Німеччині

схильність до бронхіальної астми, бронхіту, кон'юнктивіту, фарингіту, тонзиліту, хронічним отитам на 40-60% вище в районах із підвищеним рівнем забруднення атмосферного повітря.

Найбільш високі показники захворюваності на бронхіальну астму спостерігаються у жителів, що живуть у районі Садового кільця, а також у північно-західному та північно-східному районах столиці. Такі матеріали про стан здоров'я населення, що змінюється у зв'язку із забрудненням навколишнього середовища, і характер цього забруднення дозволять більш обґрунтовано керувати якістю навколишнього середовища з метою охорони здоров'я населення[30].

Все необхідне прискорення науково-технічного прогресу людство черпає безпосередньо з біосфери. Тому і сформувалося принизливе ставлення до природи як до раба, якого можна експлуатувати нескінченно. Чоловік відчув себе «господарем» на Землі. Виросло кілька поколінь людей-«технократів». Але природа не залишилася без відповіді.

Людині стало важко дихати, важко знайти чисту воду, і нові покоління людей не схожі на попередні. Людство почало звертати увагу на те, що його оточує. Саме у ХХ столітті розвинулася така наука як екологія та сформувалися основні її закони: принцип Ле Шательє-Брауна та закон Вернадського. Принцип Ле Шательє-Брауна полягає в тому, що при зовнішньому впливі, що виводить систему із стану стійкої рівноваги, рівновага зміщується в тому напрямку, в якому ефект зовнішнього впливу послаблюється. Закон Вернадського (закон біогенної міграції атомів) говорить про те, що в біосфері міграція хімічних елементів відбувається за обов'язкової безпосередньої або опосередкованої участі живих організмів. В даний час під впливом господарської діяльності людини відбувається швидке зникнення багатьох видів живої на планеті.

Причому цей процес триває в десять, а в деяких випадках і в 100 тисяч разів інтенсивніше, ніж 65 мільйонів років тому, йшло вимирання динозаврів. Нині види, що йдуть зі сцени біосфери приблизно в тисячу разів частіше, ніж 5-7 тисяч років тому, в епоху палеолітичної революції, що призвела до величезних перебудов світу

природи та світу людей. Тоді привласнювальне господарство змінилося виробляючим, розвинулися землеробство і скотарство. А якими є нинішні прогнози? Види не просто змінюються, змінюється вся структура живої речовини[26].

Великих тварин і рослин змінюють дрібніші: копитних - гризуни, гризунів - рослиноїдні комахи і т.п. Еволюційно мінливі організми витісняють менш функціонально рухливих організмів. Таким чином, одні види дублюють інші. Але при цьому змінюються енергетичні властивості системи. Дрібні особини вимагають життя щодо більше енергії, ніж великі. Разом з тим, зрілі екосистеми для своєї підтримки споживають більше енергії, ніж ті, що розвиваються, що знаходяться в перехідних фазах.

Ці зміни енергоспоживання разом із зміною концентрації вуглекислого газу або густини озонового шару, безсумнівно, впливають на зміни клімату Землі. Їх результат (у сукупності з прямим антропогенним впливом) - наростаюче глобальне спустелювання. Під загрозою опустелювання знаходиться приблизно 19% поверхні суші. Близько 7% площі континентів вже перетворилося на пустелю. Думка «чим більше пустель ми перетворимо на квітучі сади, тим більше квітучих садів ми перетворимо на пустелі, на жаль, підтверджується[26]. Жива природа не слідує принципу Ле Шательє-Брауна: замість того, щоб всіляко чинити опір впливу людини, вона йде шляхом саморуйнування.

До найважливіших екологічних наслідків глобального забруднення атмосфери відносяться:

- 1) можливе потепління клімату (парниковий ефект);
- 2) порушення озонового шару;
- 3) випадання кислотних дощів.

Більшість вчених у світі розглядають їх як найбільші екологічні проблеми сучасності.

2.3. Кислотні дощі

Кислотний дощ – вид метеорологічних опадів, який є сумішшю вологи і дрібних частинок оксиду азоту і діоксиду сірки в концентраціях, що перевищують нормальний природний фон. Джерелами кислотних дощів є природні процеси, наприклад, вулканічна діяльність або гниття рослинних залишків, а також діяльність людини, що виражається у викидах в атмосферу діоксиду сірки та оксидів азоту при спалюванні викопного та моторного палива. Кислотні дощі утворюються тоді, коли викиди газів вступають у реакцію з водою, киснем та іншими хімічними елементами в атмосфері та формують різні кислотні сполуки[28].

У сучасному промисловому світі надлишкова кислотність дощу обумовлена присутністю в основному двох речовин: оксиду сірки та оксиду азоту. На рис. 2.2. представлено основні техногенні джерела оксидів сірки та оксидів азоту.

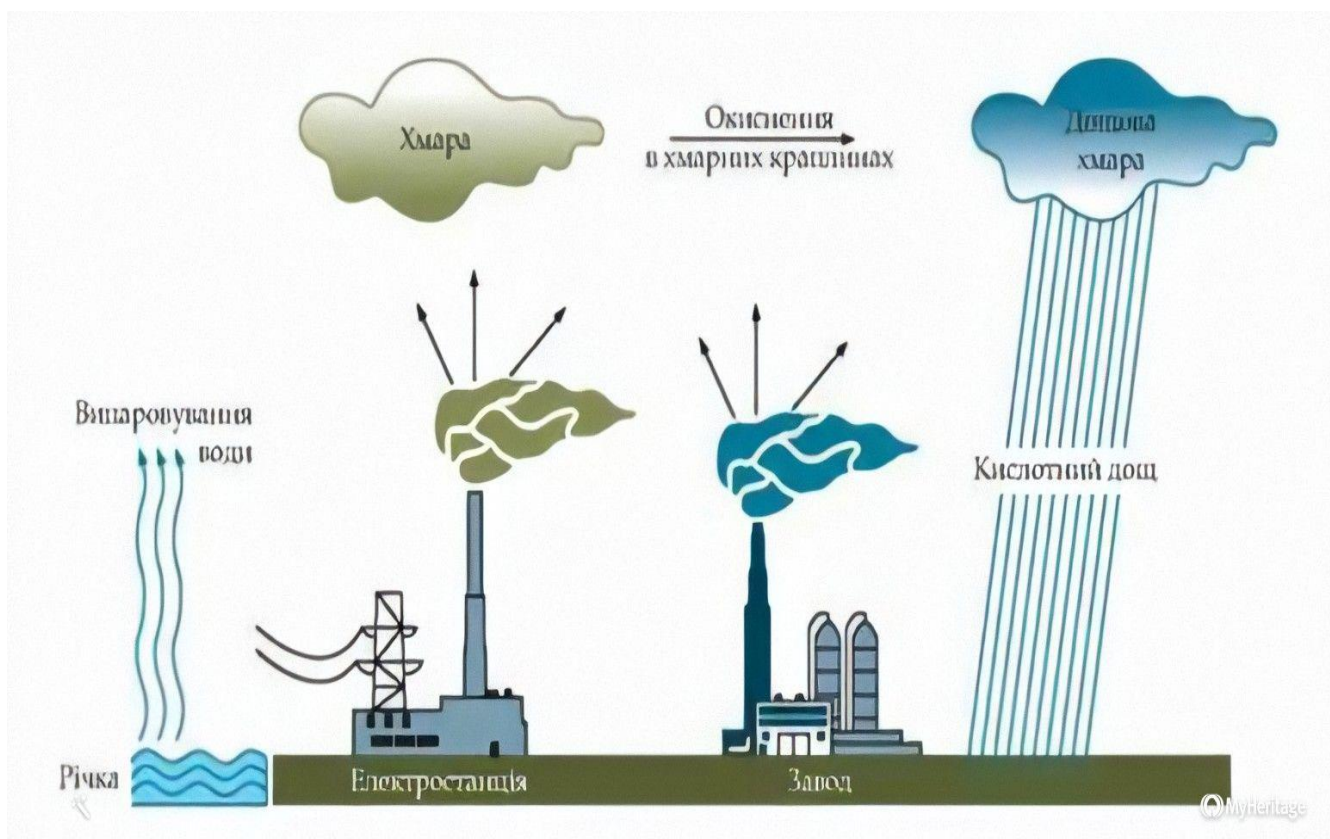


Рис. 2.2. Основні техногенні джерела оксидів сірки та оксидів азоту [28]

З рис. 2.2. видно, що оксиди сірки забруднюють атмосферу, відбувається це при спалюванні різного палива, також необхідно відзначити металургійну промисловість, її частку припадає чверть всіх викидів оксидів сірки. Найбільшу частину викидів в атмосферу оксидів азоту становить автотранспорт, крім цього джерела значну частину викидів в атмосферу оксиду азоту надає промисловість (кольорова металургія, коксохімічна та нафтохімічні галузі). Опади, забруднені кислотними речовинами, завдають шкоди для всієї екосистеми. Аналіз літературних дозволів надати дані про наслідки впливу кислотних дощів на людину та навколишнє середовище на рис. 2.3.

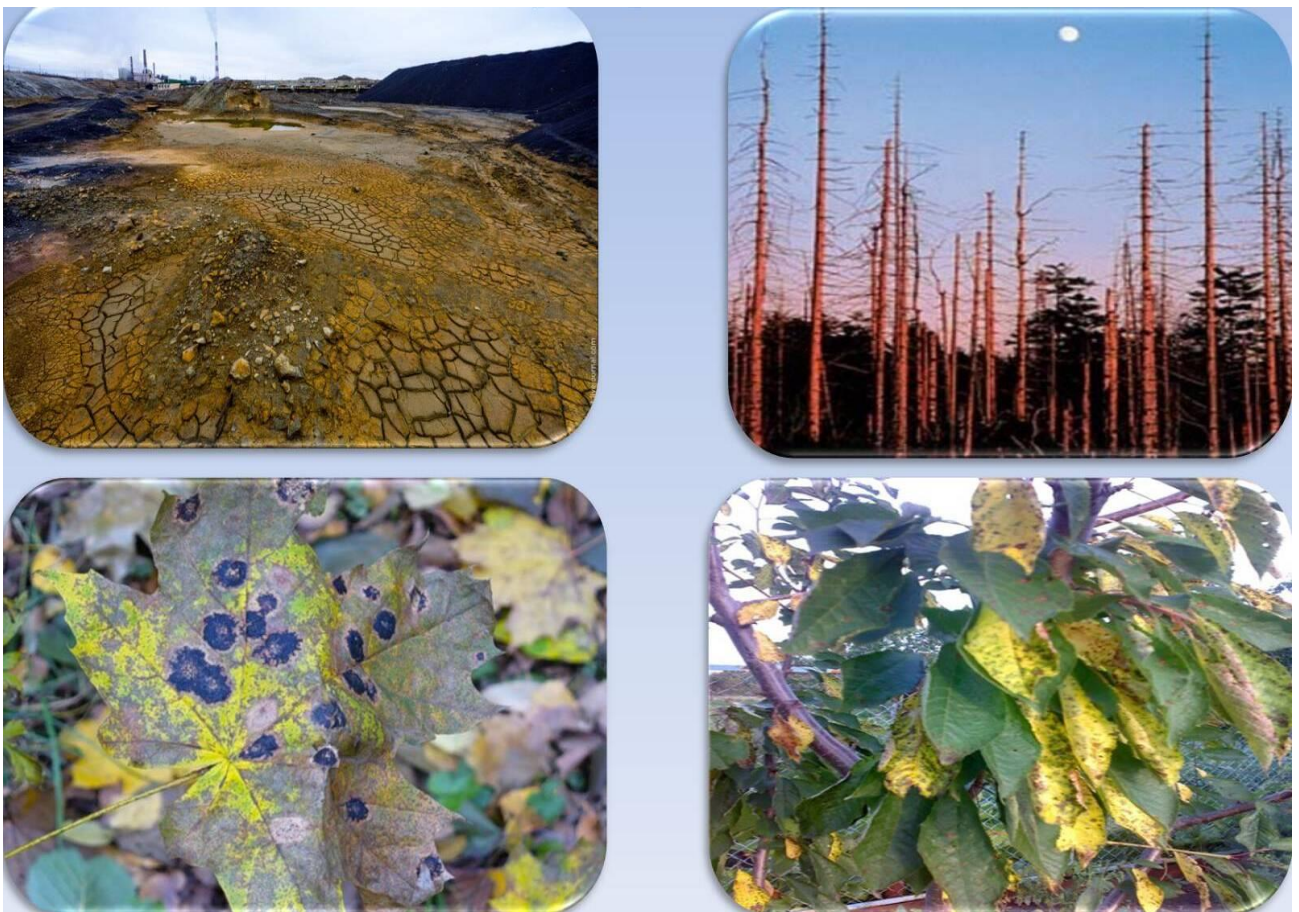


Рис. 2.3. Наслідки впливу кислотних дощів на навколишнє середовище [28]

Як видно з рисунка 2.3. кислотні дощі негативно впливають на всю екосистему. Впливаючи на людину, опади кислотних дощів викликають безліч хвороб дихальної системи, призводять до важких інтоксикацій організму, отруюють його, а особливо важких випадках здатні викликати онкологічні захворювання. Для

грунту вплив кислотних дощів проявляється у погіршенні його якості, скороченні рівня поживних речовин, підвищенні токсичних сполук у ґрунті, що призводить до пошкодження коренів рослин. Рослини, схильні до впливу кислотних дощів, стають більш уразливими для шкідливих комах, грибів та інших патогенних організмів, кислотні дощі здатні викликати масові захворювання лісів, а дія, що надається ними наводні екосистеми, є причиною скорочення і повного зникнення популяцій риб[28].

Для вирішення проблеми кислотних дощів необхідно зменшити викиди оксидів сірки та оксидів азоту. Досягти цього можна шляхом застосування безлічі різних методів, наприклад, скороченням енергії, що отримується людиною при спалюванні викопного палива, збільшенням числа електростанцій, що використовують альтернативні джерела енергії (енергію сонячного світла, вітру, енергію припливів і відливів), зниженням вмісту сірки в різних видах палива. Таким чином, на сьогоднішній день проблема кислотних дощів набула особливої актуальності. Необхідно задуматися про рішення даної проблеми, оскільки її ігнорування в майбутньому може призвести до екологічної катастрофи[28].

2.4. Моніторинг забруднення атмосфери

Сучасний розвиток суспільства характеризується великою чисельністю населення, а отже, і зростанням економічних та енергетичних потреб. Потужні викиди промислових шкідливих речовин в атмосферу, вихлопних газів автомобілів, застосування фреонів у побуті спричиняють виникнення парникового ефекту на планеті, та зміну клімату в цілому.

Сталий розвиток країни передбачає регулювання усіх сфер діяльності таким чином, аби економічний розвиток сприяв соціальному благополуччю населення, але при цьому не завдавалася шкода довкіллю, у таких масштабах, які б створювали загрозу існуванню майбутніх поколінь та обмежували їх доступ до природних ресурсів[41].

Моніторинг атмосферного повітря – це система спостережень за станом атмосферного повітря, а також оцінка та прогноз основних тенденцій зміни якості атмосферного повітря з метою своєчасного виявлення негативних впливів природних та антропогенних факторів. Об'єктами спостережень під час проведення моніторингу атмосферного повітря є атмосферне повітря, атмосферні опади та сніговий покрив[41].

Спостереження за станом атмосферного повітря виробляються у безперервному та дискретному режимах. Спостереження станом атмосферних опадів проводяться на гідрометеорологічних об'єктах, у яких виробляються приземні метеорологічні спостереження. Спостереження за станом снігового покриву проводяться на снігомірних маршрутах, розташованих у районах гідрометеорологічних об'єктів, у яких виробляються приземні метеорологічні спостереження.

Для того щоб провести моніторинг забруднення повітря спочатку визначимо AQI – air quality index – індекс якості повітря. При перевищенні індексу якості повітря величини 100, населення отримує попередження про можливий вплив на здоров'я. Обчислення індексу якості повітря вимагає отримання інформації про рівень забруднення за певний середній період (як правило, це за 8, 24 і 48 годин) отриманий з газоаналізаторів системи моніторингу якості повітря. При цьому враховуються концентрація і час поширення забруднюючих речовин в атмосфері. Індекс якості повітря AQI зазвичай формується за рівнями, кожен рівень має свій опис і характеристику, колірний код і стандартизоване інформаційне повідомлення про вплив на здоров'я населення (табл. 2.1.)

Індекс якості повітря

Індекс якості повітря (ІЯП = AQI)		Рівні концерну охорони здоров'я
0 - 50	добре	Якість повітря вважається задовільним, і забруднення повітря є незначним у межах норми.
51 - 100	задовільний	Якість повітря є прийнятною; однак деякі забруднювачі можуть становити небезпеку для людей, які є особливо чутливими до забруднення повітря.
101 - 150	нездоровий для чутливих груп	Може впливати на особливо чутливу групу осіб. На середнього представника не має видимого впливу.
151 - 200	нездоровий	Кожен може почати зазнавати наслідків для свого здоров'я; особливо чутливі люди можуть відчувати серйозніші наслідки.
201 - 300	дуже нездоровий	Небезпека здоров'я від надзвичайних умов. Це позначиться, мабуть, по всьому населенню.
300 +	небезпечний	Небезпека для здоров'я: кожна людина може мати більш серйозні наслідки для здоров'я

Збирання, зберігання, узагальнення, аналіз та надання інформації, отриманої в результаті моніторингу атмосферного повітря, здійснює інформаційно-аналітичний центр моніторингу атмосферного повітря[22].

Незважаючи на те, що всі заходи з охорони навколишнього середовища стають все більш широкими та суворими, неминуче, щоб країни, що розвиваються, не мали однакової обізнаності. Вони є країнами, які все ще економічно розвиваються і відтоді не можуть забезпечити турботу про навколишнє середовище вони не мають такої економічної стабільності, як решта більш розвинених країн. Індекс найбільш забрудненого повітря в країнах показано на рис. 2.4.

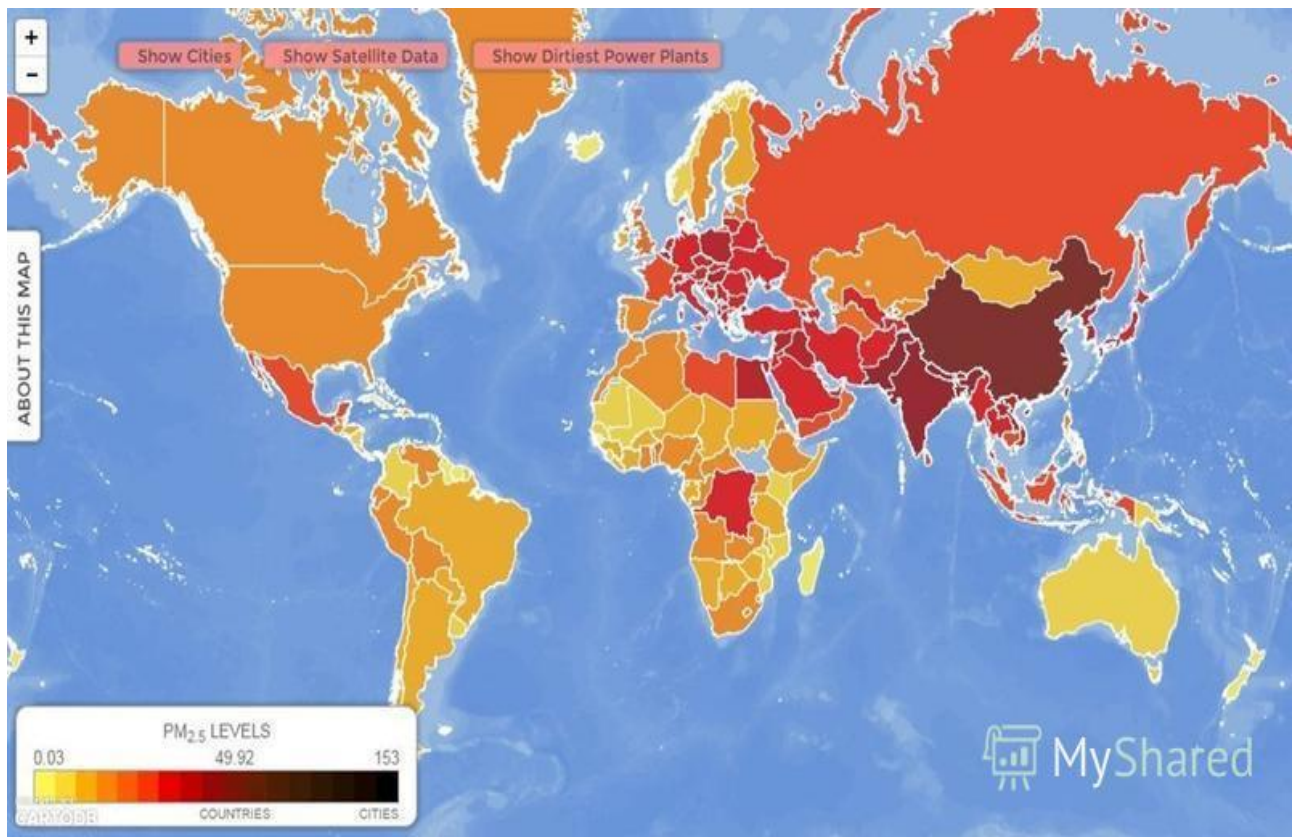


Рис. 2.4. Індекс найбільш забрудненого повітря по країнах [2]

Інститут впливів на здоров'я (Health Effects Institute) оприлюднив щорічний звіт «Стан повітря у світі 2018».

У ньому вимірюється кількість твердих частинок у різних містах світу - майже скрізь вона перевищує норми ВООЗ, встановлені надворі на рівні $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Вимірюється також і кількість газів, які не є природною частиною атмосфери[22].

Також за спеціальною методологією, описаною у звіті, пораховано, де найбільше людей помирає від хвороб, пов'язаних саме з забрудненням повітря.

Раніше на першому місці був Китай – зараз це Афганістан. Звісно, Китай та Індія залишаються на першому місці в абсолютних цифрах з огляду на кількість населення – але при переведенні на сотню тисяч населення ситуація інша: (Рис. 2.4.)

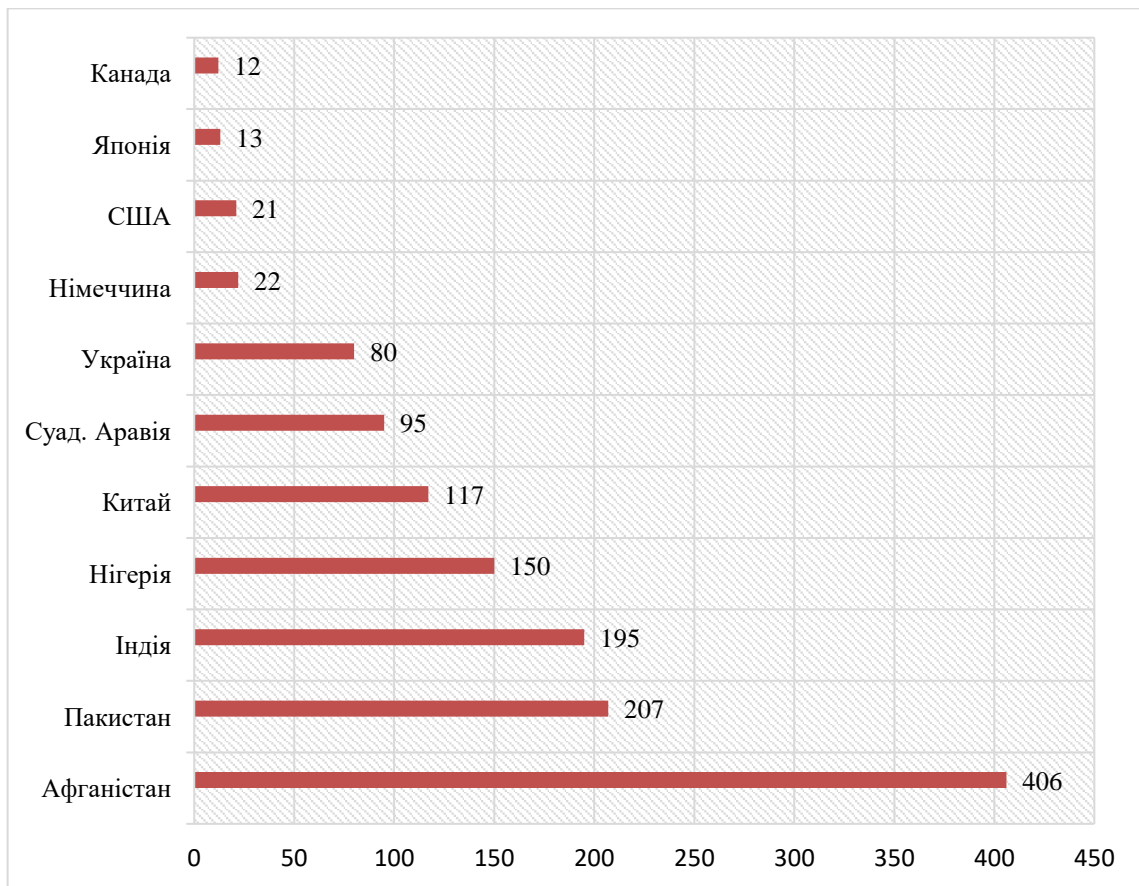


Рис. 2.4. Кількість смертей від забрудненого повітря на сто тисяч населення [38]

В Україні більшість смертей – від забруднення твердими частками в повітрі (вихлопи, промислові) та твердим паливом (вугілля, в першу чергу).

Можна перемкнутися також зі смертей на забруднювачі. Тут також видно чіткий регіональний розподіл – але інакший.

В Африці, наприклад, небагато промисловості – але значна частка населення користуються твердим паливом у побуті (дрова, фекалії тварин) – а це також призводить до значної смертності у тривалій перспективі).

РОЗДІЛ 3

ВІТЧИЗНЯНІ ПРОМИСЛОВІ ПРОЦЕСИ, ЩО ЗАБРУДНЮЮТЬ АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ БІОСФЕРИ ПАРНИКОВИМИ ГАЗАМИ

3.1. Виробництво цементу та вапна

Атмосфера – важливий елемент довкілля всім біологічних форм життя Землі. Повітря – це те середовище, з яким людина стикається з перших хвилин життя. Стосовно людини повітря виконує безліч різноманітних функцій: містить необхідний його життя кисень; розчиняє в собі всі газоподібні продукти обміну та життєдіяльності людини, у тому числі у сфері виробництва; впливає на процеси терморегуляції організму із зовнішнім середовищем. Виробництво цементу безпосередньо впливає на навколишнє середовище. Виробництво цементу є джерелом 5% викидів вуглекислого газу у світі[29].

Цементна та вапняна промисловість неминуче призводить до викидів CO₂, 60% викидів відбувається внаслідок перетворення сировини за високих температур, 40% викидів є результатом спалювання палива при нагріванні матеріалу до потрібної температури. Промисловість будівельних матеріалів включає в себе асфальтобетонні заводи, заводи залізобетонних виробів, цегляні та цементні заводи та ін. Сировиною для цих заводів служить пісок, щебінь, вапняний порошок та ін..

Цей підготовчий процес супроводжується великим пиловиділенням. Цегляні заводи і заводи залізобетонних виробів також переважно забруднюють атмосферне повітря цементним і кварцовим пилом. Основними є: викиди з труб – пил, шкідливі гази, шум, запах, відходи та інших. Не менш важливим чинником є споживання ресурсів, як енергетичних, і сировинних. Найбільш небезпечним у цьому плані є викиди пилу в атмосферу. Джерелом забруднень в основному вважаються заводи сировини, печі в яких відбувається випалення, клінкерні холодильники, млини в яких відбувається помел цементу.

До утворення пилу або суміші газу з пилом призводить те, що в процесі виробництва через матеріал, який подрібнений до пилоподібного стану проходить відпрацьований гарячий газ, або повітря при цьому утворюється дисперсний газ і пил[32].

Дуже велике забруднення атмосфери виробляють цементні заводи. Основні технологічні процеси цього виробництва – подрібнення та термічна обробка шихт, напівфабрикатів та продуктів у потоках гарячих газів, що супроводжуються викидом пилу в атмосферу.

При роботі печей, що обертаються, пил досягає 825% до ваги сухої сировини, запиленість газу – 10-60 г/м³. Таким чином, чверть сировинної маси, частково вже обпаленої, викидається у повітря. Цього не можна допускати не лише за санітарними нормами, а й з економічних міркувань. Виробництва будівельних матеріалів є складними технологічними процесами, пов'язаними з перетворенням сировини в різні стани і з різними фізико-механічними властивостями, а також з використанням різноманітного ступеня складності технологічного обладнання та допоміжних механізмів.

У багатьох випадках ці процеси супроводжуються виділенням великих кількостей полідисперсного пилу, шкідливих газів та інших забруднень.

Головні на навколишнє середовище під час виробництва цементу пов'язані з такими факторами:

- пил (викиди з димових труб і компоненти, що швидко випаровуються); – газоподібні викиди у повітря (NO₂, SO₂, CO₂, ін.);
- пил, викиди пилу (особливо від печей) як фактор цементного виробництва, що забруднює навколишнє середовище.

За допомогою таблиці 3.1. зведемо усі негативні впливи забруднюючої речовини з основних ділянок виробництва та присвоїмо кожній з них так зване «значення впливу».

Оцінка «значення впливу» на середовище виробництва цементу та вапна [40]

Значення	Вид зміни елементу середовища	Характер зміни середовища	Приклад
1	регульована зміна елементів середовища	ймовірність регенерації стану середовища до первинного (до впливу шкідливих факторів) при подальшому вилучення небезпечних компонентів	зміна врожайності при забрудненні атмосфери оксидами сірки
2	критична зміна елементів середовища	подальша генерацією в нові види або елементи не характерні для даної екосистеми (при вилученні шкідливих забрудників компоненти не регенерують)	поява нових видів організмів, пристосування існуючих організмів до змін в навколишньому середовищі
3	руйнування	часткова летальність компонентів середовища, що призводить до безперервної зміни середовища в негативному напрямку	виникнення або активація деяких хвороб
4	знищення	зникнення основних компонентів середовища	зникнення деяких видів організмів, підвищення рівня смертності людей

Газоподібні виділення від системи печей, що викидаються в атмосферу, є проблемою номер один у боротьбі із забрудненням навколишнього середовища під час виробництва цементу сьогодні. Основні гази, які викидаються в атмосферу, це NO_2 і SO_2 . Інші менш шкідливі сполуки – CO , аміак, HCl та важкі метали. Формування NO_2 є неминучим наслідок високотемпературних процесів горіння[32].

Сірка, що надходить у печі разом із сировиною та паливом, значною мірою поглинається продуктами печі. Однак, сірка, що містилася в сировині як сульфідів (або органічні сірчисті речовини), легко випаровується при низьких температурах (тобто $400-600^\circ\text{C}$), що може призвести до значних випарів SO_2 через димові труби. Інші легко випаровуються небажані речовини, що надходять в систему печей або ефективно руйнуються при високотемпературному горінні, або майже повністю поглинаються продуктом. Невід'ємною частиною процесу печей для випалу цементу є незначні виділення газів, таких як HCl , HF , NH_3 або важкі метали. Наявність

органічних компонентів у природній сировині може суттєво підвищити рівень вуглеводню та викиди CO[34].

Виділення хлорвмісних вуглеводнів типу діоксидів і фуранів зазвичай значно нижче за існуючі граничних норм. Звичайно, вплив промисловості на довкілля залежить від характеру її територіальної локалізації, обсягів споживання сировини, матеріалів та енергії, від можливості утилізації відходів та ступеня завершеності енерговиробничих циклів.

Всі промислові вузли, центри та складні виробництва відрізняються за «букетом» забруднюючих речовин. Кожна галузь і під галузь по-своєму «вламується» у навколишнє середовище, має свої рівні токсичності та характер впливу, включаючи здоров'я людини.

Залежно від технології виробництва, всі промислові підприємства викидають у повітря та скидають у вигляді стічних вод та твердих відходів різні хімічні речовини, які присутні у повітрі в аерозольній формі, осідають на поверхні ґрунту та рослинах. Роль промислового виробництва, у забрудненні довкілля велика. При цьому величезними викидами як твердих, і газоподібних забруднюючих речовин відрізняються підприємства з виробництва цементу.

3.2. Виробництво скла та процеси, що використовують карбонати

Виробництво скла – енергоємний процес, пов'язаний з великим споживанням матеріалів і як наслідок появи викидів під час підготовки, обробки та використання сировини. Переважно хімічними забруднюючими речовинами у виробництві скла є: оксиди сірки (SO_x), оксид азоту (NO_x), у дуже рідкісних випадках монооксид вуглецю (CO), що вказує на порушення технології спалювання палива, діоксид вуглецю (CO₂) або оксид азоту (N₂O) а також викиди важких металів.

Не варто забувати про викиди жорстких частинок. Ще на етапі підготовки шихти суха сировина виділяє значну кількість пилу і необхідно вживати заходів щодо зниження забруднення повітря. Найбільш ефективний та економічно доцільний спосіб усунення пилення це зволоження та підвищення ефективності

аерації виробничих приміщень. Основним етапом у виробництві скла є - варіння сировини в склоплавильній печі при високих температурах (1150-1350 ° C)[36].

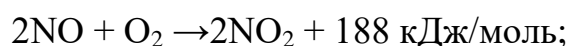
Відпрацьовані гази на виході складаються здебільшого з хімічними реакціями, що протікають у склоплавильній печі. На даному етапі відбувається значна кількість викидів оксидів азоту через високі температури, процес окислення азоту і розпад його сполук, що містяться в скляній шихті (приблизно 90%, через майже стехіометричні дії печей). Зниження появи сполук азоту ґрунтується на підборі видів палива та зміні повітряно-паливного співвідношення, герметизація печей та експлуатація їх у відновлювальних умовах, а ступінчасте спалювання. Зміна технологічного процесу дозволяє на виході отримувати концентрації оксиду азоту в газах в межах допустимих норм. Одним з компонентів газів є – оксиди сірки (SOX), які містяться в паливі, а також у сировинних матеріалах, зокрема, додаванням сульфату натрію або сульфату кальцію для окислення скла. Використання природного газу, як правило, скорочує вміст оксидів у відпрацьованих газах, а також скорочення кількості сульфату натрію та сульфату кальцію у шихті.

Після очищення концентрація пилу в димових газах скловарених печей не перевищує нормованих показників. Найбільше забруднення атмосфери від скловарених печей (до 80% і від) дають оксиди азоту (NOx) (Табл. 3.2).

Викиди в атмосферу скляної промисловості

Виділення забруднювачів на одиницю продукції	Одиниці вимірювання	Галузевий контрольний показник	
		Печі для варіння листового скла	Печі для варіння тарного скла
Тверді частки	кг/тонна звареного скла	0,02–0,1	0,002–0,22
	мг/Нм ³	5,0–40,0	1,0–35,0
NO _x	кг/тонна звареного скла	1,1–2,9	< 0,75
	мг/Нм ³	495,0–1 250,0	< 400,0
SO _x	кг/тонна звареного скла	0,54–4,0	0,2–3,5
	мг/Нм ³	200,0–1 700,0	100–1 650
HCl	кг/тонна звареного скла	< 0,01–0,08	0,01–0,07
	мг/Нм ³	4,0–30,0	7,0–30,0
HF	кг/тонна звареного скла	< 0,002–0,01	<0,02
	мг/Нм ³	< 1,0–4,0	<1,0–6,0
Метали	кг/тонна звареного скла	<0,001	<0,001
	мг/Нм ³	<1,0	<1,0

За даними довідника ВАТ (найкращих доступних технологій), у виробництві склотари викиди NO_x становлять 1,2-3,9 кг на тонну скломаси. Отримані дані узгоджуються з результатами лабораторії НДІ Скло. У літературних джерелах дані про питомі викиди NO_x варіювалися 4-5 кг/т скла, тоді у газах концентрація NO_x становила 2000-3000 мг/м³[36].



$\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$ Поліпшення процесу скловаріння, за рахунок удосконалення скловарених печей, шляхом впровадження покращених пальників, оптимізації подачі та спалювання газу, герметизації корпусу – відзначається певне зниження викидів NO_x. Використання сучасних технологій утилізації тепла дозволяє скоротити викиди пилу приблизно на 18-20% і дещо зменшити викиди NO_x.

При розрахунку викидів від скловарних печей необхідно користуватися достовірними результатами вимірювань, результатами розрахунку балансовими методами з урахуванням точних обсягів газів, що відходять. Можна також використовувати питомі показники[40]. Для розрахунку викидів від скловарних печей методики розрахунку викидів від котелень та інших пристроїв спалювання газу не повинні використовуватися, тому що результати занижені і не підтверджуються на практиці. У мегаполісах аналіз та контроль викидів NOx узгоджується з екологічною службою регіону та санепіднаглядом.

3.3. Виробництво аміаку та азотної кислоти

Азотна кислота – продукт, що є одним із вихідних продуктів для отримання більшості азотовмісних речовин. Мета роботи полягає у вивченні технологічного процесу виробництва азотної кислоти за допомогою контактного окиснення аміаку. При дослідженні процесу виробництва необхідно охарактеризувати цільовий продукт, вихідну сировину, розглянути та описати технологічний процес отримання кислоти, описати основне технологічне обладнання, розрахувати тепловий та матеріальний баланс, розглянути контроль виробництва, вивчити питання охорони праці та навколишнього середовища, проблеми утилізації та знешкодження відходів[21].

У результаті нейтралізації азотної кислоти аміаком утворюється нітрат амонію – найважливіший компонент мінеральних добрив, які у всьому світі. Він забезпечує культурні та декоративні рослини азотом, необхідним для зростання, у високих легкозасвоєваних дозах. Крім того, кислоту HNO_3 можна використовувати в садівництві для підкислення ґрунту. У хімічній промисловості азотна кислота (V) це насамперед прекурсор органічних азотних сполук, таких як нітробензол. У поєднанні з ароматичними сполуками він дає речовини, що використовуються у виробництві вибухових речовин, такі як тротил (TNT) або нітрогліцерин.

Ще одне важливе застосування – ракетне паливо. Для цього готують суміш HNO_3 , тетроксиду діазоту і перекису водню, також відому як червона азотна

кислота, що димиться. Його використання у космічній промисловості залежить від можливості ефективного зберігання сировини. Також варто відзначити потенціал азотної кислоти у виробництві пластмас. В результаті її окиснення утворюється адипінова кислота, яка використовується у виробництві синтетичних волокон, таких як нейлон[21].

Через вибухонебезпечний характер реакцій і сумішей, що утворюються, а також виняткову небезпеку для здоров'я, азотна кислота (V) вимагає особливої обережності при зберіганні та використанні. На рис. 3.1. показано буру хмару спричинено викидом азотної кислоти.



Рис. 3.1. Викид азотної кислоти на хімзаводі «Рівнеазот»

Відповідно до правил ДОПГ з перевезення небезпечних вантажів, її слід перевозити в алюмінієвих цистернах або автоцистернах з відповідним маркуванням.

Для зберігання азотної кислоти використовують спеціальні резервуари, стійкі до її впливу. Вони повинні бути належним чином закриті і зберігатися далеко від

прямих сонячних променів при температурі нижче 20°C. Поряд не повинно бути металів або легкозаймистих речовин. Саме приміщення має добре провітрюватись.

Концентрована азотна кислота також потребує використання засобів індивідуального захисту під час роботи з сировиною. Кожна людина, що контактує з кислотою, має носити респіратор, захисні окуляри, кислотостійкий одяг і рукавички. Після роботи рекомендується ретельно вимити руки та обличчя та покрити шкіру бар'єрним кремом.

Випадковий викид кислоти HNO_3 у навколишнє середовище становить загрозу для людей, тварин та рослин. Тому витік кислоти в поверхневі та ґрунтові води необхідно запобігати за будь-яку ціну. Можливі розливи повинні бути негайно усунені за допомогою абсорбуючих матеріалів або відкачуванням. Азотна кислота є широко використовуваною сировиною і відіграє ключову роль у виробництві добрив, вибухових речовин та синтетичних пластмас. Однак переваги, пов'язані з його використанням, не повинні переважувати потенційних ризиків. Відповідальне дотримання чинних правил – найкраща форма запобігання небезпечним для життя нещасним випадкам[21].

Аміак бере участь у більшості процесів біогеохімічного циклу найважливішого біофільного елемента – азоту, будучи або реагуючою речовиною, або продуктом реакцій. Зміна вмісту аміаку у навколишньому середовищі впливає на біогеохімічний цикл азоту. Одним з ефектів є збільшення вмісту органічного азоту та нітритів у навколишньому середовищі, що, у свою чергу, призводить до евтрофікації та закислення поверхневих вод та ґрунтів. Додаткове навантаження по живильному азоту, викликане надходженням аміаку, призводить до зміни видового складу рослинності.

В атмосфері в період від декількох годин до кількох діб аміак вступає в реакцію з сірчаною кислотою і азотною кислотою, що надходить з викидами хімічних і металургійних виробництв, яка виділяється при гнитті органіки у вільному вигляді. В результаті утворюються солі амонію – сульфат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_2$ та нітрат амонію NH_3NO_3 . Облягаючись на поверхню ґрунту, вони

становлять серйозну загрозу для довкілля. Ці хімічні сполуки підкислюють ґрунт та воду. Крім того, аміак збільшує швидкість корозії металевих конструкцій та будівель, негативно впливає на організм людини. Надмірне накопичення у ґрунті різних аміачних сполук у токсичних концентраціях безпосередньо та опосередковано впливає на рослини, знижує продуктивність сільськогосподарських культур[21, с. 97].

3.4. Виробництво адипінової кислоти та капролактаму

Адипінова кислота ($C_6O_4H_{10}$) є двоосновною граничною карбоновою кислотою. Адипінова кислота - біла кристалічна тверда речовина з температурою плавлення $153^{\circ}C$, без запаху (Рис. 3.2.). Адипінова кислота – продукт хімічної промисловості, що динамічно розвивається. З кожним роком зростає потреба у її виробництві[19]. Це з збільшенням кількості виробництв, використовують адипінову кислоту як сировину.



Рис. 3.2. Адипінова кислота

Існують такі способи використання адипінової кислоти:

- є сировиною (використовується близько дев'яноста відсотків усієї виробленої кислоти) у виробництві нейлону 66, а також її поліуретанів та ефірів;
- використовується як харчова добавка (zareєстрована за номером E-355) для надання продуктам кислого смаку;
- є основним компонентом засобів, призначених для видалення накипу;
- застосовується для видалення матеріалу, що залишився після заповнення швів між плитками із кераміки;
- має значення для отримання проміжних продуктів синтезу. Адипінову кислоту використовують, переважно, для пластифікаторів, поліамідів, поліуретанів[23].

Адипінову кислоту виробляють одним із наступних способів:

1) Двостадійне окиснення циклогексану (основний спосіб виробництва). Спочатку окислюють повітрям циклогексан (C_6H_{12}), а також сиру суміш продуктів окислення циклогексану, отриману після відгону циклогексану, що не прореагував. У результаті одержують суміш циклогексанолу ($C_6H_{11}OH$) і циклогексанону ($C_6H_{10}O$), яку потім поділяють ректифікацією. Надалі циклогексанон використовують для отримання капролактаму ($C_6H_{11}NO$), а циклогексанол окислюють 40-60% азотною кислотою (HNO_3). При цьому методі вихід адипінової кислоти становить близько дев'яноста п'яти відсотків. У промисловому масштабі найвигіднішим і практичним способом є двостадійне окиснення циклогексану під час виробництва капролактаму. При цьому отриманий циклогексанон залишається у виробництві. Внаслідок цього скорочується кількість побічних продуктів, стічних вод та викидів.

2) Гідрування циклогексану фенолом (C_6H_5OH) з отриманням циклогексанолу, який потім окислюють азотною кислотою. Цей спосіб є вигідним для малотоннажних підприємств і коли існує виробництво фенолу на цьому ж підприємстві, або коли як вихідна сировина для виробництва капролактаму використовується фенол.

3) Гідрокарбонілювання бутадієну (C_4H_6). Реакція відбувається з використанням оксиду вуглецю (IV) та води. З погляду економії сировини для виробництва цей спосіб є перспективним, але поки що використовується п'ять стадій реакції (карбонілювання, окиснення, гідро-формалювання, ізомеризація, гідроліз) для виробництва не знаходить широкого поширення.

Виробничі та переробні заводи складаються із спеціалізованих систем, у яких адипінова кислота виробляється, розділяється, зберігається та переробляється. Побічними продуктами при різних способах виробництва можуть бути циклогексан, циклогексанон, двоосновні кислоти, азотиста кислота, ацетон та ін.[19].

Деякі продукти, наприклад, циклогексан та азотиста кислота повертаються назад у процес, знижуючи при цьому витрати на вихідну сировину. Циклогексанон може бути використаний як сировина для виробництва капролактаму, так і продукт для продажу. У свою чергу отримані двоосновні кислоти та ацетон не можуть бути повернені знову для виробництва і тому вони використовуються як співпродукти для продажу. Стічні води, що утворюються під час виробництва адипінової кислоти, спрямовують на біологічну очистку або спалюються в печі для спалювання небезпечних відходів. Стічні води, які спрямовують на біологічне очищення, містять низьку концентрацію органічних речовин.

Після очищення стічної води додатково розбавляють річковою водою. В результаті одержують воду, в якій вміст органічних речовин не може бути небезпечним для здоров'я людини та навколишнього середовища. Стічні води, які спрямовують на спалювання, містять високу концентрацію органічних речовин. Вони складаються із щавлевої, валеріанової, масляної та інших карбонових кислот. Останніми роками робляться спроби вилучення органічних речовин зі стічної води або повернення їх у виробництво. Одним із найбільш практичних методів є використання стічної води з високим вмістом органічних речовин для відновлення адипінової кислоти[23].

Стічну воду відокремлюють від органічних речовин за допомогою десорбування (відгін). Відокремлені стічні води спрямовуються на біологічне

очищення. Розчин, отриманий після відгону з високим вмістом органічних речовин і низьким вмістом води, направляють назад у процес для виробництва адипінової кислоти. Осад, отриманий після відгону, спалюється в печі для спалювання небезпечних відходів.

Викиди від виробництва адипінової кислоти складаються з вихлопних газів та відходів, що виникають у процесі виробництва. Основними джерелами викидів є оксиди азоту, оксиди вуглецю та частинки речовин, а також метали, залишки каталізаторів, леткі та нелеткі органічні сполуки. Метали, залишки каталізаторів, нелеткі органічні сполуки та відходи, в основному, спалюються в печі для спалювання небезпечних відходів, але іноді використовують як паливо в нагрівальних установках процесу. Адипінова кислота належить до 3-го класу небезпеки. Малотоксична, горюча, пил вибухонебезпечний. Вживання її разом з їжею допустимо в нормальних дозах, що, власне, належить до будь-яких хімічних добавок до їжі. Надмірні дози можуть згубно впливати на людський організм[40].

3.5. Виробництво карбіду та його використання

Карбідами називається група речовин, утворених сполукою вуглецю з різними хімічними елементами (металами та неметалами). Вуглець є обов'язковим компонентом будь-якого карбіду, другий елемент з'єднання, як правило, завжди має нижчі показники електронегативності. Зазвичай карбіди - це тверді кристалічні речовини, що не розчиняються у воді, і в жодному з відомих органічних або неорганічних розчинників. Загальною рисою цієї групи речовин є тугоплавкість, жароміцність і низька хімічна активність (але бувають винятки)[24].

Одержання карбідів промисловим способом відбувається за допомогою сплаву металів (іноді їх оксидів і карбонатів) або неметалів з різними видами вугілля (деревне, кам'яне, коксівне). Властивості карбіду можуть бути найрізноманітнішими. І в залежності від компонентів, що утворюють їх, вони можуть знаходитися в широкому діапазоні від стабільного і надтвердого карбіду вольфраму (формула WC), що застосовується для металообробки та різання гірських

порід, до карбіду золота (Au_2C_2). А це вкрай нестабільна речовина, здатна, перебуваючи у сухому стані, вибухати за будь-якого необережного поводження з ним. Більшість групи карбідів знайшла своє застосування у багатьох напрямках господарську діяльність. Одним із них є карбід кальцію (рівняння CaC_2).

У техніці та промисловості використовується його технічний різновид. Це тверда кристалічна речовина темно-сірого або коричневого кольору з помітним ацетиленовим запахом (Рис. 3.3.). При спробі зламати зразок цього реактиву, виходить злам яскраво вираженого кристалічного типу із включеннями різних відтінків у його структурі. З властивостей цієї сполуки найбільш примітна взаємодія карбіду кальцію з водою.

Цей хімікат активно поглинає воду при будь-якому зіткненні з нею, супроводжується ця реакція яскравим виділенням ацетилену та великої кількості теплової енергії у навколишнє середовище. Активність цієї речовини щодо води така, що при зануренні його в посудину з водою спостерігається подібний ефект з кипінням. А вологу воно здатне споживати звідусіль, у тому числі і з атмосферного повітря. Тому шматки карбіду можуть у звичайному стані, як би димитися. На цій властивості і засноване застосування карбіду кальцію у виробничих цілях[24].



Рис. 3.3. Зовнішній вигляд карбіду

Ацетилен, що виділяється ним, необхідний як паливо при газозварювальних роботах, що проводяться при складанні металовиробів, а також при газовому різанні металу (автоген) та для інших заходів. А це також може бути локальне, швидке та ефективно нагрівання складальних елементів, демонтаж «засілих» деталей при термічній насадці в машинобудуванні та інші операції. Ефективність застосування даного способу отримання ацетилену безперечна, тому що, у нього є ще такі переваги, як простота роботи системи та дешевизна необхідних для цього ресурсів (потрібні лише вода і карбід)[24].

При цьому, маса карбиду, необхідного для отримання цілих 300 літрів пального газу становить трохи більше одного кілограма реактиву. Ця кількість може трохи змінюватись в залежності від розмірів фракції речовини та її чистоти. Однак це не єдиний напрямок експлуатації даного хімікату, і крім того, що карбід кальцію є найважливішим джерелом ацетилену, його використовують як сировину для хімічної промисловості. Застосовують його під час синтезу штучного каучуку та інших продуктів органічного синтезу. А також при виробництві ацетиленової сажі, ціанаміду кальцію, який є сировиною для подальшої переробки при отриманні добрив для аграрного виробництва, ціанистих сполук, а також стимулятора росту рослин – карбідного реагенту. Для отримання карбиду кальцію в промисловості застосовується метод спікання вугілля з негашеним вапном.

Спікають ці речовини в електричних печах за температури майже дві тисячі градусів. Внаслідок чого, утворюється рідка субстанція, яка розливається у форми для затвердіння. Після затвердіння та охолодження витягується з форм, дробиться та сортується за фракціями. Чим фракція більша і що менше домішок у складі отриманого хімікату, тим паче багате речовина ацетиленом[24].

3.6. Виробництво діоксиду титану та кальцинованої соди

Титану діоксид – це хімічна речовина, яка є порошком білого кольору і не розчиняється у воді (Рис. 3.4.).

Інші назви цієї речовини – двоокис титану, титанові білила. Діоксид титану, застосування якого настільки різноманітне, що варіюється від харчової до важкої промисловості, є основною речовиною в титановій галузі. Пігмент діоксид титану дає стійкий білий колір, його використовують для випуску косметичних кремів, барвників для пластмас та лакофарбових виробів. Діоксид титану, властивості якого забезпечують настільки широке застосування, є досить токсичним і є канцерогеном[23].

Виробництво діоксиду титану здійснюється двома шляхами – з концентрату ільменіту з додаванням сульфату і з тетрахлориду титану з додаванням хлориду. Світове споживання діоксиду титану 2006 року склало 4,2 млн. тонн. 58–62% виробленого у світі діоксиду титану використовується у лакофарбовій промисловості, де поступово витісняються з виробництва фарби на основі цинку, барію та свинцю.



Рис. 3.4. Діоксид титану

Мінеральними джерелами для виробництва діоксиду титану зазвичай служать руди, що містять титан: рутили, ільменіти і люкоксени. Найбільш багатими є рутили (rutile): у них міститься від 93 до 96% двоокису титану (TiO_2), в ільменітах (ilmenite) – від 44 до 70%, а концентрати люкоксенів (leucosxene) можуть містити до 90% TiO_2 . З усієї титанової руди, що видобувається, лише 5% йде безпосередньо на виробництво титану[35].

Найбільш високоякісною сировиною для пігментного діоксиду титану є рутил і анатаз, що містять відповідно 92-98 і 90-95% діоксиду титану. На відміну від ільменіту (43-53% TiO_2), вони не вимагають попереднього збагачення шляхом переділу в проміжні продукти. Світові підтвержені запаси діоксиду титану становлять близько 800 млн. тонн. Основними джерелами отримання діоксиду титану є концентрат ільменіту і природний рутил.

У 2019 році дослідження речовини провело французьке Національне агентство з контролю за безпекою продуктів, довкілля та праці (ANSES). Спочатку вважалося, що харчова добавка повністю виводиться з організму, але експерти з'ясували, що діоксид титану може накопичуватися, зокрема, у легенях, кишечнику, печінці та навіть у головному мозку. Було встановлено, що діоксид титану посилює окисний процес в організмі і призводить до запальних реакцій, що може стати причиною, наприклад, багатьох хронічних захворювань кишечника (до аналогічних висновків у 2020 дійшли вчені з Массачусетського університету). Крім того, з'явилася підозра, що E171 сприяє утворенню пухлин: у 2017 році дослідники з Франції та Люксембургу виявили, що діоксид титану збільшує ризик розвитку передракових стадій у щурів на 40%, пише німецький портал Zentrum der Gesundheit. Після цього Франція вирішила з січня 2020 заборонити продаж продуктів, що містять E171[19].

Виробництво кальцинованої соди за аміачним методом виробництва пов'язане з використанням природних матеріальних ресурсів: вапняку (CaCO_3) та кам'яної солі (NaCl). На 1 тону кальцинованої соди утворюється 10-12 м³ так званої дистилерної рідини – відходу виробництва, що містить тверду та рідку фазу. Тверда фаза містить у собі мінерали CaCO_3 , MgCO_3 , а рідка фаза CaCl_2 , NaCl . Відсоток використання

технології соди карбонатного сировини становить близько 80 % , а кам'яної солі близько 70 %.

Таким чином, очевидно, що значна частина природної сировини використовується не раціонально і складається у вигляді відходів у шламонакопичувачах, так званих «білих морях». Видобуток вапняку провадиться відкритим способом, що пов'язано з розробкою унікальних природних ландшафтів. На місці Шихана утворюється западина, а неподалік неї височать шламонакопичувачі з твердими відходами, займаючи природні землі. Рідкі відходи хлору в паводковий період скидаються у водні водойми, забруднюючи природну фауну.

Крім перерахованих вище екологічних проблем стоїть проблема забруднення атмосфери при буровибухових роботах на родовищі вапняку, а також забруднення підземних вод розсолоні і нерозчинниками при розмиванні родовищ кам'яної солі. Таким чином, гостро стоїть проблема раціонального використання та охорони надр[38]. Вони вичерпні. Так шихан Шах-Тау близький до свого завершення, як джерело карбонатної сировини і має бути пошук та розробка нових шиханів, що є пам'ятниками природи. На рис. 3.5. зображено кар'єр який утворився внаслідок знищення гори Шахтау для добування соди.



Рис. 3.5. Кар'єр на місці гори Шахтау

Тверді та рідкі відходи виробництва кальцинованої соди практично у всьому світі не знаходять промислового застосування та посилюють екологічний стан районів виробництва кальцинованої соди. Завдання вчених та промисловців - звести до мінімуму порушення екологічної рівноваги, а це може бути вирішено запровадженням нових технологій, що дозволяють реалізувати майже всі відходи гірських та підземних порід, що використовуються у виробництві соди.

3.7. Виробництво важких металів

В Україні є величезні запаси чорних та кольорових металів. У структурі економіки ця галузь посідає третє місце. У будь-якому великому місті є своє металургійне виробництво. Воно впливає до бюджету великі суми грошей, але водночас активно змінює екологічну обстановку. І зміна це йде далеко не на краще. Радіус викиду шкідливих відходів навіть невеликого заводу становить приблизно 30 км. На рис. 3.6. показано викиди з виробництва важких металів.



3.6. Викиди з виробництва важких металів

Дія цих речовин охоплює все місто та прилеглі до нього території. Екологічна проблема чорної металургії полягає у відсутності сучасного обладнання. Понад 70% заводів працюють за старими технологіями, які завдають більше збитків, ніж доходів[23]. Має значення розташування металургійних комплексів 80% їх знаходяться в межах міста.

Екологічна проблема полягає не лише у відходах. Видобуток з корисними копалинами призводить до зміни рельєфу земної поверхні. Утворюються котловани, кар'єри, штучні пагорби. Через це повітряні потоки змінюють свій напрямок, клімат стає іншим. Використання води, ґрунту, лісів призводить до виснаження цих ресурсів. Вони відновлюються, але швидкість їх відновлення у 10 разів менша за швидкість споживання промисловими виробництвами.

Атмосферне повітря забруднюється від металургійних комплексів оксидом сірки та діоксидом вуглецю. Ці речовини потім повертаються на землю у вигляді сірчаного дощу. З труб доменних печей виділяється оксид азоту, сірководень.

Заводи використовують із виробництва руду. Щоб видобути з неї метал, необхідно видалити сторонні речовини. На це потрібні великі витрати енергії, води. Виділяється значний обсяг газів, що йдуть у повітря[36].

Найбільш небезпечними в екологічному плані є коксохімічне виробництво – вугілля; чавуна, заліза, сталеливарна промисловість. Сумарний викид шкідливих речовин сягає 100 тонн на добу.

Споживання води металургійними комплексами – 15-20% від усього промислового виробництва. Це найвитратніша галузь. На великих підприємствах на добу використовують 3 млн кубометрів. 40% цієї води – відходи. Стічні води, які виробництва зливають у річки, містять у собі солі важких металів. Для організму людини і тварин це отрута, яка вражає нирки та печінку. Особливість важких металів – накопичення їх на дні річок у водній рослинності. Риби, що живуть у таких водоймах, накопичують у своєму тілі шкідливі речовини. Потім вони потрапляють до тварин та людей. Це екологічна проблема біосфери. Під час виробництва вугілля забруднення води зумовлено роботою хімічних цехів. За годину утворюється 6 кубометрів стоку, забрудненого аміаком, ціанідами, смолами, бензолом. Всі ці речовини є канцерогенами – сприяють розвитку злоякісних пухлин у людини. Зростання онкологічної захворюваності безпосередньо пов'язане з екологічними проблемами країни.

Ґрунт забруднюють тверді відходи металургійної промисловості. Вони накопичуються на площах землі розмірами сотні гектарів. Найбільше твердих відходів утворюється під час виробництва чавуну. На одну тонну металу припадає 400 кг шлаків.

Відходи містять: залізо; фосфор; оксид кальцію. Ці речовини проникають у ґрунт під дією опадів, вона стає непридатною для сільського господарства. Екологічна проблема зазнає мільйонних збитків економіці[36].

Проблема впливу чорної та кольорової металургії на екологію вирішується. Для цього розробляються та впроваджуються нові технології. Система

багаторазового використання стічних вод. Відпрацьована під час виплавлення металу вода очищається від домішок, проходить багатоетапну обробку.

Це дозволяє використовувати її знову без шкоди для виробництва. Застосування газоочисних установок. Вони блокують пил, що виділяється, затримують частинки мінералів у повітрі. Це скорочує забруднення атмосфери на 90%. Повторне перероблення відходів. З використаної руди отримують мінерали, необхідних інших галузей промисловості.

Ефективний варіант, якщо не повного вирішення проблеми, то її скорочення – впровадження екологічно чистого виробництва. Воно відповідає наступним критеріям: скорочення витрат води та електроенергії; зниження рівня токсичності викидів; зменшення кількості відходів; дотримання екологічних норм під час проектування виробництва; вторинна переробка своїх та чужих побічних продуктів. Екологічно чиста металургія вимагає менших фінансових витрат, ніж утилізація відходів та боротьба з їхніми наслідками.

До сучасних та безпечних способів очищення стічної води відносять: електрохімічний; іонізування; озонування. Вода очищається на 95%, її використовують повторно.

Для зниження кількості газових викидів рекомендується використовувати для виплавлення металу електроенергію, а не дров'яне та нафтове паливо. Апаратуру оснащують пилосбірниками. Зменшити кількість газових відходів дозволяє зволоження сипких матеріалів, застосування поверхнево-активних речовин.

Незважаючи на спад сучасного металургійного виробництва, галузь посідає друге місце із забруднення навколишнього середовища. Відходи роблять непридатною для використання людиною воду та ґрунт, викликають небезпечні захворювання. Вирішення проблеми – у впровадженні екологічно чистого виробництва, повторної переробки відходів[36].

ВИСНОВКИ

Отже, на основі проведеного дослідження, можемо сформулювати такі висновки:

В першому розділі даної роботи ми досліджували питання екологічних факторів повітряного середовища. Нами було визначено, що атмосфера – газова оболонка, що оточує Землю. Наявність атмосфери є однією з найголовніших умов життя на планеті.

Досліджено що атмосфера як елемент глобальної екосистеми виконує такі основні функції:

- захищає живі організми від згубного впливу космічних випромінювань та ударів метеоритів;

- регулює сезонні і добові коливання температури (якби на Землі не існувало атмосфери, добові коливання температури досягали ± 200 °C);

- є носієм тепла і вологи;

- є "вмістилищем" газів, які беруть участь у фотосинтезі і тим самим забезпечують процес дихання;

- зумовлює складні екзогенні процеси (вивітрювання гірських порід, діяльність природних вод, мерзлоти, льодовиків тощо).

Крім того, варто відзначити, що атмосфера також регулює такі важливі параметри, як температура, вологість, тиск тощо. Тим не менш, найпоширенішою ознакою атмосфери є клімат. Кругообіг кисню і вуглецю азоту і води обов'язково проходить через атмосферну фазу. Головну роль у цьому процесі відіграє динаміка атмосфери, де різноманітні речовини поширюються по земній кулі з переважаючими вітрами. Фотосинтез - єдиний природний процес, який фіксує сонячну енергію на Землі.

Атмосферу можна вважати лише невичерпним природним ресурсом. Насправді людині та більшості живих істот потрібна певна якість повітря, і під

впливом людської діяльності хімічний склад і фізичні властивості повітря погіршуються.

Майже ніде на Землі повітря не зберігає свою первозданну чистоту і якість, а в деяких промислових центрах атмосферні умови просто загрозливі. У великих містах, наприклад, десятки мільйонів людей дихають повітрям, яке не відповідає сучасним стандартам і є шкідливим для здоров'я; кожен житель цих міст має близько тонни шкідливого повітря від промисловості, енергетики, викидів транспорту та утилізації промислових відходів. рік речовина. Розглядаючи різноманітні екологічні функції атмосфери Землі, ми можемо остаточно зробити висновок, що життя на Землі було б неможливим без цієї повітряної оболонки.

В Другому розділі було проаналізовано антропогенний вплив та наслідки забруднення атмосфери. Було визначено, що антропогенний вплив на атмосферу проявляється насамперед у забрудненні атмосферного повітря. З появою людини на планеті Земля велику роль у глобальній екосистемі стали відігравати взаємовідносини суспільства і природи. Особливо швидко посилювався вплив суспільства на природу з розвитком машинного виробництва. Завдяки йому масштаби впливу суспільства на природу розширювалися так швидко, що людство поступово перетворилося в потужну геологічну силу, яка здійснює вплив на багато природних процесів. На даний час людина прямо чи опосередковано впливає на всі кругообіги речовин, що здійснюються в біосфері. У результаті виробничої діяльності змінюються шляхи міграції речовин та швидкість проходження багатьох процесів у біосфері.

Споживаючи все більше природних ресурсів за допомогою все більш досконалих технічних засобів, людство в прогресуючій формі покращувало умови розвитку своєї цивілізації і свого існування як біологічного виду. Однак, завойовуючи природу, людство значною мірою підірвало природні умови власної життєдіяльності.

Зазначили що найбільш антропогенний вплив на атмосферу мають парниковий ефект, кислотні дощі та порушення озонового шару. Парниковому

ефекту сприяє надходження атмосфери антропогенних домішок (діоксиду вуглецю, метану, фреонів, оксиду азоту та інших.). За останні 50 років вміст вуглекислого газу в атмосфері збільшився з 0,027 до 0,03%. Це призвело до підвищення середньорічної температури планети на 0,6°C. Існують моделі, згідно з якими, якщо температура приземного шару атмосфери підніметься ще на 0,6-0,7 ° С, відбудеться інтенсивне танення льодовиків Антарктиди та Гренландії, що призведе до підвищення рівня води в океанах та затоплення до 5 млн. км² низовинних, густо заселених рівнин.

Негативний вплив кислотних дощів на рослинність проявляється як у прямому біоцидному впливі на рослинність, так і в непрямому через зниження рН ґрунтів. Випадання кислотних дощів призводить до погіршення стану та загибелі цілих лісових масивів, а також зниження врожайності багатьох сільськогосподарських культур. Крім того, негативний вплив кислотних дощів проявляється у закисленні прісноводних водойм. Зниження рН води викликає скорочення запасів промислової риби, деградацію багатьох видів організмів і всієї водної екосистеми, інколи ж і повну біологічну загибель водойми.

Виснаження озонового шару атмосфері Землі призводить до збільшення потоку ультрафіолетових променів на земну поверхню. Ультрафіолетові промені в невеликих дозах необхідні живим організмам (стимуляція росту та розвитку клітин, бактерицидна дія, синтез вітаміну В і т. д.), у великих дозах згубні через здатність викликати ракові захворювання та мутації.

В третьому розділі провели дослідження вітчизняних промислових процесів, що забруднюють атмосферне повітря біосфери парниковими газами. Досліджено, те що забруднення атмосфери – одне з основних негативних наслідків індустріалізації сучасного світу. Основними джерелами забруднення повітря є промисловість, транспорт, відходи, сміття, отрутохімікати, які у сільське господарство.

Промислові підприємства викидають в атмосферу значну кількість твердих незгорілих частинок (зола, сажа, кіптява, пил) та шкідливих газів (діоксид та оксид вуглецю, вуглеводні, сполуки сірки, оксиди азоту та ін.). Промисловість – головний

забруднювач довкілля, який впливає всі сфери географічної оболонки. Це пояснюється тим, що промисловість загалом охоплює всі стадії ресурсного циклу – і вилучення природної сировини, і її переробку, і отримання кінцевого продукту, і повернення в навколишнє середовище відходів виробництва, які за сучасних технологій зазвичай у багато разів перевершують за обсягом корисні компоненти, що утилізуються сировини.

Для того, щоб повністю покращити ситуацію, знадобляться цілеспрямовані та продумані дії. Якщо ми будемо проводити відповідальну та ефективну екологічну політику, ми розробимо нові методи зменшення та запобігання збиткам, завдані людиною природі.

Залежно від ступеня та характеру впливу на навколишнє середовище галузі промисловості досить суттєво різняться. Таким чином, теплоенергетика, металургія, коксохімія, сприяють більшому забрудненню атмосфери. Промисловість будівельних матеріалів, особливо цементної, виробляє більше викидів в атмосферу, а підприємства харчової промисловості скидають стічні води, що містять різні органічні речовини. Що призводить до таких екологічних наслідків як: проблеми впливу кислотних опадів на навколишнє середовище та людину, вплив парникового ефекту стан біосфери. Головні впливи на навколишнє середовище при промисловому виробництві пов'язані з такими факторами: пил: викиди з димових труб і компоненти, що швидко випаровуються; газоподібні викиди у повітря (NO_2 , SO_2 , CO_2 , ін.); пил, викиди пилу (особливо печей), що в свою чергу дуже забруднює повітря.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білявський Г. О. Основи екології : підручник / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. К. : Либідь, 2004. 408 с.
2. Білявський Г. О. Основи екології: теорія та практикум: навчальний посібник / Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко. К. : Лібра, 2004. 368 с.
3. Білявський Г.О. Основи екології: підручник / Г.О. Білявський, Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. К.: Либідь, 2004. 408 с
4. Білявський Г.О. та ін. Основи екології: теорія та практикум. К.: Лібра, 2002.352 с.
5. Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О.В. Екологія і охорона навколишнього середовища: Навчальний посібник. 2-ге вид. Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. 284 с
6. Бондар О.І., Новосельська Л.П., Іващенко Т.Г. Основи біологічної безпеки (екологічна складова). Навчальний посібник. стереотипне видання, 2018. 372 с.
7. Бондарь О. І. Екологічна безпека та охорона довкілля / О. І. Бондарь, Г. І. Рудько. Київ: ЕКМО, 2004. 423 с.
8. Бурляй А. П. Вплив діяльності сільськогосподарських підприємств нанавколишнєприроднесередовище/А. П. Бурляй,О. Л. Бурляй,О. А. Непочатенко // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. 2018. Вип. 20. – С. 64-69.
9. Виділення адипінової кислоти із водно кислих стоків виробництва капролактаму / Соколова А.А. // Вісник МІТХТ ім. М.В. Ломоносова. - 2013. - Т. 8. - № 6. - З 78-81.
10. Гандзюра В. П. Концепція шкодочинності в екології / В. П. Гандзюра, В. В. Грубінко. КиївТернопіль : Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. 144 с.

11. Гігієна та екологія: підручник / За ред. В.Г. Бардова. Вінниця: Нова книга. 2006. 720 с.
12. Гончаров Д. М. Екологія та розвиток нових технологій. Теплоенергетика. Дніпропетровськ: УОВ. 2017 С. 35-38
13. Грицайчук В. В. Основи екології: навчальний посібник / В. В. Грицайчук, О. М. Микитюк, О. З. Злотін, Т. Ю. Маркіна. Харків: «ОВС», 2004. С. 124–125.
14. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посіб. / В. С. Джигирей. К. : Т-во “Знання”, КОО, 2006. 319 с.
15. Дорогунцов С. І. Екологія: Підручник / С. І. Дорогунцов, К. Ф. Коценко, М. А. Хвесик. К.: КНЕУ, 2005. 371 с
16. Дорогунцов С. І. Екосередовище і сучасність / С. І. Дорогунцов, М. А. Хвесик, Л. М. Горбач. Київ : Кондор, 2006. – 424 с.
17. Екологія і охорона навколишнього середовища : Навчальний посібник У Ю. Д. Бойчук, Е. М. Солошенко, О. В. Бугай. 2-е вид., стер. Суми : Університетська книга, 2003. 284 с.
18. Екологія. Тлумачний словник / М. М. Мусієнко, В. В. Серебряков, О. В. Брайон. Київ: Либідь, 2004. 374 с.
19. Єрмолаєва В. А., Сьомочкіна К. Ю. Матеріальний та тепловий баланс виробництва аміаку з азотоводородної суміші // Наука без кордонів. 2018. №4 (21). З. 94-97.
20. Клименко В. Г. Забруднення атмосферного повітря: методична розробка для студентів-географів / В. Г. Клименко, О. Ю. Цигічко. Х.: ХНУім. В. Н. Каразіна, 2010. 26 с
21. Клименко М. О. Техноекологія : підручник / М. О. Клименко, І. І. Залеський. - Херсон : ОЛДІ ПЛЮС, 2017. 348 с.
22. Константинов М.Є. Дослідження можливості використання карбиду кремнію для розкислення та легування сталі / М.Є. Костянтинів, А.В. Оленченко // Лиття та металургія.-2004. -№13 (31). С. 79-82.

23. Кривільова С. П., Лопухіна О.О. Основи екології: навчально-методичний посібник. Харків: НТУ "ХПІ". 2006. 112 с.
24. Кукуєва В.В., Лисиченко Г.В. Теоретичний підхід до вирішення проблеми руйнування озонового шару : електрон. версія. URL: http://5ccs.igns.gov.ua/Data/sborn/TEZY%20KONFER-2017_30-31.PDF (дата звернення: 05.06.2022).
25. Можаровська Т.В. Структурно-динамічна модель розвитку екологічної свідомості. Наука і освіта. 2016. №5. С. 124-130.
26. Наслідки кислотних дощів: електрон. версія. URL: <https://www.meteorologiaenred.com/uk/efectos-de-la-lluvia-acida.html> (дата звернення: 05.06.2022).
27. Орел С.М., Мальований М.С., Орел Д.С. Оцінка екологічного ризику. вплив на здоров'я людини. Навчальний посібник. – стереотипне видання, 2018. 232 с.
28. Основи екології та профілактична медицина : підручник. Д. О. Ластков, І. В. Сергета, О. В. Швидкий [та ін.] ; МОЗУ. Київ : ВСВ "Медицина", 2017. 472 с.
29. Саєнко В.М. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища : навч. посібник / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар та ін. К. : Вид-во Нац. авіа. ун-ту «НАУ-друк», 2009. 312 с.
30. Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Т. А. Сафранов. – Одеса:ОДЕКУ, 2002. 226 с.
31. Сердюченко Н. Міжнародні угоди з питань клімату // Світогляд. 2008. Т.9, №1. С. 32-35.
32. Старчак В. Г. Екологічна безпека техноприродних екосистем в умовах техногенного впливу важких металів / В. Старчак, О. Бондар, І. Пушкарьова, Н. Буяльська, Г. Мачульський //Фізико-хім. механіка матер. №8, Т. 2. 2010. Львів : ФМІ НАНУ. С. 815–821.

33. Старчак В. Г. Охорона техноприродних екосистем від техногенного забруднення / В. Г. Старчак, І. П. Крайнов, С. Д. Цибуля, І. Д. Пушкарьова // Фальцфейнівські читання. Херсон : ХДУ, 2009. С. 339–344
34. Старчак В. Г. Теоретичні та прикладні аспекти збалансованого природокористування в техноприродних системах / В. Г. Старчак, С. Д. Цибуля, І. Д. Пушкарьова, Н. П. Буяльська, В. П. Руденко // Вісник НУ Львівська політехніка. Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2010. № 667. С. 314–316.
35. Франчук Г.М. Урбоекологія і техноекоекологія : навч.-метод. посіб. / Г. М. Франчук, В. М. Ісаєнко, О. І. Запорожець. К. : НАУ, 2004. 200 с.
36. Функції атмосфери : електрон. версія. URL: <https://www.renovablesverdes.com/uk/la-funcion-de-la-atmosfera-sobre-la-tierra/> (дата звернення: 05.06.2022).
37. Шаповалов, Є. Б. Парниковий ефект – причини виникнення та екологічні наслідки / Є. Б. Шаповалов, Г. С. Батіщева // 77 наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів. Київ, 2011. С. 223–224.
38. Шумлянський В. Клімат. Виклики глобалізації // Світогляд. 2008. Т.9, №1. С. 26-30.
39. Юрченко Л. І. Екологія : навч. посіб. / Л. І. Юрченко ; М-во освіти і науки України. – Київ : Професіонал : Центр учб. літ., 2017. 303 с.