

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки Кафедра
загальної та теоретичної фізики

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: «ВПЛИВ СТРУКТУРОВАНИХ КОНГЛОМЕРАЦІЙ ДОМІШОК НА
ВЗАЄМОДІЮ КОСМІЧНОГО γ - ВИПРОМІНЮВАННЯ ІЗ ОЗООНОВИМ
ШАРОМ АТМОСФЕРИ»

Виконала студентка 2-го курсу МТЗ-64
спеціальності 183 «Технології захисту
навколишнього середовища
Науменко Валентина Іллівна
Керівник кандидат ф.- м.н., доц.
Кудашкіна Лариса Сергіївна
Рецензент доктор техн. наук, професор
Шкільний Євгеній Павлович

Одеса - 2018

МІНІСТРЕСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки

Кафедра загальної та теоретичної фізики

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

(наказ № 329-С, від 06.11.2017, право № 347-С від 23.11.2017)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та
теоретичної фізики Герасимов О. І.

“ 02 ” 11 2017 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Науменко Валентини Іллівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: *Вплив структурованих конгломерацій домішок на взаємодію космічного γ - випромінювання із озоновим шаром атмосфери*

керівник роботи к. ф-м.н.доц. Кудашкіна Лариса Сергіївна

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 02 ” листопада

2017 року № 321-С

2. Срок подання студентом роботи 01 лютого 2018 р.

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Розглянути формування озону (його теорії

утворення), властивості озону. 2) Ознайомитися з історією озонової проблеми, станом озонового шару в світі та Україні. 3) Визначити озоноруйнівні речовини, взаємодію гамма-випромінювання з конгломераційними домішками, а також вплив короткохвильового випромінювання на здоров'я людини. 3) Розглянути законодавство України щодо поводження з озоноруйнюючими речовинами.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним значенням обов'язкових креслень)
Рисунок 1 - Озоновий екран: а - озон (O_3) в стратосфері поглинає УФ-промені Сонця; б - озон формується в стратосфері, коли під дією УФ-променів молекули O_2 розпадаються на вільні атоми, здатні приєднуватися до інших його молекул. Рисунок 2 – Набряк легенів, внаслідок отруєння озоном. Рисунок 3 – Захисні властивості стратосферного озону. Рисунок 4 – Тенденція зменшення озону з 1996 по 2012 рік. Рисунок 5 – Вміст озону, зареєстрований 05 лютого 2018 р. (в одиницях Добсона). Табл. 1 - Склад і кількість викидів продуктів згоряння в атмосферу при пусках різних ракет-носіїв (РН). Рисунок 6 - Структура молекули озону. Рисунок 7.1 - Залежність коефіцієнта ослаблення γ - випромінювання для алюмінію (ліворуч) і свинцю (праворуч) від енергії γ - променів. Рисунок 7.2 - Залежність лінійних коефіцієнтів ослаблення γ - квантів від їх енергії для свинцю (для порівняння дана сумарна крива алюмінію - практично повна відсутність ефекту утворення пар). Рисунок 7.3 - Крива ослаблення γ - випромінювання в речовині. Табл. 2. Лінійні коефіцієнти передачі μ_s і лінійні коефіцієнти ослаблення μ , в різних середовищах, $см^{-1}$.

Дата видачі завдання 02. 11. 2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (магістерської роботи)	Термін виконання етапів роботи	Відмітка про виконання	
			За 4-х бальною шкалою	%
1	Огляд новітніх літературних джерел за темою дипломного проекту	31 листопада 2017	добре	80
2	Узагальнення основних теоретичних положень проекту	Грудень 2017	добре	80
3	Рубіжна атестація	3-25 грудня по 29 грудня 2017	добре	80
4	Здача на кафедрі	01.02.2018	добре	80
5	Перевірка на плагіат	05-09.02.2018	добре	80
6	Рецензування	12-13.02.2018	добре	80
7	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	Лютий	добре	80

Магістр _____ Науменко В. І.

Керівник проекту _____ Кудашкіна Л. С. к. ф.-м.н.доц.

АНОТАЦІЯ

«Вплив структурованих конгломерацій домішок на взаємодію космічного γ - випромінювання із озоновим шаром атмосфери»

Мета кваліфікаційної магістерської роботи - огляд сучасного стану озонового шару, розгляд формування та розрушення озону в стратосфері, його властивості (хімічні, біологічні, фізичні).

Досліджується проблеми розрушення озонного шару в світі та в Україні.

Розглядається вплив реактивної авіації на озон та взаємодія гамма - випромінювання з речовиною. Також вплив короткохвильового випромінювання на здоров'я людини.

Визначаються озоноруйнівні речовини, а також поводження з ними згідно з чинним законодавством України.

Ключові слова: озоновий шар, ультрафіолетове випромінювання, озоноруйнівні речовини, γ - квант, гранично допустима концентрація.

Научний керівник: к. ф. - м. н., доц. Кудашкіна Л.С.

Робота містить:

Сторінок - 56

Таблиць – 2

Рисунків - 9

Літературних посилань - 33

SUMMARY

« Influence of Structured Pollutant Conglomerates on the Interaction of Cosmic γ - Radiation with the Atmosphere Ozone Layer »

The aim of the qualifying master's work is to look at the current state of the ozone layer, to consider the formation and destruction of ozone in the stratosphere, its properties (chemical, biological, physical).

The problem of destruction of the ozone layer in the world and in Ukraine is researched.

The influence of reactive aviation on ozone and the interaction of gamma-radiation with matter are considered. Also, the effect of short-wave radiation on human health.

Ozone-depleting substances are determined, as well as their treatment in accordance with the current legislation of Ukraine.

Keywords: ozone layer, ultraviolet radiation, ozone-depleting substances, γ - quantum, maximum permissible concentration.

The work contains:

Pages – 56

Figures - 9

Tables - 2

Literature references - 33

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ОЗОНОВИЙ ШАР АТМОСФЕРИ	10
2 ФОРМУВАННЯ ОЗОНУ	12
2.1 Фотохімічна теорія утворення озону (кисневний цикл)	13
2.2 Гідрогенний цикл	14
2.3 Нітрогенний цикл	15
3 ВЛАСТИВОСТІ ОЗОНУ	17
3.1 Фізичні властивості озону	17
3.2 Хімічні властивості озону	17
3.3 Біологічні властивості озону	18
4 ІСТОРІЯ ОЗОНОВОЇ ПРОБЛЕМИ	20
5 СТАН ОЗОНОВОГО ШАРУ В СВІТІ І В УКРАЇНІ	24
6 ОЗОНОРУЙНІВНІ РЕЧОВИНИ	27
7 ВПЛИВ РЕАКТИВНОЇ АВІАЦІЇ НА ОЗОНОВИЙ ШАР	33
8 АЕРОЗОЛІ	36
9 ВЗАЄМОДІЯ γ -ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕЧОВИНОЮ	40
10 ВПЛИВ КОРОТКОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ	45
11 ЗАКОНОДАВСТВО УКРАЇНИ ПРО ОЗОНОРУЙНІВНІ РЕЧОВИНИ	48

ВИСНОВОК.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	53

ВСТУП

Актуальність роботи полягає у тому, що озоновий шар знищується внаслідок техногенної діяльності людини, забруднення навколишнього середовища. Все це призводить до збільшення впливу жорсткого короткохвильового випромінювання, що у свою чергу призводить до зросту онкозахворювань, захворювань зору на катаракту, ослаблення імунітету та інше. Стратосферний озон є свого роду природним фільтром, що перешкоджає проникненню в нижні шари атмосфери жорсткого космічного випромінювання.

Метою даної роботи є огляд сучасного стану озонового шару атмосфери Землі. У зв'язку з метою роботи поставлено ряд завдань:

1. Розглянути основні поняття, пов'язані з озоновим шаром атмосфери.
2. Аналізувати наслідки змін озонового шару, у результаті присутності структурованих конгломерацій домішок, які з'являються в стратосферному озоновому шарі після прольоту ракет-носіїв.
3. Ознайомитись з особливостями взаємодії гамма-випромінювання з легкими та важкими речовинами (алюміній, свинець).
4. Ознайомитись з юридичними та практичними заходами з відновленням озонового шару.

Задачі дослідження: ознайомитись з хімічними реакціями виникання і руйнування озону, властивостями озону (фізичними, хімічними, біологічними). Ознайомлення з нормативами озону: максимально разовою гранично допустимою концентрацією, середньодобовою гранично допустимою концентрацією, гранично допустимою концентрацією в повітрі робочої зони. Вивчення історії озонової проблеми, сучасного стану в світі і Україні, а також визначення озоноруйнівних речовин. Вивчення впливу техногенної діяльності зокрема, попадання різних аерозолів у озоновий шар.

Об'єкт дослідження: озоновий шар Землі.

Предмет дослідження: вплив структурованих конгломерацій на взаємодію космічного гамма-випромінювання із озоновим шаром атмосфери.

1. ОЗОНОВИЙ ШАР АТМОСФЕРИ

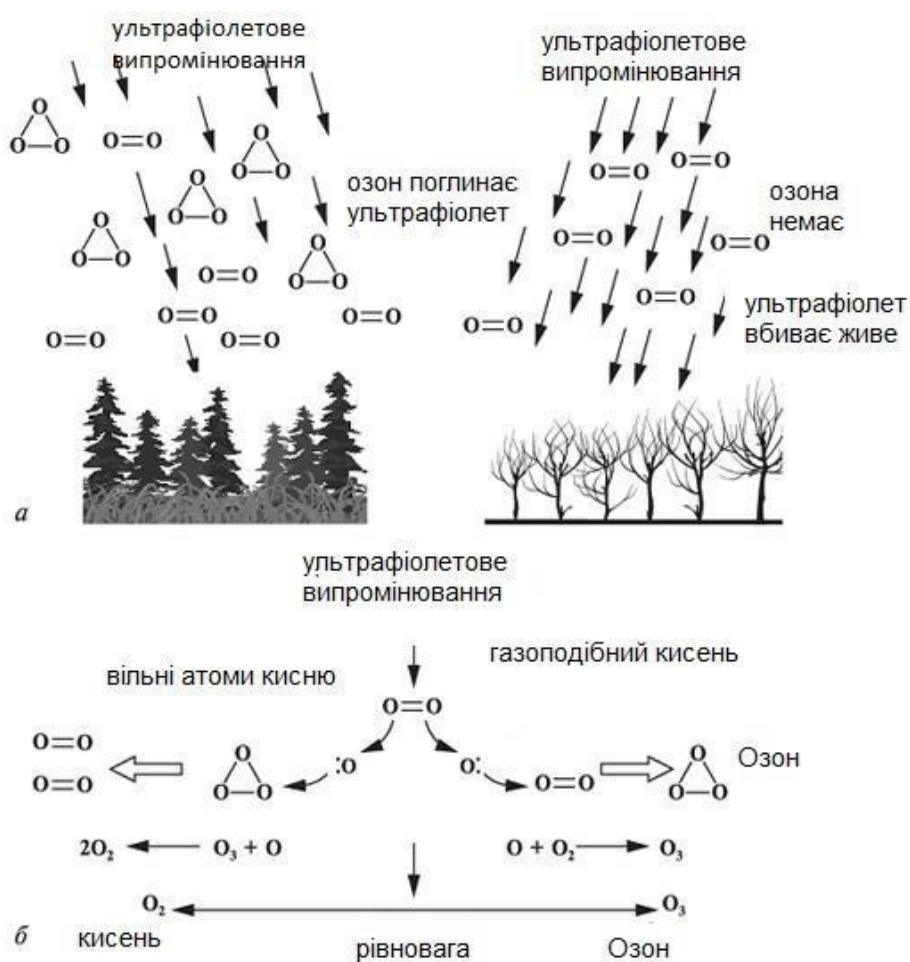


Рисунок 1 - Озоновий екран: а - озон (O₃) в стратосфері поглинає УФ-промені Сонця; б - озон формується в стратосфері, коли під дією УФ-променів молекули O₂ розпадаються на вільні атоми, здатні приєднуватися до інших його молекул.

Далі відбувається взаємодія атомів кисню (в присутності третьої тіла - М) з його ж молекулами. В результаті утворюється молекула озону:



Озоновий екран або озоновий шар або озоносфера — шар атмосфери (стратосфери), в межах якого концентрація молекул озону (O₃) в 10 разів вища, ніж біля поверхні Землі. Озоновий шар лежить в стратосфері на висоті від 15 до 35 км. Озоновий шар відкрили 1913 року Шарль Фабрі та Анрі Буїсон. У 1920-х роках озоновий шар активно досліджував професор

оксфордського університету Гордон Добсон, на честь якого названо одиницю вимірювання товщини озонового шару — одиниця Добсона.

Початок утворення озону в стратосфері пов'язано з реакцією розщеплення молекулярного кисню короткохвильовим [20] ($\lambda < 242$ нм) УФ-

випромінюванням Сонця: $O_2 + h\nu \rightarrow O + O$

2 ФОРМУВАННЯ ОЗОНУ

Джерелом вільного озону міг також бути процес фотосинтезу. При цьому є досить важливою більш точна оцінка небезпечної радіації, що спочатку гальмувало виникнення живої речовини. Так, в роботі Беркнера и Маршалла було прийнято, що для життя - для ДНК - небезпечною є спектральна область $\lambda = 240... 285$ нм при енергетичній освітленості в цій області більш ніж $10 \text{Вт} \cdot \text{м}^2$. Пізніше М. Ратнер та Дж. Уокер вибрали інший критерій. Хоча у більш довгих хвиль ефект, що знищує ДНК, знижується, енергія променів Сонця в цих хвилях набагато більша, а захисна властивість інших органічних речовин, що оточують клітинне ядро, мала.

Так виникло унікальне явище в геологічній історії до так званого еволюційного вибуху. Після того як в архейській ері сотні мільйонів років існували тільки примітивні організми - бактерії та водорості, частково навіть анаеробні організми в мілководних морях та озерах, в палеозойській ері розвиток життя швидко піднявся на високий рівень. В силурійській період проходив розвиток багатого життя в морі, де з'явилися роди риб, а в кінці його, біля 440 млн. років тому, з'явилась рослинність на суші - предки сучасних папоротеподібних та плаунів. В девоні, приблизно 370 млн. років тому, розквітло тваринне життя в багатих лісах. Так почався період підсиленого фотосинтезу та швидкого накопичення кисню в атмосфері.

Безсумнівно, що в кисневій атмосфері виник шар озону тобто озонний екран, спочатку, біля поверхні Землі. При вмісті кисню біля 0,1 сучасної його кількості (PAL - present atmospheric level) шар озону піднявся вже в стратосферу [6].

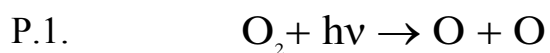
Якщо врахувати, що джерелом кисню була фотодисоціація водяної пари, то еволюційний вибух міг відбутися тільки при дуже швидкому насиченні - за геологічною шкалою часу - атмосфери водяною парою, що почала енергійно розкладатися на сонячному світлі.

Якщо допустити, що життя поступово утворювало фотосинтетичне

джерело кисню, після того як розклад пари або життя в морі утворили первинне підвищення рівня кисню до $(2...3) \cdot 10^{-3}$ PAL, то швидкість еволюційного вибуху добре пояснюється таким механізмом з сильним додатним зв'язком. Пояснюється й послідовність розвитку життя у воді й на суші.

2.1 Фотохімічна теорія утворення озону (оксигенний цикл)

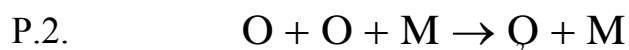
За Чепменом озон в атмосфері утворюється з молекулярного кисню . Кисень фотосинтезує при поглинанні електромагнітних хвиль певної довжини, а одержаний атомарний кисень рекомбінує з молекулярним, утворюючи озон. Енергія дисоціації кисню 5,515 eV, що відповідає енергії кванта світла з довжиною хвилі 242 нм. Тому якщо в стратосфері і мезосфері проникає ультрафіолетова (УФ) радіація з $\lambda = 242,4$ нм і молекулярний кисень має смуги поглинання у зоні $\lambda < 242$ нм, в атмосфері повинен утворитись озон. Але озон також дисоціює під дією сонячної радіації, енергія його дисоціації 1,09 eV, що відповідає енергії кванта світла з $\lambda \approx 1134$ нм. В результаті дії цих двох протилежних процесів в атмосфері на деяких висотах встановлюється цілком визначена густина озону. Визначається ця густина фотохімічною рівновагою. Для формування озону в стратосфері перш за все необхідний атмосферний кисень, який утворюється внаслідок фотодисоціації молекули кисню по реакції 1:

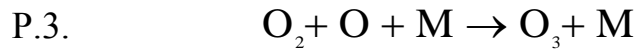


де h – постійна Планка;

ν – частота поглинутого електромагнітного випромінювання.

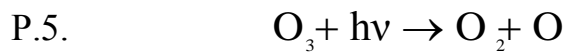
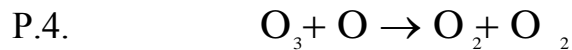
За участю третього тіла – “М”, яким можуть бути присутні в атмосфері молекули кисню або нітрогену, відбуваються дві конкуруючі реакції:





Реакція P.2. домінує на висотах, більших ніж 60 км, де концентрація атомарного кисню висока, внаслідок чого існує велика ймовірність рекомбінації атомів кисню. Реакція P.3., яка веде до утворення озону, домінує на менших (30 – 60 км) висотах. Вона є основним джерелом озону в атмосфері.

Реакції P.4. і P.5. призводять до руйнування озону:

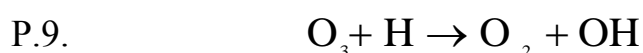
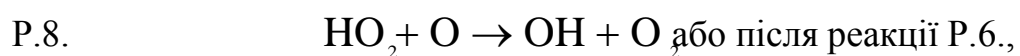
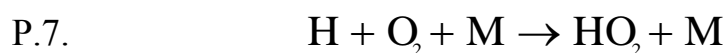


Руйнування озону внаслідок фотодисоціації (P.5.) протікає на всіх висотах, включаючи поверхню Землі. Дія цих процесів приводить до встановлення фотохімічної рівноваги. У стані фотохімічної рівноваги O і O₃ знаходяться у верхній стратосфері і нижній мезосфері. Нижче 30 км фотохімічний час життя озону стає значно більшим, в середній і нижній стратосфері цей час перевищує добу [10].

2.2 Гидрогенний цикл

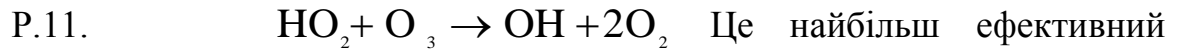
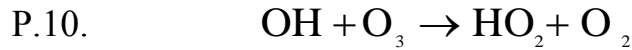
У верхній стратосфері і нижній мезосфері дуже швидко протікає процес загибелі непарного кисню O, O₃– за рахунок їх участі в реакціях з водневими сполуками. Із 35 таких реакцій суттєву роль в утворенні і руйнуванні озону і атомного кисню відіграють 9 із них [10,11].

Це у першу чергу, реакції каталітичного циклу:

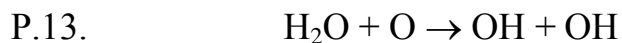


В результаті цих реакцій відбувається загибель непарного кисню (O,

O_3), а частинка OH весь час відновлюється. Ці реакції найбільш характерні для висот 50 – 80 км. У районі тропопаузи головним є процес взаємодії гідрогенних радикалів із озоном за схемою:



каталітичний цикл руйнування озону. У середній і верхній стратосфері всі ці реакції є суттєвими, крім P.9. Головну роль у реакціях стоку непарного озону у гідрогенному циклі відіграють гідроксил OH і атомарний гідроген. Джерелом цих частинок у стратосфері є реакції водяної пари і молекулярного гідрогену із збудженими атомами кисню:



Збуджені атоми кисню утворюються, як відомо, при фотодисоціації молекулярного кисню. Гідрогенні радикали, гідроксил (OH) і пергідроксил (HO_2) реакційно активні сполуки. Гідроксил у реакціях з озоном утворює пергідроксил, а пергідроксил у реакціях з озоном знову відновлює гідроксил. OH треба розглядати як ключову сполуку із ряду гідрогенних радикалів для хімічних процесів у атмосфері. В реакціях гідроксилу з пергідроксидом утворюються молекули води:

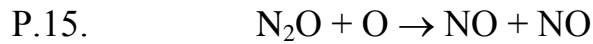


Всього у гідрогенному циклі руйнується 9 – 11% озону.

2.3 Нітрогенний цикл

У 1970 році розглянув вплив окислів нітрогену, що містяться у стратосфері, на озон. Джерелом окису (NO) і двоокису (NO_2) нітрогену в стратосфері є в першу чергу закис нітрогену N_2O , який утворюється у ґрунті і переноситься до стратосфери, не вступаючи на своєму шляху в реакції, оскільки є інертним газом. В стратосферу ж щорічно надходить близько 24 Мт окису нітрогену, який утворює близько 3,4 Мт активного окису

нітрогену на висотах 20 - 40 км [6]. Збуджені атоми кисню вступають в реакцію з інертним окисом нітрогену, утворюючи 2 молекули NO за формулою:



Окис нітрогену в реакції з озоном утворює двоокис нітрогену, який в свою чергу, сполучаючись з атомарним киснем, знову утворює окис нітрогену:



Хлорний цикл У 1974 році було доведено, що сполуки хлору, присутні в стратосфері, також впливають на вміст нітрогену. Один атом хлору, або бром до свого знищення, може руйнувати тисячі молекул нітрогену. З чисельного ряду сполук хлору, активними складовими є Cl і ClO. Атом хлору реагує з озоном, в результаті чого утворюється оксид хлору ClO:

P.18. $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$ Реакція оксиду хлору з атомарним киснем відновлює хлор:



Реакція з оксидом нітрогену також відновлює хлор:



Остання реакція здійснює взаємодію між хлорними і нітрогеними циклами; перші дві – це каталітичний цикл руйнування непарного кисню (O_3 і O). Крім цих швидких процесів хлорного циклу, проходять і інші, більш повільні, результатом яких є утворення соляної кислоти. HCl утворюється в реакціях атомарного хлору з метаном, гідрогеном та іншими гідрогеновмісними сполуками. Руйнування її в реакціях з OH і O знову вивільнює атом хлору:



дією випромінювання з $\lambda < 220$ нм також приводить до утворення атомарного хлору:

Р.23. $\text{HCl} + h\nu \rightarrow \text{H} + \text{Cl}$ Соляна кислота легко розчиняється у воді і вимивається із тропосфери з опадами. Фотохімічний час життя атомарного хлору на висотах менших ніж 40 км дуже малий, але зростає з висотою і на рівні 100 км досягає 1 доби. Відносна концентрація його на висоті менше 30 км складає 10 - 13%, але швидко зростає з висотою. Оксид хлору (ClO), утворений в результаті руйнування озону атомарним хлором, гине при реакціях з атомарним киснем і оксидом нітрогену, крім того, він гине при фотодисоціації [6]. Оксид хлору досягає найбільшої концентрації на висоті 38 – 40 км. За результатами вимірювань мінливість вмісту ClO складає 30 – 60%, причому збільшення концентрації спостерігається взимку. Крім того, виявилось, що вміст ClO в атмосфері має добовий хід з максимумом у денний час і мінімум у ранковий. Хлористий гідроген HCl є основним хлорвмісним компонентом стратосфери, у шарі 10 – 25 км на його долю припадає ~ 90% загального вмісту хлору. Джерела його є у тропосфері і стратосфері. До природних джерел відносяться: аерозолі, утворені в результаті розбризкування морської води, які дають HCl , взаємодіючи з SO_4 , NO_3 і NaCl ; вулканічні виверження, взаємодія OH з CH_3Cl , який утворюється морськими водоростями. При великому виверженні в атмосферу може надійти 40 - 180 тис. тон HCl , при цьому хмара газів досягає висоти 50 км. Антропогенні джерела HCl – це в першу чергу процеси горіння: – 69% HCl утворюється при спалюванні вугілля, 23% – побутових відходів, 8% - нафти. Деяка кількість HCl утворюється під час виробничих процесів.

Хлорфторовуглеводні (міжнародне позначення – CFC). Той факт, що хлорфторовуглеводні можуть викликати руйнування озону, вперше встановили вчені Каліфорнійського університету М. Моліна і Ф.Роуланд у 1974 році [5]. Ці вчені, а також П. Крутцен з Німеччини у 1996 році були нагороджені Нобелівською премією за встановлення причин

зниження концентрації стратосферного озону. Хлорфторовуглеводні (ХФВ) широко використовуються в побуті як пропеленти (розпилювачі) в аерозольних сумішах, як піноутворювачі у вогнегасниках, при хімічній чистці одягу, у виробництві пінопластів і особливо в холодильній техніці. Найбільш прийнятними для цієї мети виявились хлорфторопохідні метану, етану, циклобутану. Ці сполуки одержали технічну назву фреони (холодоагенти), деякі фірми випускають їх під своїми торговими назвами (фратеон, арітон, фріген і т.ін). Фреони у свій час замінили аміак і сірчаний газ – токсичні і вогнебезпечні речовини. Оскільки фреони не горючі, майже не мають запаху, малотоксичні, вони розглядались як ідеальні речовини для застосування у побутових холодильниках та кондиціонерах як розпилювачі і т.ін. Найбільше застосування одержали найменш токсичні сполуки [16].

3 ВЛАСТИВОСТІ ОЗОНУ

3.1 Фізичні властивості озону

Озон може існувати у всіх трьох агрегатних станах. При нормальних умовах озон - газ блакитного кольору. Температура кипіння озону - 112°C , а температура плавлення становить – 192°C .

Завдяки своїй хімічній активності озон має дуже низьку гранично-допустиму концентрацію в повітрі (порівнянню з ГДК бойових отруйних речовин) $5 \cdot 10^{-8}\%$ або $0,1 \text{ мг / м}^3$, що в 10 разів більше нюхового порогу для людини.

3.2 Хімічні властивості озону.

Слід зазначити насамперед дві основні властивості озону:

Озон на відміну від атомарного кисню є відносно стійким з'єднанням. Він мимоволі розкладається при високих концентраціях, при цьому чим вище концентрація, тим вище швидкість реакції розкладання. При концентраціях озону 12-15% озон може розкладатися з вибухом. Слід також зазначити, що процес розкладання озону прискорюється з ростом температури, а сама реакція розкладання $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2 + 68 \text{ ккал}$ екзотермічна і супроводжується виділенням великої кількості тепла [13].

Озон є одним з найсильніших природних окислювачів. Окислювальний потенціал озону становить 2,07 В (для порівняння у фтору 2,4 В, а у хлору 1,7 В).

Озон окисляє всі метали за винятком золота і групи платини, доокисляє оксиди сірки і азоту, окисляє аміак з утворенням нітриту амонію.

Озон активно вступає в реакцію з ароматичними сполуками з руйнуванням ароматичного ядра. Зокрема озон реагує з фенолом з руйнуванням ядра. Озон активно взаємодіє з насиченими вуглеводнями з руйнуванням подвійних вуглецевих зв'язків.

Взаємодія озону з органічними сполуками знаходить широке

застосування в хімічній промисловості і в суміжних галузях. Реакції озону з ароматичними сполуками лягли в основу технологій дезодорації різних середовищ, приміщень і стічних вод [9].

3.3 Біологічні властивості озону

Відомо, що при високих концентраціях озону спостерігаються ураження дихальних шляхів, легенів і слизової оболонки.

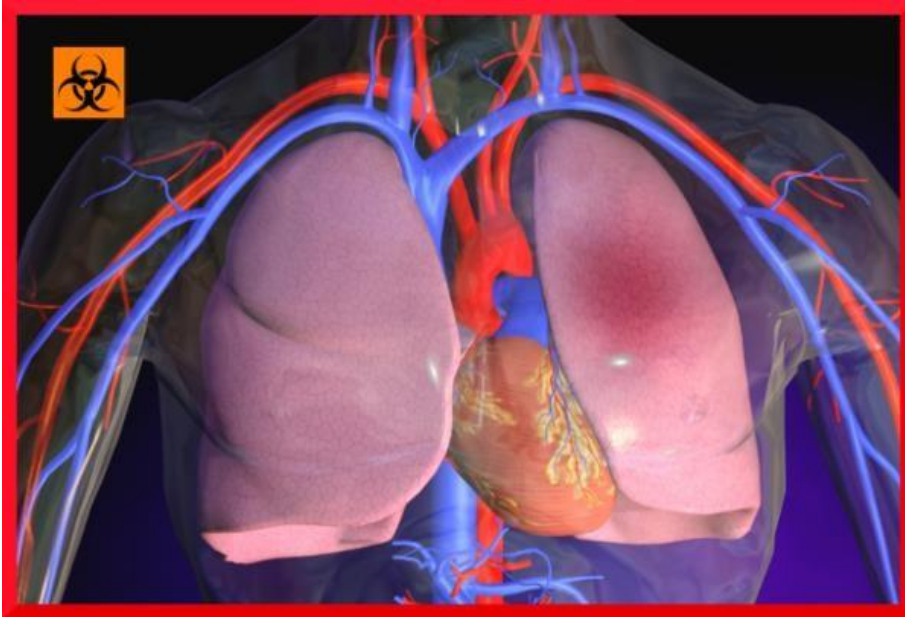


Рисунок 2 - набряк легенів, внаслідок отруєння озоном

Тривала дія озону призводить до розвитку хронічних захворювань легень і верхніх дихальних шляхів. Вплив малими дозами озону надає профілактичну і терапевтичну дію і починає активно використовуватися в медицині - в першу чергу для дерматології і косметології.

Крім великої здатності знищення бактерій озон має високу ефективність у знищенні цист (щільні оболонки, що утворюються навколо одноклітинних організмів, наприклад, джгутикових при їх розмноженні, а також в несприятливих для них умовах) і багатьох інших патогенних мікробів [6].

Нормативи по озону:

Максимальна разова гранично допустима концентрація (ГДК м.р.) в

атмосферному повітрі населених місць $0,16 \text{ мг / м}^3$

Середньодобова гранично допустима концентрація (ГДК с.с.) - $0,03 \text{ мг / м}^3$

Гранично допустима концентрація (ГДК) в повітрі робочої зони - $0,1 \text{ мг / м}^3$ (при цьому, поріг людського нюху наближено дорівнює $0,01 \text{ мг / м}^3$).

Високу токсичність озону, а саме - його здатність ефективно вбивати цвіль і бактерії, використовують для дезінфекції. Застосування озону замість коштів дезінфекції на основі хлору дозволяє істотно скоротити забруднення навколишнього середовища хлором, небезпечним, в числі іншого, і для стратосферного озону. Стратосферний озон відіграє роль захисного екрану для всього живого на землі, перешкоджаючи проникненню до поверхні Землю жорсткого ультрафіолетового випромінювання [2].

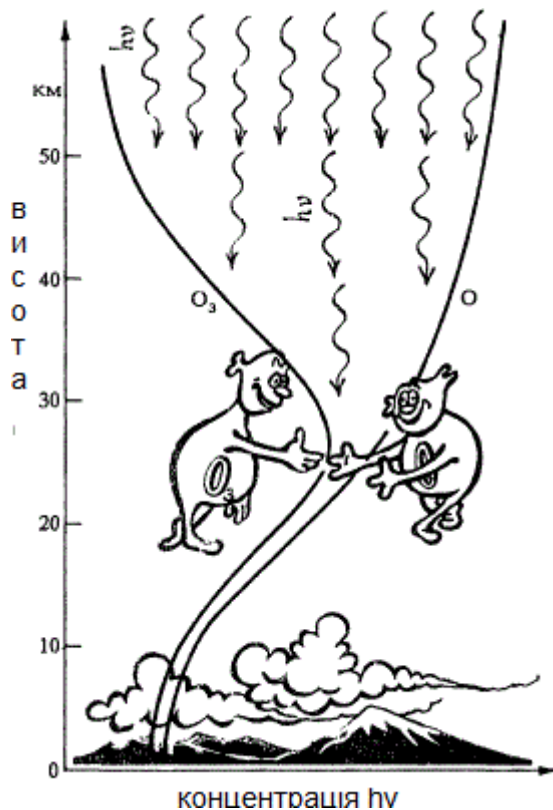


Рисунок 3 – Захисні властивості стратосферного озону

4 ІСТОРІЯ ОЗОНОВОЇ ПРОБЛЕМИ

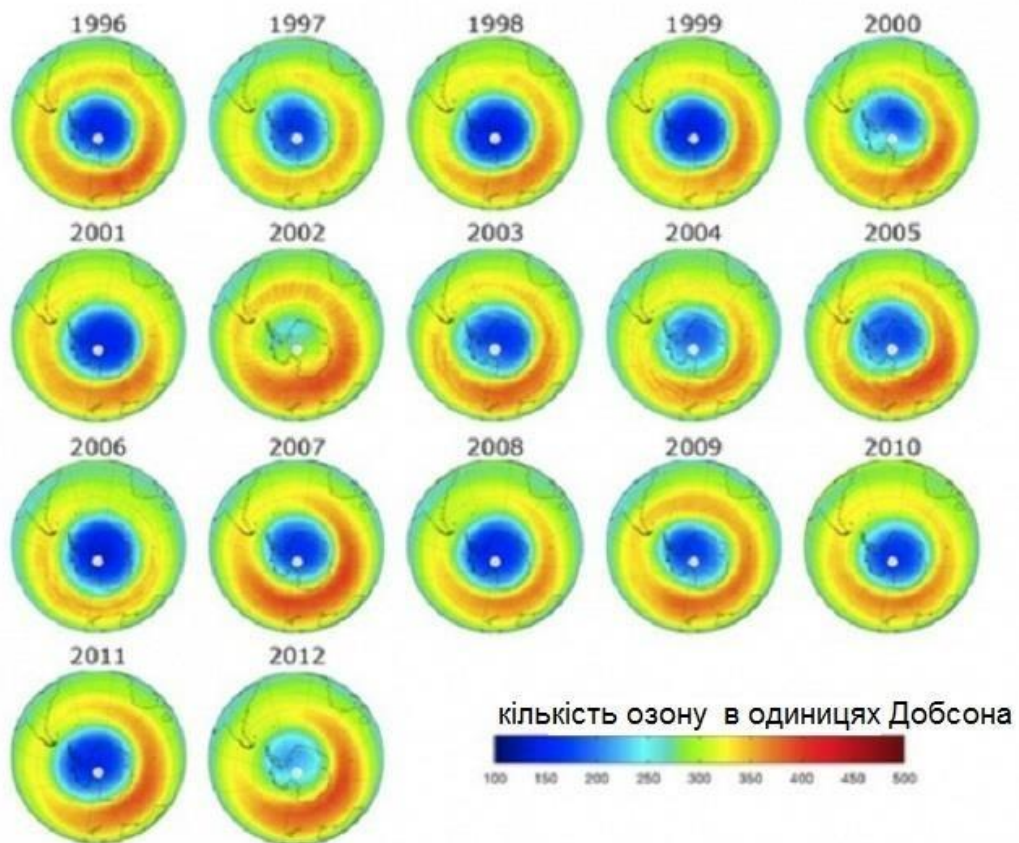


Рисунок 4 – Тенденція зменшення озону з 1996 по 2012 рік

Проблема руйнування або, точніше, виснаження озонового шару виникла на початку 1970-х років. Було висловлено кілька гіпотез, згідно з якими деякі речовини-продукти діяльності людини, досягнувши стратосфери, можуть викликати розкладання озону.

У 1970 р. німецький вчений Пауль Крутцен припустив, що причиною руйнування озону є N_2O - оксид азота. Останній безпосередньо бере участь в каталітичній реакції руйнуванні озону. У наступному 1971 р хімік з Каліфорнійського університету в Берклі (США) Гарльд Джонсон висловив думку, що оксиди азоту, що містяться у викидах реактивних двигунів надзвукових літаків, можуть викликати зменшення кількості озону в стратосфері. У грудні 1973 р хіміки з Каліфорнійського університету в Ірвіні (США) Шервуд Роуланд і Маріо Моліна висловили думку, що хлорфторвуглеродні з'єднання (ХФУ) можуть поступово досягати стратосфери і руйнувати озоновий щит.

У 1977 р. в рамках Програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) була проведена Перша міжнародна конференція з проблеми виснаження озону.

З 1982 р. група англійських учених під керівництвом Джо Фарман з Кембриджа проводила дослідження вмісту озону над Антарктидою і виявила тенденцію його у зменшення.

Так, в 1984 р. прилади їх наземних станцій моніторингу (на антарктичній станції Халлі-Бей) показали зниження вмісту озону на 40% за період близько 30 днів (з вересня по жовтень).

У 1985 р. була опублікована історична стаття, яка оголосила про появу в Південній півкулі озонової діри. Фотознімки, зроблені з космосу, показали наявність над Антарктидою величезної діри, що дорівнює за площею території США. Під дірою не слід розуміти те, що в даній області немає озону. Відзначено лише сильне потоншення його шару.

У 1986 р. тринадцять американських вчених здійснили Національну озонову експедицію в Антарктиду, результати якої дозволили зробити висновок, що втрата озону в цьому районі, ймовірно, викликана проникненням в атмосферу хімічних речовин. Однак, в той час деякі вчені пояснювали зменшення озону не хімічними, а кліматичними або динамічними процесами (рух мас повітря) [7].

У 1987 р. 150 американських вчених здійснювали другу експедицію в Антарктиду, в результаті якої був зроблений висновок про те, що першопричиною скорочення озонового шару є хлоровмісні хімічні сполуки. У жовтні 1987 р озонова діра над Антарктидою збільшилася в порівнянні з 1985 р. дефіцит озону склав майже 50%.

Наступним кроком після Віденської конференції стало підписання 16 вересня 1987 р Монреальського протоколу про речовини, що руйнують озоновий шар. Ця міжнародна угода встановлює графіки поетапного скорочення виробництва та використання озоноруйнівних речовин. Країни - учасники

погодилися заморозити виробництво і споживання ХФУ до 1990 р. на рівні 1986 р.

День прийняття Монреальського протоколу - 16 вересня - оголошено ООН Міжнародним днем захисту озонового шару.

У 1989-1992 рр. було проведено кілька міжнародних експедицій по дослідженні озонового шару над Антарктидою, в яких активну участь брали вчені СРСР. Виявлення озонові міні - діри особливо часто з'являлися над європейським сектором Арктики і північчю Європи та Атлантичного океану. Однак, на відміну від Антарктиди ці міні-діри були менш інтенсивними, менше за площею і зміщувалися на значні відстані за недовгий час свого існування. Це пояснюється тим, що зимовий полярний вихор слабо стійкий і на відміну від антарктичного обмінюється масами повітря зі стратосферою сусідніх широт, звідки приходить тепліше і багате на озон повітря. Однак, арктичні міні - діри можуть викликати більш серйозні наслідки в щільно населеній Північній Європі, ніж більша діра в пустельній Антарктиді.

Зустрічі сторін Монреальського протоколу на урядовому рівні відбуваються щорічно. На таких зустрічах приймаються нові поправки, все більше обмежують виробництво і використання озоноруйнуючих речовин. Так, в червні 1990 р. в Лондоні представниками 92 держав було підписано доповнення, яке передбачає повне припинення виробництва ХФУ до 2000 р. Цей документ називають Лондонським протоколом. У 1997 р. на черговій зустрічі в Монреалі була досягнута домовленість про необхідність ліцензування експортно-імпортних операцій з озоноруйнівними речовинами. Озонова проблема обговорювалася і на Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку, що відбулася в червні 1992 р. в Ріо-де-Жанейро з участю глав держав і представників з 179 країн світу. У документах конференції було відзначено що озоновий шар в стратосфері планети продовжує зменшуватися через викиди в атмосферу хлорфторуглеродів і інших речовин, що містять хімічно активні сполуки хлору і бромю. Необхідно

розробити безпечні замінники цих хімічних речовин і простежити за тим, щоб вони були доступні як розвиненим, так і країнам, що розвиваються.

Щорічно наша планета Земля втрачає близько 0,5% озонового шару. За останні 10-15 років його зміст зменшився приблизно на 7%, і відзначається наростаюча інтенсивність цього процесу. Найбільші втрати стратосферного озону раніше припадали на кожну антарктичну весну (жовтень), але зараз і в північних широтах зникає близько 10% озону взимку і навесні і близько 5% влітку і восени. У першій половині 1997 виникла величезна за своїми масштабами озонова діра площею приблизно 30 млн км² над усією Арктикою, включаючи північ Європи, Канади, Гренландії, Балтійське море, північні області Сибіру. Середньомісячна зменшення озону навесні досягало тут 30-40%. Над Південною півкулею за 5 років (1993-1998) діра збільшилася в два рази, досягнувши площі 22 млн км². Отримані дані повністю підтверджують теорію хімічного руйнування озонового шару[12].

У 1996 р. вчені Шервуд Роуланд, Маріо Моліна з Каліфорнійського університету в США і Пауль Крутцен були нагороджені Нобелівською премією за встановлення причин зниження концентрації стратосферного озону. Вони змогли довести, що основними руйнівниками озону є атоми хлору і броду, які відокремилися від молекул галогенових вуглеводнів під дією сонячної радіації [8].

5 СТАН ОЗОНОВОГО ШАРУ В СВІТІ І В УКРАЇНІ

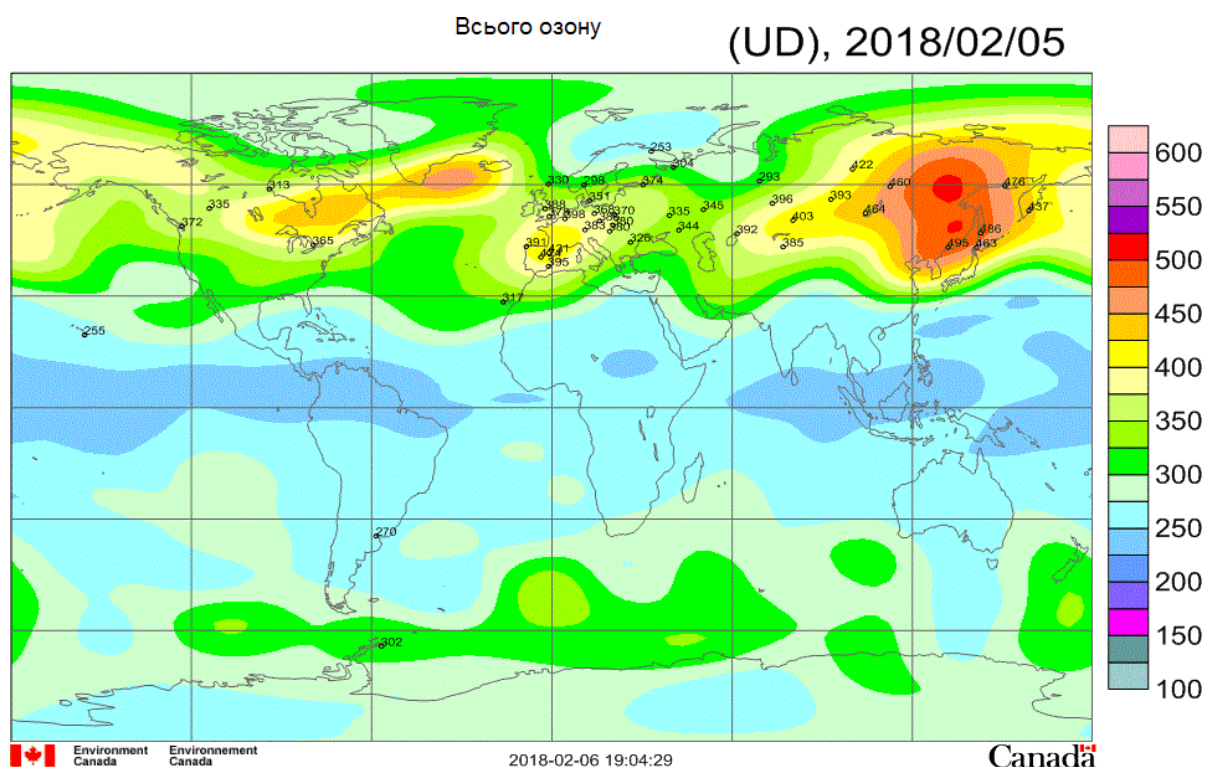


Рисунок 5 – Вміст озону, зареєстрований 05 лютого 2018 р. (в одиницях Добсона)

Аналіз даних загального вмісту озону підтвердив тенденцію зменшення атмосферного озону, зазначену в оглядах Всесвітньої метеорологічної організації ще в 1995 року. З 1979 року по теперішній час річне утримання озону знизилася на 4-5% глобально і приблизно на 7% в середніх широтах обоїх півкуль. В останні десятиліття значне зменшення вмісту озону, раніше спостерігалось в основному над Антарктидою, стало помітно проявлятися в районах Арктики і в прилеглих до них районах Північної півкулі.

Дослідницькі роботи, проведені останнім часом російськими вченими, встановили, що якщо в період 1979-1993 р.р. відбувалося зменшення середньорічного вмісту озону, то в подальшому ситуація стабілізувалася [17]. Дослідження вертикального розподілу озону в зимово-весняний період проводяться регулярно в Якутську і Салехарді. Результати досліджень показали, що взимку 1999/2000 р в Північній півкулі спостерігалось надзвичайно низький вміст озону в стратосфері. Загальний вміст озону, що

спостерігається на станціях Салехард і Якутськ в січні 2000 р. було стійким. В Салехарді середньоквадратичне відхилення від середнього загального вмісту озону в січні становило 13 одиниць Добсона, тобто було надзвичайно малим. Дефіцит середньомісячного загального вмісту озону за даними вимірів на станціях Якутськ і Салехард в лютому і березні 2000 р становив 10 - 15% кліматичної норми [15,16].

Озоновий шар в небі над Грецією зменшився з 1991 р. по 1995 р. на 10%, що означає збільшення впливу сонячного ультрафіолетового випромінювання на 17%. Розрідження озонового шару над Грецією взимку 1994-1995 рр. було на 5-10% більше, ніж очікувалося [18].

Озонова діра - значний простір в озоносфері планети з помітно зниженим (до 50%) вмістом озону.

В Україні спостереження за станом озонового шару проводять на чотирьох озонетричних станціях (у Києві, Борисполі, Одесі та Львові). За даними цих спостережень, протягом останніх 10 років загальний вміст озону в атмосфері був значно нижчим від кліматичної норми. Аналогічна картина спостерігалася для всієї північної півкулі Землі в межах широт 40-60°. Протягом 2000 року озонових аномалій над Україною не спостерігалось, проте було зафіксовано кілька випадків зменшення вмісту озону до критичних значень.

Аналіз якості атмосферного повітря України виявив високі рівні забруднення (з перевищенням ГДК) фенолами у Маріуполі, Макіївці, Краматорську.

Над Україною (окрім південної частини) загальний вміст озону за останні 20 років зменшився на 6%, і утворилася аномальна зона. Особливо небезпечна «озонова дірка» влітку.

Міжнародний екологічний фонд надав Москві, Києву допомогу для поетапного скорочення використання озоноруйнівних речовин. Гроші направлені підприємствам, які виробляють аерозолі, холодильну техніку для переходу до використання вуглецевого аерозольного пропелента. Сам фтор

не приймає участі в розпаді озону (гідрофторфреони (HFC) розщеплюються до атомів фтору, які, у свою чергу, швидко реагують з водою (O), утворюючи стабільний фтороводень. Йод також не руйнує стратосферний озон, оскільки йодовмісні органічні речовини майже повністю витрачаються ще в тропосфері. Тому потрібно замінити хлорфтор, бром вуглеводні на фторовмісні фреони. Запропоновано також використовувати замінники - хлорфторвуглеводні, до складу своїх молекул входить водень, хімічний зв'язок яких менш міцний [14].

6 ОЗОНОРУЙНІВНІ РЕЧОВИНИ

До числа озоноруйнуючих речовин відносяться:

- хлорфторуглеводі, такі як фтортрихлорметан CFCl_3 .
- фторхлорбромуглероди, інакше звані як галони, такі як діфторхлорбромметан CF_2ClBr (галон-1211) і трифторбромметан CF_3Br (галон-1301).
- гідрохлорфторуглероди, в них не всі атоми водню заміщені галогенами (наприклад, дифторхлорметан CHClF_2).
- метил бромід CH_3Br , метилхлороформ CH_3CCl_3 і чотирихлористий вуглець CCl_4 . З перерахованих речовин основні руйнівники озону Галоген та хлорфторуглероди.

Хлорфторуглероди (ХФУ) щодо хімічно інертні, негорючі, малотоксичні, прості у виробництві і зберіганні, дуже летючі, практично нерозчинні в воді і добре розчинні в органічних розчинниках. Більш того, вони є газами при кімнатній температурі, вони спалюються при невеликому тиску з виділенням тепла, а випаровуючись, знову його поглинають і охолоджуються. Завдяки цим властивостям вони широко використовуються в техніці.

Спочатку ХФУ стали використовувати як хладенти в холодильниках і кондиціонерах повітря. Оскільки ці вироби ламаються і в кінці терміну експлуатації викидаються, так ХФУ потрапляють в атмосферу.

Інша область застосування - ХФУ як пропеленти (розпилювачі) в аерозольних упаковках різного призначення.

Наступна найважливіша область їх застосування - виробництво пористих пластмас (пінопластів). ХФУ розчиняють в рідких пластмасах при підвищеному тиску. Коли тиск знижують, вони вспінюють пластмасу, так як розчинність їх зменшується, і при цьому вони випаровуються в атмосферу.

Галон вже в середині 1940-х років став застосовуватися як ефективний засіб для пожежогасіння. Галон - 1301 і зараз широко використовується

пожежними службами багатьох країн. Яким же чином ці речовини поширюється в атмосфері і руйнують озоновий шар.

Висока хімічна стійкість фреонів і погана розчинність їх у воді дозволяють цим речовинам високо підніматися в атмосфері. Опинившись поблизу поверхні Землі, фреони безперешкодно проходять тропосферу, перші 10-15 км повітряного простору, і виявляються в стратосфері, де зосереджено 90% атмосферного озону. Шлях в стратосферу непрямий, оскільки фреони, як і всі інші з'єднання, можуть потрапити в стратосферу з поверхні Землі тільки з тропічними конвективними потоками. До тропіків речовини переносяться приблизно місяць. Рух вгору по тропосфері до висоти 10-15 км. за рахунок конвекції займає кілька діб, іноді кілька годин. Але щоб опинитися на висоті 35 км., речовинам потрібно накопичуватися 15 років. Звідси випливає, що вплив на озоновий шар можуть надати тільки такі речовини, час життя яких в атмосфері перевищує кілька десятків років. Саме такими речовинами є фреони. Час їх життя становить 50 і більше років. По оцінкам Ш. Роуланда і М. Моліна, хлорфторвуглецю потрібно від 50 до 100 років, щоб накопичитися в стратосфері.

Модель руйнування озонового шару при одиночному пуску РН (ракетного носія) «Енергія» можна представити таким чином. У сліді ракети діаметром кілька сотень метрів озон руйнується повністю на всіх висотах практично миттєво. Під впливом макротурбулентної дифузії викинуті речовини перемішуються в стовпі діаметром кілька кілометрів за кілька годин. Вміст озону в цьому стовпі на висотах 16 ... 24 км. зменшується на 15 ... 20% через 2 год., а потім відбувається відновлення озону. Хмара ракетних викидів в атмосфері через тиждень досягає в діаметрі декількох сотень кілометрів. Максимальне руйнування озону в хмарі відбувається на висоті 24 ... 30 км приблизно через 24 дні після проходження РН. Одночасно в тропосфері і іоносфері відбувається утворення озону. З урахуванням компенсуючого позитивного ефекту загальний вміст озону в районі пуску РН

«Енергія» (в межах вертикального стовпа діаметром 550 км) зменшиться через 24 дня на 1,7%, або, в масовому відношенні, на 27 тис. т.

За схемою озono - каталітичного методу передбачається тонке очищення газу від SO_2 з одночасним руйнуванням озону на виході з установки. Озоно - каталітичний метод дозволяє отримати 70-80% кислоти [2].

Оскільки озон є дуже токсичним газом, руйнування озону відбувається або на спеціальних каталізаторах, або при нагріванні до температури вище 300°C . Крім того, в газах містяться продукти руйнування вуглеводів, для яких також необхідно каталітичне руйнування до CO_2 .

Максимальне руйнування озону після падіння Тунгуського метеорита становило, за оцінками, 45%. Але небезпечний інтервал довжин хвиль 240-280 нм. в сонячному спектрі залишився ще надійно закритим. Мабуть, було б корисно провести медичну статистику щодо захворювання на рак шкіри в період 1909-1912 років і з'ясувати, чи не було зростання цих захворювань.

Утворення і руйнування молекул озону - тонко врівноважений процес, він сильно залежить від наявності різних малих складових (оксидів азоту, водню, хлору, броду). До порушення цієї рівноваги призводить антропогенний вплив. Найбільш помітний вплив на озоновий шар можуть надати деякі речовини, що потрапляють в тропосферу, хімічно інертні хлорфторметани (фреони), що виділяються при роботі холодильних установок, що використовуються як розчинники в промисловості і пропеленти в аерозольних упаковках, а також окису азоту (N_2O), що виділяються при використанні мінеральних добрив і при безпосередніх викидах різних речовин в стратосферу під час польотів свержвисотних літаків [3].

Середня швидкість руйнування озону (за рахунок фотодиссоціації і інших природних процесів) становить $6,6 \cdot 10^{10}$ молекул / (см²с). Антропогенний вплив на озоновий шар представляється реальним і небезпечним, хоча виявити антропогенні ефекти на тлі великої природної мінливості концентрацій озону не просто.

Природні коливання вмісту озону викликані циклічними змінами активності Сонця і викидами вулканічних газів при виверженнях. Те, що відбулося за останнє десятиліття - зниження вмісту озону на 5% пов'язане майже цілком із забрудненням атмосферного повітря викидами промисловості та транспорту. Невеликий внесок в це внесло виверження вулкана Ель-Чічон в 1981 році, але зниження вмісту озону з тих пір продовжується. За цей час вміст хлору в атмосфері збільшилася в 6 разів, досягнувши до 1985 р 6 тисяч тонн, причому майже весь цей хлор має антропогенне походження.

Деяке збільшення концентрації озону в нижніх шарах обумовлено посиленням ультрафіолетової радіації внаслідок руйнування озонового шару у верхній частині стратосфери. Збільшення концентрації озону під шаром інжекції N_0 частково компенсує руйнування озону в шарі інжекції, причому цей ефект проявляється тим сильніше, чим вище розташований шар інжекції. Важливо відзначити, що збереження частини озоносфери під нижньою межею хмари вибуху є принциповою при кінцевих оцінках біологічних ефектів на Землі, пов'язаних з практично повним руйнуванням озоносфери.

Серед компонентів атмосфери, пов'язаних з проблемою клімату, озон займає особливе місце в зв'язку з його визначальною роллю в поглинанні сонячного випромінювання в короткохвильовій частині ультрафіолетової області. Добре відомо, що озонова оболонка атмосфери Землі забезпечує практично повне поглинання цього випромінювання, згубного для всього живого на Землі, хоча її товщина, якщо зібрати всі молекули озона, що містяться в вертикальному стовпі атмосфери в її приземному шарі, складе всього кілька міліметрів [34].

Виміряні з супутника «Німбус-7» розподілу озону для березня 1979 р. виявилися більше модельних на 10-20% біля рівня 30 км і на 30% на рівні 50 км. Додаткові порушені стану атомарного кисню як можливі причини цієї розбіжності. Така зміна величин I покращує і згоду розрахункових і вимірюваних концентрацій NO_2 , і не тільки на 30° ш. в березні 1979 р. але і в південній півкулі в грудні 1978 року, хоча в цей місяць на рівні 37 км. і в південній півкулі модельні концентрації озону залишаються на 10 - 20% менше виміряних [1].

Таким чином, всі моделі загальної циркуляції, прикладені до вивчення транспорту озону, представляють останній в помірних і високих широтах у вигляді суми декількох доданків, що залежать від широти і висоти функцій різних до того ж влітку й узимку. Але незважаючи на це, вченим не вдалося отримати теоретично ту область підвищених концентрацій озону у верхній стратосфері над тропічною зоною, яка завжди виявляється на висотах 25 - 30 км. і яка настільки істотна для розуміння процесів утворення і руйнування озону в земній атмосфері.

Таким чином реалізується цикл реакцій, що приводить до багаторазової дії одного атома хлору на озон. Перебуваючи в стратосфері один атом хлору може знищити до 1000 молекул озону, перш ніж зникне зі стратосфери. Зникнути хлор може у вигляді соляної кислоти HCl .

Для збереження озонового поясу Землі існують як пасивні методи (зменшення викидів в атмосферу фреонів, заміна їх екологічно безпечними речовинами), так і активні. У США і Росії розпочали роботи з активних методів, які засновані на складних фізико - хімічних процесах, які сприяють або зменшенню швидкості руйнування озону в стратосфері, або його утворенню. Це хімічний вплив на стратосферу в районі "озонової діри" в Антарктиді із застосуванням етану і пропану, які будуть пов'язувати атомарний хлор, що руйнує озон, в пасивний хлористий водень. І, нарешті, найсучасніші методи за допомогою електромагнітного випромінювання, електричних розрядів, лазерного випромінювання, які в результаті

фотодисоціації кисню будуть сприяти утворенню озону (Старий, Фаворський і ін., 1993). Все це в кінцевому рахунку дає можливість знищити "озонові діри" в приполярних просторах і зберегти озоновий екран, а значить і земну цивілізацію [4].

7 ВПЛИВ РЕАКТИВНОЇ АВІАЦІЇ НА ОЗОНОВИЙ ШАР

Інтенсивне освоєння космосу може привести до вельми відчутним впливам на навколосемну середу. Перш за все це стосується транспортних космічних систем (ракет носіїв і космічних буксирів) обсяг операцій яких продовжує рости і розширюватися. Реалізований в даний час світовий вантажопотік в космос вимагає щорічно близько 100 - 120 пусків ракет носіїв різної вантажопідйомності. У перспективі при вирішенні нових завдань можливо його збільшення в кілька разів. Масові пуски ракет-носіїв, супроводжуються викидом великої кількості продуктів згоряння, будуть впливати на атмосферу Землі. Необхідна оцінка рівня такого впливу, щоб уникнути в майбутньому небажаних наслідків.

В стратосфері на висотах 15 - 50 км. стан газового складу практично незмінний, тому будь-яке забруднення цих шарів буде носити довгостроковий характер. На цих висотах, як вже зазначалося, важливу екологічну роль відіграє озоновий шар, який утворюється шляхом фотодисоціації кисню і подальшої взаємодії його атомів з молекулами. Джерелом руйнування озону служать каталітичні реакції. Вміст озону в атмосфері дуже неоднорідний внаслідок різних швидкостей озонотворюючих і озоноруйнуючих реакцій на рівних висотах [32].

Зокрема, на озоновий шар впливають продукти згоряння РН. Вони не співмірні за своєю масою з промисловими забрудненнями, але на відміну від них викидаються ракетами-носіями в широкому діапазоні висот атмосфери. І практично при польоті будь якого ракетного носія в озоновому шарі виникає «вікно», яке з часом затягується. Еволюція сліду РН відбувається під впливом атмосферної циркуляції і хімічних реакцій між продуктами згоряння і повітрям. Кількісно оцінити зміни в озоновому шарі під впливом ракетних викидів можна за допомогою розроблених фотохімічних моделей

Викиди, т.	Склад продуктів згорання						
	H ₂ O	CO	CO ₂	H ₂	N ₂	HCl	Al ₂ O ₃
РН							
Зенит	115	98	186	2			
Атлас- Центавр	51	23,5	45	0,9			
Аріан-4	83	99	68	1,4	94	7,8	10,7
Енергія	1084	340	649	27			
Шаттл	727	326	13	52	88	225	310

Табл. 1 - Склад і кількість викидів продуктів згорання в атмосферу при пусків різних ракет - носіїв (РН)

Динаміка руйнування озонового шару при одиночному пуску РН «Енергія» протікає в такий спосіб. У сліді ракети діаметром кілька сотень метрів озон руйнується повністю на всіх висотах практично миттєво. Під впливом макротурбулентної дифузії викинуті речовини перемішуються в стовпі діаметром кілька кілометрів за кілька годин. Вміст озону в цьому стовпі на висотах 16 - 24 км зменшується на 15 - 20% через 2 год., а потім відбувається поступове затягування утвореного «тунелю». Хмара ракетних викидів в стратосфері через тиждень досягає розміру декількох сотень кілометрів. Максимальна руйнування озону в хмарі відбувається на висотах 24 - 30 км. приблизно через 24 дні після старту. Одночасно в тропосфері і верхній стратосфері відбувається утворення озону. З урахуванням позитивного ефекту загальний вміст озону в районі пуску РН «Енергія» (в межах вертикального стовпа діаметром 550 км.) знизиться через 24 дні на

1,7% або в масовому відношенні зменшиться на 27 тис. т. Для порівняння при пуску носія « Шаттл » - на 2% або 32 тис. т.

При щомісячних пусках РН «Енергія» протягом необмеженого часу склад атмосфери під дією циркуляції повітряних мас переходить в новий рівноважний стан через 11 років. Найбільший дефіцит озону в атмосфері (0,4 - 0,6%) відзначається на північ від 40 ° с. ш. [33].

Ґрунти космодрому забруднені солями важких металів (хром, нікель, марганець, цинк) і органічними сполуками (нафтопродукти, етиленгліколь). Бруд з ґрунтового шару перетворюється в пил і потрапляє у водойми, діючи негативно на рослинність, риб, інших мешканців, накопичуючись в донних відкладеннях. При запуску ракети відпрацьовані гази отруюють біосферу, проходження ракети в атмосфері впливає на її склад і рух, повернення ракети створює загрозу живим істотам. Космос все більше засмічується космічним металобрухтом. [19].

8 АЕРОЗОЛІ

Аерозоль - тверді і рідкі дрібні частки, зважені в повітрі, різноманітного складу, форми, розмірів і властивостей: водяні краплі і крижані кристали хмар, пил, піднятий з поверхні Землі і викинутий вулканами, метеоритний пил, частинки солей морської води, частки, що виникають в наслідок виробничої діяльності людини, і т. д. Швидкість їх осідання мала, а поверхня велика, що є, зокрема, причиною їх активної участі в хімічних і фотохімічних реакціях.

Аерозольні частинки грають істотну роль в перенесенні сонячного і теплового випромінювань, впливаючи на радіаційний режим системи “атмосфера-земна поверхня”, а отже, на погоду і клімат Землі.

Особливо важливе роль аерозолів в поглинанні і розсіянні сонячного випромінювання. Велика роль аерозолів також в процесах хмароутворення, виникнення туманів і т. д. Де вони виступають як ядра конденсації, на яких починається конденсація водяної пари. Без аерозолів цей процес був би складним, тому наявність на Землі хмар і опадів безпосередньо пов'язано з присутністю в атмосфері аерозолів.

Класифікація. Атмосферний аерозоль в залежності від його складу або джерел підрозділяють на:

1. Аерозоль природного походження:

а) продукти випаровування морських крепель - частинки солі;

б) піднятий в атмосферу вітром мінеральний пил;

в) вулканічний аерозоль, як безпосередньо викинутий в атмосферу (попіл), що утворився за рахунок газофазних реакцій (сірчаноокислотні частинки);

г) частинки біогенного походження, як безпосередньо викинуті в атмосферу, та ті що утворилися в результаті конденсації летких органічних сполук і хімічних реакцій між цими сполуками;

д) продукти природних газофазних реакцій (наприклад, сульфати, що виникають за рахунок SO_2).

2. Аерозоль антропогенного походження:

а) промислові викиди частинок (сажа, дим, дорожній пил і т. д.);

б) продукти сільськогосподарської діяльності (наприклад, пил, що піднімається при оранці);

в) продукти газофазних реакції;

Атмосферний аерозоль також поділяють на тропосферний і стратосферний (за ознакою знаходження у відповідному шарі атмосфери), а також на первинний – потрапляє в атмосферу безпосередньо, і вторинний - утворюється в ній в результаті хімічних реакцій.

Розміри. Реальний атмосферний аерозоль є полідисперсним, тобто, він складається з частинок різних розмірів. Форма цих частинок може бути різноманітною. Діапазон розмірів аерозольних часток дуже широкий - від частинок, розміром менше ніж 10-4 мкм. до більш ніж 102 мкм. Їх нижня межа визначається розмірами молекулярних комплексів, а верхній - швидкістю гравітаційного осідання частинок в полі сили тяжіння. Різні метеорологічні явища і процеси пов'язані з різними інтервалами діапазонів розмірів аерозольних часток. Так, наприклад, частинки з радіусами $r < 0.1$ мкм (так звані «частки Айткена») істотно впливають на електричні характеристики атмосфери.

Частинки з $0.1 < r < 1.0$ мкм роблять значний вплив на перенесення короткохвильового і інфрачервоного випромінювання, формування хмар та опадів, хімічний склад атмосфери. При цьому аерозолі з областю розмірів $0.1 < r < 1.0$ мкм. мають найбільший вплив на перенесення короткохвильового випромінювання.

Спектр поглинання озону:

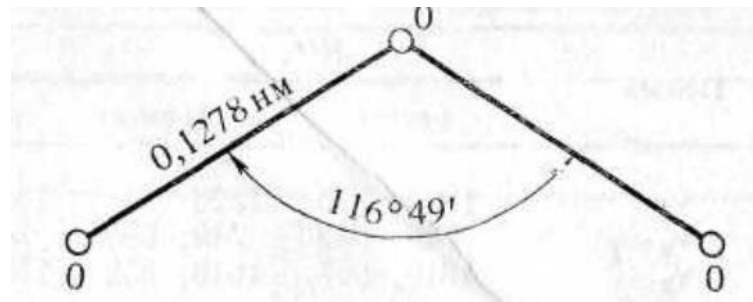


Рисунок 6 - Структура молекули озону

Електронні переходи в молекулі створюють смуги Хартлі і Хюггенса, розташовані в ультрафіолетовій області спектра (довжини хвиль коротше 340 нм), і смуги Шапюї в районі 450 - 740 нм. Максимальне значення коефіцієнтів поглинання в смугах Шапюї обумовлює ослаблення сонячної радіації приблизно на 7% при атмосферній масі, рівної 2 (зенітний кут 60°).

Всі три основні коливально-обертальні смуги молекули O_3 активні в поглинанні і розташовані в інфрачервоній області спектра. Смуга ν_1 перекривається з смугою ν_3 чим спричиняється сильна взаємодія між відповідними рівнями енергії. За інтенсивністю смуга ν_1 значно слабкіше смуги ν_3 . Смуга ν_2 перекривається з центральною частиною сильної смуги поглинання CO_2 з центром близько 15 мкм. Обертони і складові частоти коливань створюють сукупності коливально - обертальних смуг, які, групуючи, утворюють складні смуги поглинання з центрами близько 5,75; 4,75; 3,95; 3,26; 2,7 мкм. Ширина кожної з цих смуг дорівнює приблизно 0,1 мкм. Найбільш інтенсивної з них є смуга 4,75 мкм [29].

При розгляді питання про поглинання сонячної радіації атмосферним озonom береться до уваги тільки поглинання смуги 9,6 мкм., розташованої в центрі довгохвильового вікна прозорості атмосфери 8 - 13 мкм. Її центральна частина шириною близько 1 мкм в вертикальному стовпі атмосфери поглинає приблизно половину сонячного випромінювання. При кількісній оцінці

поглинання лазерного випромінювання в атмосфері може виявитися необхідним урахування поглинання будь-якої з смуг O_3 , якщо їх лінії виявляться в районі спектра випромінювання лазера. Всі смуги поглинання озону надзвичайно багаті лініями.

Інтенсивний чисто обертальний спектр поглинання O_3 розташований в мікрохвильовій області спектру [28].

9 ВЗАЄМОДІЯ γ -ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕЧОВИНОЮ

Закон ослаблення паралельного моноенергетичного пучка γ - квантів в плоскій мішені.

Нехай на поверхню плоскої мішені перпендикулярно до неї падає потік γ - квантів I_0 . Ослаблення пучка в речовині викликається поглинанням і розсіюванням γ - квантів. Розсіяний γ - квант втрачає частину своєї енергії при зіткненні з електронами і змінює напрямок свого поширення. На відстані x від зовнішньої поверхні потік γ - квантів послаблюється до величини $I(x)$. У тонкому шарі мішені товщиною dx з потоку виводиться dI γ - квантів. Величина dI пропорційна потоку $I(x)$ на поверхні шару і товщині шару dx .

$$dI = -\mu * I dx$$

Знак мінус у правій частині рівняння показує, що в шарі потік зменшується на dI γ - квантів [23].

Рівняння у вигляді:

$$\mu = -\frac{dI}{I dx}$$

Коефіцієнт пропорційності μ називають повним лінійним коефіцієнтом ослаблення. Він має розмірність см^{-1} і чисельно дорівнює частці моноенергетичних γ - квантів, які вибувають з паралельного пучка на одиниці шляху випромінювання в речовині. Повний лінійний коефіцієнт ослаблення залежить від щільності, порядкового номера речовини, а також від енергії γ - квантів.

$$\ln \frac{I(x)}{I_0} = -\mu x$$

Після потенціювання одержимо закон ослаблення паралельного

моноенергетичного пучка γ - квантів в речовині:

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

Описує ослаблення інтенсивності (I) падаючого пучка фотонів в залежності від товщини шару речовини. Тут $\mu = \tau + \varepsilon + \chi$ і τ - лінійний коефіцієнт ослаблення в разі фотоефекту, ε -лінійний коефіцієнт ослаблення для Комптон-ефекту, χ - лінійний коефіцієнт ослаблення в випадку ефекту утворення пар. Чисельні значення τ , σ і χ табульовані: величину μ_γ іноді називають повним коефіцієнтом ослаблення γ -випромінювання пар.

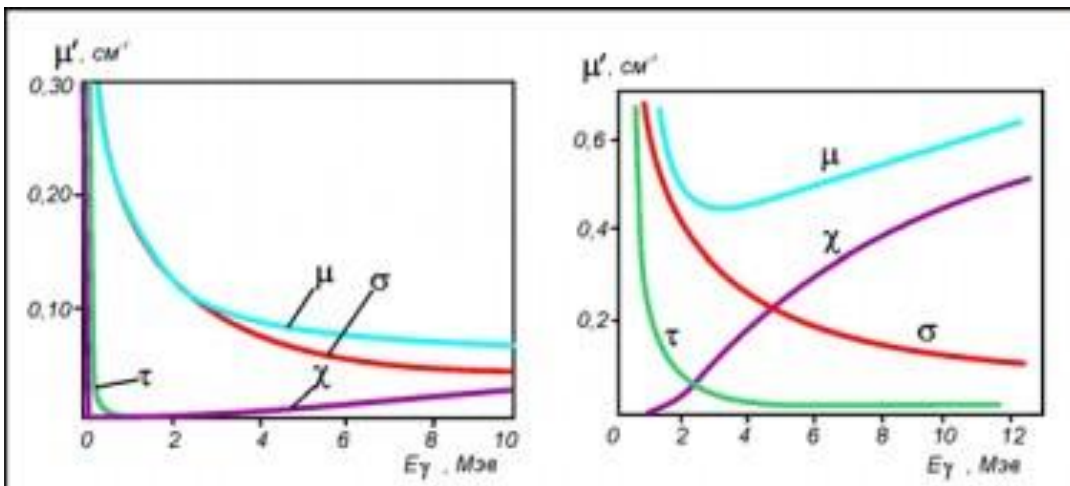


Рисунок 7.1 - Залежність коефіцієнта ослаблення γ - випромінювання для алюмінію (ліворуч) і свинцю (праворуч) від енергії γ - променів.

Лінійний коефіцієнт фотопоглинання можна записати у вигляді:

$$\tau = \tau_e + \tau_s$$

де τ_e - характеризує частину коефіцієнта поглинання, що приводить до перетворення первинної енергії фотона в кінетичну енергію електрона. τ_s - характеризує перетворення енергії первинних фотонів в енергію характеристичного випромінювання.

Лінійний коефіцієнт фотоелектричного поглинання пропорційний відношенню:

$$\tau = Z^5 / E_\gamma^{3.5}$$

Величина τ різко зменшується з ростом енергії і при $E_\gamma > 10$ MeV фотоелектрони практично не утворюються.

У разі ефекту Комптона, частина енергії γ -кванта перетворюється в кінетичну енергію електронів віддачі, а частина енергії забирає розсіяний фотон. Аналогічно фотоэффекту лінійний коефіцієнт комптонівського взаємодії можна представити у вигляді:

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_s$$

де ε_e і ε_s мають таке ж значення, що τ_e і τ_s в разі фотоэффекту. Імовірність розсіювання γ -квантів в разі ефекту Комптона залежить від щільності атомних електронів $n_e - Z$. Лінійний коефіцієнт комптонівського розсіювання $\varepsilon - Z / E_\gamma$. Тому зі збільшенням енергії число розсіяних γ -квантів зменшується.

У разі важких ядер Комптон-ефект починає переважати над фотоэффектом в області енергій $E_\gamma > \text{Мев}$. Комптон-ефект слабший залежить від енергії E_γ в порівнянні з фотоэффектом. Тому їм можна знехтувати лише в області енергій $E_\gamma > 10\text{Мев}$, де стає істотним ефект утворення електрон-позитронної пари. В разі ефекту утворення електрон-позитронної пари енергія первинного фотона перетворюється в кінетичну енергію електрона і позитрона і в енергію анігіляційного випромінювання.

На малюнку 7.1 показана залежність лінійних коефіцієнтів ослаблення γ -квантів від їх енергії для свинцю і алюмінію. Показані області енергії γ -квантів, в яких переважає той чи інший процес поглинання фотонів. У точках лівої кривої Комптон ефект дорівнює фотоэффекту, в точках правої кривої Комптон ефект дорівнює ефекту утворення пар. Таким чином, фотоелектричне поглинання виявляється основним процесом зменшення інтенсивності γ -випромінювання в важких елементах при малій енергії γ -квантів. При проходженні γ -променів як низьких, так і високих енергій через легкі речовини основним видом взаємодії буде комптонівське розсіювання. Коефіцієнт ослаблення пар становить значну частку в сумарному коефіцієнті

ослаблення для жорсткого γ -випромінювання і важких поглинаючих речовин.

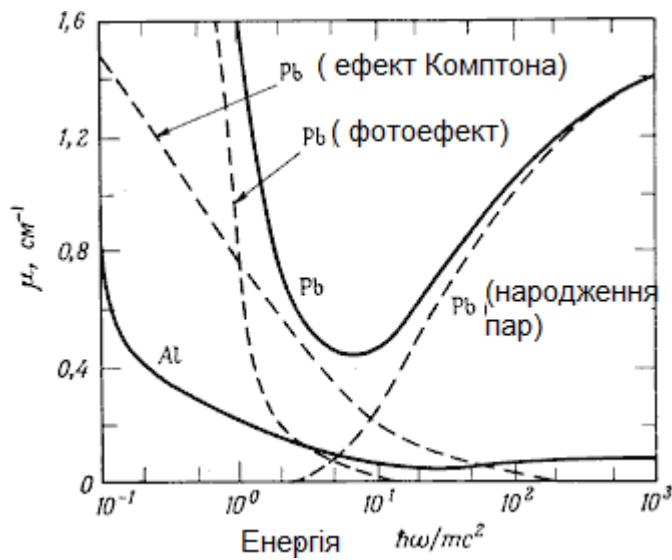


Рисунок 7.2 - Залежність лінійних коефіцієнтів ослаблення γ -квантів від їх енергії для свинцю (для порівняння дана сумарна крива алюмінію - практично повна відсутність ефекту утворення пар).

У свинці повний лінійний коефіцієнт ослаблення зі збільшенням енергії спочатку зменшується приймаючи мінімальне значення при енергії MeV, а потім збільшується. Такий хід кривої пояснюється тим, що при низьких енергіях залежність $\mu(E_\gamma)$ обумовлюється фотоефектом і комптон - ефектом, а вже при енергіях більше 3 MeV, в коефіцієнт μ основний внесок дає ефект утворення пар. Свинець найбільш прозорий для γ -квантів з енергією близько 3 MeV. Взаємодія випромінювання з речовиною закінчується в одних ефектах поглинання γ -квантів (фотоефект, утворення пар), в інших розсіюванням (комптон - ефект). Тому повний лінійний коефіцієнт часто поділяють на дві складові:

$$\mu = \mu_e + \mu_s,$$

де $\mu_e = \tau + \chi$, $\mu_s = \varepsilon$ - лінійний коефіцієнт розсіювання.

Коефіцієнт μ_e називають коефіцієнтом істинного поглинання або коефіцієнтом електронного перетворення. Він визначає частку енергії γ -випромінювання, передану електронам і позитронам в шарі речовини.

Значення μ і μ_e в різних середовищах дані в Табл. 2 μ_s – лінійний коефіцієнт розсіювання, він визначає частку енергії γ -випромінювання, перетворену в енергію вторинного γ -випромінювання. Використовуючи лінійний коефіцієнт поглинання, легко розрахувати енергію випромінювання E_e , поглинену в одиниці об'єму речовини. Якщо потік моноенергетичних γ - квантів з енергією E_γ дорівнює Φ , то:

$$E_e = \mu_e * \Phi E_\gamma$$

Якщо точкове джерело γ -випромінювання поміщений в речовину, то на ослаблення щільності потоку моноенергетичних γ -квантів впливає і взаємодія з речовиною і збільшення відстані:

$$I(R) = \exp(-\mu R) I_0 / 4\pi R^2$$

Проникаючу здатність γ -променів характеризують товщиною шару половинного ослаблення $d_{1/2}$ або пов'язаної з нею величиною коефіцієнта ослаблення: $d_{1/2} = 0,693/\mu_\gamma$.

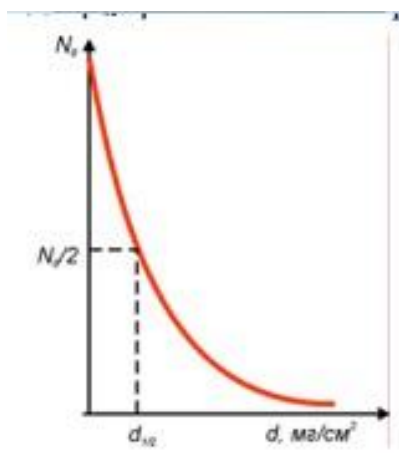


Рисунок 7.3 - Крива ослаблення γ - випромінювання в речовині

Табл. 2. Лінійні коефіцієнти передачі μ_s і лінійні коефіцієнти ослаблення μ , в різних середовищах, см^{-1}

Енергія γ - квантів, МеВ	Алюміній		Свинець	
	μ_s	μ	μ_s	μ
0,1	0,1002	0,444	24,494	60,0
0,2	0,0742	0,323	6,645	11,8
0,5	0,0775	0,228	1,022	1,72
1.0	0,0726	0,166	0,435	0,790
2.0	0,0613	0,117	0,218	0,510
5.0	0,0486	0,075	0,308	0,490
10.0	0,0451	0,062	0,372	0,60

Величина μ залежить від щільності ρ , заряду ядер речовини Z і енергії γ -квантів E_γ .

10 ВПЛИВ КОРОТКОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Невелика кількість ультрафіолетового випромінювання корисно і необхідно для вироблення вітаміну D. Ультрафіолетове випромінювання також використовується для лікування деяких хвороб, в їх числі рахіт, псоріаз і екзема. Лікування проводиться під медичним наглядом, беручи до уваги користь лікування і ризик від впливу ультрафіолетового випромінювання. Однак тривалий вплив ультрафіолетового випромінювання на людину може привести до гострих і хронічних уражень шкіри, очей і імунної системи. Частою помилкою є те, що тільки світлошкіре населення повинно бути стурбоване надмірним "перебуванням на сонці". Більш темна шкіра має більший вміст захисного пігменту меланіну. У людей з такою шкірою спостерігається менший відсоток розвитку раку шкіри. Однак рак шкіри діагностується і у цієї групи населення, але часто на більш пізній і більш небезпечній стадії. Ризик пошкодження очей і імунної системи ультрафіолетовим випромінюванням не залежить від типу шкіри.

Найбільш відомими гострими ураженнями в результаті надмірного впливу ультрафіолетового випромінювання є сонячні опіки і загар, при тривалому впливі ультрафіолетове випромінювання викликає дегенеративні зміни в клітинах і кровоносних судинах, що призводить до передчасного старіння шкіри. Ультрафіолетове випромінювання може також викликати гостре ураження очей.

Хронічні ураження включають рак шкіри і катаракту.

Щорічно відзначається 2-3 мільйони випадків захворювання незлоякісним раком шкіри і 132000 випадки захворювання на меланому шкіри. Незлоякісний рак шкіри може бути видалений хірургічним шляхом і рідко призводить до летального результату, злоякісна меланома є одним з показників причин смертності світлошкірого населення.

Щорічно приблизно 12 - 15 мільйонів чоловік сліпнуть через катаракту.

Відповідно до проведених досліджень до 20% випадків сліпоти можуть бути викликані або посилені впливом сонця, особливо в Індії, Пакистані та інших країнах, близьких до екватора.

Також існує припущення, що ультрафіолетове випромінювання може збільшувати ризик інфекційних хвороб і обмежувати ефективність вакцинацій.

Вплив виснаження озонового шару на здоров'я

Виснаження озонового шару, ймовірно, посилить несприятливі наслідки ультрафіолетового випромінювання, так як стратосферний озон є його ефективним поглиначем.

Зі зменшенням озонового шару захисний фільтр, що представляється атмосферою, зменшується. Відповідно, населення і навколишнє середовище піддаються більш високого ступеня ультрафіолетового випромінювання, особливо випромінювання UVB, яке оказує великий вплив на здоров'я людей, тварин, морські організми і життя рослин.

Обчислювальні моделі передбачають, що зменшення стратосферного озону на 10% може викликати додаткові 300 000 незлоякісних, 4500 злоякісних захворювань на рак шкіри і 1,6 - 1,75 мільйонів випадків захворювання на катаракту щорічно.

11 ЗАКОНОДАВСТВО УКРАЇНИ ПРО ОЗОНОРУЙНІВНІ РЕЧОВИНИ

Цей Закон регулює правовідносини щодо виробництва, імпорту, експорту, розміщення на ринку та поводження з озоноруйнівними речовинами, фторованими парниковими газами та товарами, що їх містять або можуть містити, використання яких впливає на озоновий шар та на рівень глобального потепління.

Законодавство у сфері озоноруйнівних речовин:

1. Відносини, що виникають у сфері охорони озонового шару, регулюються законами України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про відходи», «Про охорону атмосферного повітря», цим Законом, іншими актами законодавства, а також міжнародними договорами України, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України.
2. Дія цього Закону поширюється на фізичних осіб, фізичних осіб-підприємців та юридичних осіб, які провадять діяльність, пов'язану з виробництвом, поводженням з контрольованими речовинами, імпортом, експортом, розміщенням на ринку, використанням контрольованих речовин, або товарів, що їх містять.

Знешкодження контрольованих речовин

1. Знешкодження контрольованих речовин здійснюється виключно за допомогою технологій, перелік та порядок використання яких встановлюється центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки.
2. Вилучення з експлуатації, демонтування та знищення товарів і обладнання, які містять контрольовані речовини, здійснюється тільки після рекуперації та передачі контрольованих речовин для рециклінгу, регенерації або знешкодження [21].

ВИСНОВКИ

У роботі зроблений огляд стану озонового шару Землі. Цю тему відносять до глобальних проблем людства, так як саме завдяки озону знижується шкідливий вплив короткохвильового випромінювання на живі організми.

Викладені результати показують, що реєструється все більше озонових дір, з року в рік падає кількісний вміст озону в атмосфері, що веде до збільшення статистики захворювань на рак шкіри і катарактою. Можливості впливу людини на природу постійно ростуть і вже досягли такого рівня, коли можливо нанести біосфері непоправний збиток.

В даний час триває руйнування озонового шару, фіксоване приладами по всій земній кулі, проте темпи його руйнування дещо знизилися з 1962 р. Причини руйнування озонового шару мають природну (супервулкани та ін.) і штучну (авіатехніка, оксиди азоту, хлорфторвуглеродні з'єднання і ін.) природу.

В роботі наведені результати взаємодії гамма-випромінювання зі структурованими конгломератами домішок, які утворюються внаслідок запусків ракет. Зокрема показані залежності ослаблення гамма-випромінювання в разі фотоефекту, Комптон-ефекту, і у випадку ефекту утворення пар для свинцю та алюмінію. При проходженні γ -променів як низьких, так і високих енергій через алюміній, основним видом взаємодії буде комптонівське розсіювання.

Як в роботі зазначено, такі конгломерати домішок, як алюміній, свинець, зменшують гамма - випромінювання, що надходить до стратосфери. Таким чином, відбувається так зване «блокування сонячної радіації». Воно перешкоджає надходженні до землі потрібного сонячного світла для рослинності. Наприклад, дерева засихають по всьому світу в основному не тому, що не вистачає води, а тому що підвищений рівень алюмінію у воді та повітрі не дає їм можливості всмоктувати з ґрунту необхідні речовини. Через

блокування сонячних променів підвищується вогкість, а разом в ній множаться паразитичні гриби, цвіль і віруси.

Також зазначено, що у захисті озонowego шару відіграють визначальну роль міжнародні угоди, такі як Монреальський протокол, «План дій щодо озонowego шару», «Конвенція про охорону озонowego шару».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Александров, Е. Л., Израель, Ю.А. Озон. Озоновый щит Земли и його зміни / Е.Л. Александров, Ю.А. Израель, І. Л. Кароль, А.Х. Хріган. - СПб. : Гідрометіздат, 1992. - 278 с.
2. Бланк, Т.В., Гольдберг, Ю.А. Напівпровідникові фотоелектропреоутворювачі для ультрафіолетової області спектра [Електронний ресурс] / Т.В. Бланк, Ю.А. Гольдберг // Фізика і техніка напівпровідників. - 2003. - № 9. - URL:
3. Леенсон, І. Озон [Електронний ресурс] / Ілля Леенсон // Енциклопедія Кругосвет. - URL: <http://www.krugosvet.ru/enc/khimiya/ozon?page=0,2>.
4. Рязанцева А. В., Лукашина Г.В. Глобальна зміна клімату: Навчально-методичний посібник. - М. : МГІУ, 2008. -76 с.
5. Сивороткін, В. Теоретична діра в Монреальському протоколі [Електронний ресурс] / В. Сивороткін // Навколо світу. - 2007. - 6 верес. - URL: <http://www.vokrugsveta.ru/telegraph/theory/418/>.
6. Фелленберг Г. Забруднення природного середовища. Введення в екологічну хімію: Пер. з нім. - М. : Світ, 1997. - 232 с., Іл.
7. Юшков, В.А. Дослідження стану озонового шару в зимово-весняний період 2000 року з допомогою балонних вимірювань і наземних спостережень в Сибіру [Електронний ресурс] / В.А. Юшков, Х. Накане, Н.Д. Цветкова та ін. // Метеорологія та гідрологія. - 2002. - № 12. - URL: <http://vdor-2008.narod.ru/publ/2002/yushkov-MG-2002.pdf>.
8. Небел Б. Наука про навколишнє середовище: Як влаштований світ: У 2-х т. Т. 1 / Пер. з англ. - М. : Мир, 1993.

9. Порядок денний на 21 століття та інші документи конференції в Ріо-де-Жанейро / Укладач Майкл Кітінг. - Женева: Центр "За наше спільне майбутнє", 1993.
10. Ларін І. До Хімія озонового шару і життя на Землі // Хімія і життя, № 7, 2000 г.
11. Гуревич А. В. // УФН. 1980. Т. 132. С. 685.
12. Окабе Х. Фотохімія малих молекул.- М.: Мир, 1981.
13. Хрґіан А.Х. Фізика атмосфери. - М.: Видання Моск. Ун-ту, 1986.
14. Міляєв, В.А., Котельников С.Н. Отруйний озон. Нова екологічна загроза / В.А. Міляєв, С.Н. Котельников // 2008. - № 2 (75)'. - 3 52 - 57.
15. Глушаков, М.М. Звідки беруться озонові дірки / Глушаков М.М. // Екологія і життя. -2008. - № 12 (85)'. - 3 51.
16. Давиденко, І. В., Кеслер, Я. А. Ресурси цивілізації / І.В. Давиденко, Я.А. Кеслер. - М.: ЗАТ «Загальні дослідження»; Ексмо, 2005. - 544с., Мул.
17. Елдишев, Ю.Н. Парникові гази: ефекти і проекти / Ю.М. Єлдишев // Екологія і життя. - 2009. - № 9 (94)'. - 3 48.
18. Виснаження озонового шару [електронний ресурс] // 2008. - URL: <http://www.un.org/ru/development/progareas/global/ozon.shtml>.
19. Новиков, Ю.В. Екологія, довкілля та людей: Учеб. Посібник для вузів, середніх шкіл і коледжів / Ю.В. Новиков. - 2-е изд., Испр. і доп. - М.: ФАИР-ПРЕСС, 2003. - 560 с.
20. Снакін В. Екологія та охорона природи. Словник - довідник. - Під ред. академіка Яншина А.Л.- М.: Akademia. 2000.- 362-363.

21. Про озоноруйнівні речовини: Проект Закону України: від 17 січня 2017 р.// Відомості Верховної Ради України.- 2017р.-1,ст.1,3.
22. Гвишиани Д.М., Римський клуб. Історія створення, обрані доповіді та виступи, офіційні матеріали, М., 2011. -58с.
23. Андріанова І. С., Затовська А. О., 2008. Одеський державний екологічний університет: Фізичні принципи взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною(конспект лекцій). – Одеса,2008. - 42с.
24. Ю. О.Кутлахамедов та ін. Основи радіоекології. – К.: Вища шк., 2003.- 319 с.
25. Міцель А.А., Фірсов К.М., Фомін Б.А. Перенесення оптичного випромінювання в атмосфері. -Томськ, SST- 2001, 444 с.
26. Зуєв В.В. Лідарного контроль стратосфери. - Новосибірськ: 2004, 307с.
27. Зуєв В.Є., Креков Г.М. Оптичні моделі атмосфери. Л .: Гидрометеоиздат, 1986, 256 с.
28. Ю.М.Тімофеев, А.В. Васильєв Теоретичні основи атмосферної оптики. - С.-Пб .: Наука, 2003 474 с.
29. Атлас хмар. Під ред. Хргіана і Н.І. Новожилова. Л .: Гидрометеоиздат, 1978, 266 с.
30. Герасімов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекології (конспект лекцій). – Одеса: ОДЕКУ, 2003.-134 с.
31. Радіоекологія за галузями : Підручник / О. І. Герасімов; Одеськ. Держ. Екологічний ук-т. – Одеса: ТЕС,2016. – 100 с.

32. Бурлаков В. П., Еланский Н. Ф., Філін В. М. Вплив запусків ракет «Шаттл» і «Енергія» на озоновий шар // Вісник АН СРСР. - 1990. - № 12.
- 33.Новиков Л. С., Петров Н. Н. Романовський Ю. А. Екологічні аспекти космонавтики. - М.: Знання, 1986.