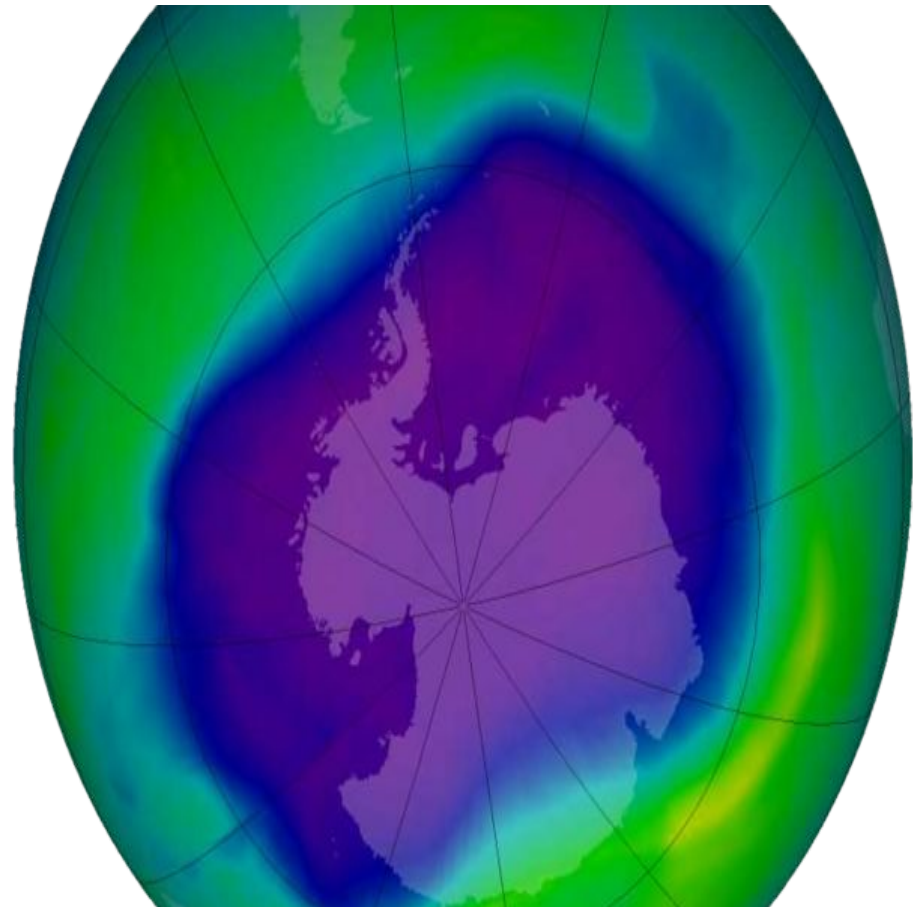


# Озонова діра





**Озонова діра** - локальне падіння концентрації озону в стратосфері на 10—40%. Пов'язано це з дією фреонів, зменшенням кількості кисню при запусках космічних кораблів та польотами реактивних літаків. Чітко виявляється при надмірно низьких температурах. Загальноприйнята в науковому середовищі теорія, за якою в другій половині XX століття вся зростаюча дія антропогенного чинника у вигляді виділення хлор- і бромвмісних фреонів (СFC) призвела до значного зменшення озонового шару. Згідно з іншою гіпотезою, процес утворення «озонових дір» значною мірою є природним і не пов'язаний винятково з шкідливою дією людської цивілізації.



**Озонова діра над Антарктидою 2006 рік.**

# Історія



ОЗОНОВА ДІРА ДІАМЕТРОМ ПОНАД 1 000 КМ ВПЕРШЕ БУЛА  
ВІДКРИТА 1985 РОКУ В ПІВДЕННІЙ ПІВКУЛІ  
НАД АНТАРКТИДОЮ ГРУПОЮ БРИТАНСЬКИХ ВЧЕНИХ. ВОНА  
З'ЯВЛЯЛАСЯ У СЕРПНІ І ДО ГРУДНЯ АБО СІЧНЯ ЗНИКАЛА. НАД  
ПІВНІЧНОЮ ПІВКУЛЕЮ В АРКТИЦІ УТВОРЮВАЛАСЯ ІНША  
ДІРА, ЗНАЧНО МЕНШИХ РОЗМІРІВ.

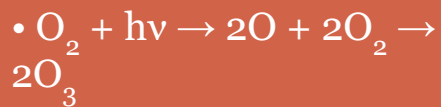
# Механізм утворення



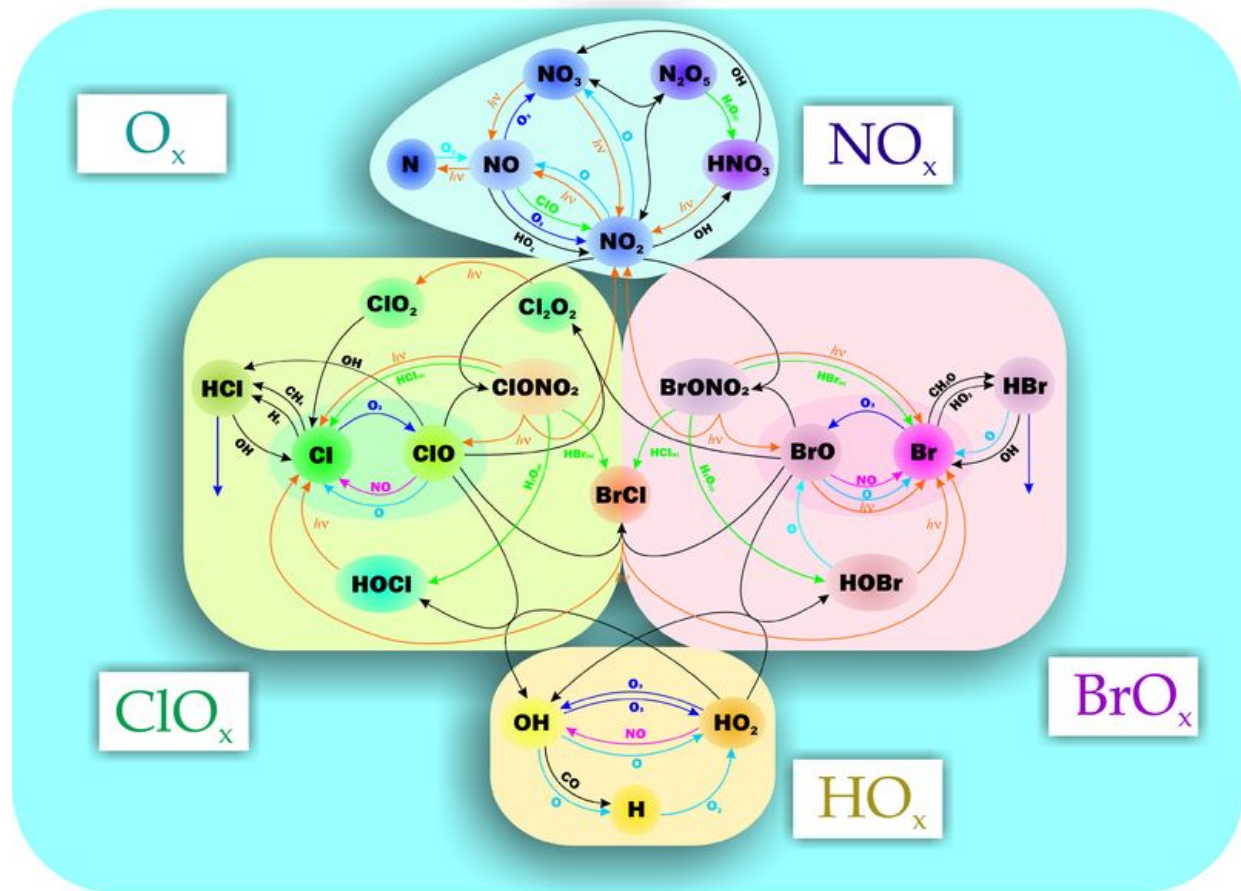
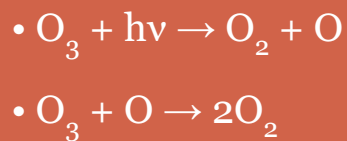
ОЗОН ВИТРАЧАЄТЬСЯ В РЕАКЦІЯХ ФОТОЛІЗУ І ВЗАЄМОДІЇ З АТОМАРНИМ КИСНЕМ: ДО ЗМЕНШЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОЗОНУ В АТМОСФЕРІ ВЕДЕ СУКУПНІСТЬ ЧИННИКІВ, ГОЛОВНИМ З ЯКИХ Є РУЙНУВАННЯ МОЛЕКУЛ ОЗОНУ В РЕАКЦІЯХ З РІЗНИМИ РЕЧОВИНАМИ АНТРОПОГЕННОГО І ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ, ВІДСУТНІСТЬ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРОТЯГОМ ПОЛЯРНОЇ ЗИМИ, ОСОБЛИВО СТІЙКИЙ ПОЛЯРНИЙ ВИХОР, ЯКИЙ ПЕРЕШКОДЖАЄ ПРОНИКНЕННЮ ОЗОНУ З ПРИПОЛЯРНИХ ШИРОТ, І УТВОРЕННЯ ПОЛЯРНИХ СТРАТОСФЕРНИХ ХМАР (ПСХ), ПОВЕРХНЮ ЧАСТИНОК ЯКОГО КАТАЛІЗУЮТЬ РЕАКЦІЇ РОЗПАДУ ОЗОНУ. ЦІ ЧИННИКИ ОСОБЛИВО ХАРАКТЕРНІ ДЛЯ АНТАРКТИКИ, В АРКТИЦІ ПОЛЯРНИЙ ВИХОР НАБАГАТО СЛАБШИЙ: ЧЕРЕЗ ВІДСУТНІСТЬ КОНТИНЕНТАЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ТЕМПЕРАТУРА НА ДЕКІЛЬКА ГРАДУСІВ ВИЩА, НІЖ В АНТАРКТИЦІ, А ПСХ МЕНШ ПОШИРЕНІ, ДО ТОГО Ж МАЮТЬ ТЕНДЕНЦІЮ ДО РОЗПАДУ НА ПОЧАТКУ ОСЕНІ. МОЛЕКУЛИ ОЗОНУ ( $O_3$ ) ХІМІЧНО ДУЖЕ АКТИВНІ І МОЖУТЬ РЕАГУВАТИ З БАГАТЬМА НЕОРГАНІЧНИМИ ТА ОРГАНІЧНИМИ СПОЛУКАМИ. ОСНОВНИМИ РЕЧОВИНАМИ, ЩО РУЙНУЮТЬ МОЛЕКУЛИ ОЗОНУ, Є:

ПРОСТІ РЕЧОВИНИ (ВОДЕНЬ ( $H_2$ ), АТОМИ КИСНЮ ( $O$ ), ХЛОРА ( $Cl$ ), БРОМУ ( $Br$ )),  
НЕОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ (ХЛОРОВОДЕНЬ ( $HCl$ ), МОНООКСИД АЗОТУ ( $NO$ )),  
ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ (МКТАН ( $CH_4$ ), ФТОРХЛОР- І ФТОРБРОМФРЕОНИ, ЯКІ ВИДІЛЯЮТЬ АТОМИ ( $Cl$ ) І ( $Br$ )).

Механізм синтезу, а також розпаду (фотоліз) озону, був запропонований Сіднеєм Чепманом 1930 року і названо його ім'ям. Реакції утворення озону:



Фотоліз молекулярного кисню відбувається в стратосфері під впливом ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі 175–200 нм і до 242 нм.



## Стратосферна хімія озону

# Хлорний цикл $\text{ClO}_x$



ХЛОРНИЙ ЦИКЛ Є РІЗНОВИДОМ ГАЛОГЕННОГО ЦИКЛУ.

- $\text{CFCl}_3 + \text{HN} \rightarrow \text{CFCl}_2 + \text{Cl}$
- $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$
- $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$

# Азотний цикл $\text{NO}_x$



ОКСИДИ АЗОТУ ГРАЮТЬ ВАЖЛИВУ РОЛЬ В РЕАКЦІЯХ РУЙНУВАННЯ ОЗОНУ В СЕРЕДНІЙ СТРАТОСФЕРІ. НЕ ЗВАЖАЮЧИ НА ТЕ, ЩО АЗОТУ В АТМОСФЕРІ БІЛЬШЕ, НІЖ БУДЬ-ЯКОГО ІНШОГО ГАЗУ, УТВОРЕННЯ ЙОГО ОКСИДІВ БЕЗПОСЕРЕДНЬО З МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТУ ЗАМАЛЕ, ОСКІЛЬКИ МОЛЕКУЛА  $\text{N}_2$  ДУЖЕ СТАБІЛЬНА, ФАКТИЧНО ІНЕРТНА. ДЛЯ ЇЇ РОЗПАДУ ПОТРІБНО БАГАТО ЕНЕРГІЇ, НАПРИКЛАД РОЗРЯД БЛИСКАВКИ АБО ДУЖЕ ЖОРСТОКЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, СОНЯЧНІ ПРОТОНИ АБО ГАЛАКТИЧНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. В СТРАТОСФЕРІ ЦЬОГО НЕМАЄ, ТОМУ ОСНОВНИМ ДЖЕРЕЛОМ ОКСИДІВ ОЗОТА ( $\text{NO}_x$ ) Є ЗАКІС АЗОТУ ( $\text{N}_2\text{O}$ ), ЯКИЙ УТВОРЮЄТЬСЯ НА ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ І В ОКЕАНАХ ГОЛОВНИМ ЧИНОМ РЕЗУЛЬТАТОМ ДІЯЛЬНОСТІ БАКТЕРІЙ. ЛЮДИНА ТЕЖ ВНОСИТЬ СВІЙ ВНЕСОК – ТРЕТИНА ВІД ВСЬОГО ЗАКІСУ АЗОТУ. ГОЛОВНОЮ РЕАКЦІЄЮ, ЗА ЯКОЮ  $\text{N}_2\text{O}$  ПЕРЕТВОРЮЄТЬСЯ В  $\text{NO}_x$  Є НАСТУПНА:



ВОНА МОЖЕ ПРОТІКАТИ ТІЛЬКИ ВДЕНЬ, ТІЛЬКИ ЗА НАЯВНОСТІ СОНЦЯ. ПОТІМ  $\text{NO}$  ВСТУПАЄ В РЕАКЦІЮ З ОЗОНОМ, ВОДНОЧАС РУЙНУЮЧИ ЙОГО, ЩО ПРИВОДИТЬ ДО УТВОРЕННЯ ІНШОГО ОКСИДУ АЗОТУ,  $\text{NO}_2$ :



ЦЯ РЕАКЦІЯ МОЖЕ ПРОТІКАТИ І ВНОЧІ, ТОМУ КОНЦЕНТРАЦІЯ ДВООКІСУ АЗОТУ РОСТЕ В ТЕМНИЙ ЧАС ДОБИ, ОСКІЛЬКИ ВДЕНЬ ВОНА ПЕРЕТВОРЮЄТЬСЯ НАЗАД ПО РЕАКЦІЯХ:



ТРЕТІЙ ОКСИД АЗОТУ, ВЖЕ З ТРЬОМА АТОМАМИ КИСНЮ В МОЛЕКУЛІ, ЯКИЙ ЗНОВУ ТАКИ РЕАГУЄ З ОЗОНОМ:



ВІН ПЕРЕТВОРЮЄТЬСЯ НАЗАД В  $\text{NO}$  І  $\text{NO}_2$  ЧЕРЕЗ ФОТОЛІЗ:



# Водневий цикл $\text{NO}_x$



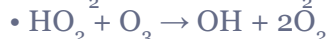
ІНШОЮ ВАЖЛИВОЮ РОДИНОЮ РЕЧОВИН, ЩО РУЙНУЮТЬ ОЗОН, Є ЗАМІСНИКИ  $\text{OH}^-$  І  $\text{NO}_2^{3+}$ , ОБ'ЄДНУВАНІ ЗАГАЛЬНОЮ ФОРМУЛОЮ  $\text{NO}_x$ . ЇХ МОЖНА РОЗГЛЯДАТИ ЯК ОКСИДИ ВОДНЮ. ПРОТЕ НА ВІДМІНУ ВІД ЗВИЧАЙНИХ ОКСИДІВ ВОНИ ДУЖЕ РЕАКЦІЙНОПОТЕНТНІ (НЕ МОЖУТЬ ІСНУВАТИ ЯК РЕЧОВИНА, ОСКІЛЬКИ ВОЛОДІЮТЬ НЕПОДІЛЕНОЮ ЕЛЕКТРОННОЮ ПАРОЮ, ТОБТО Є ЗАМІСНИКАМИ). ЯКЩО ДВА ТАКІ ЗАМІСНИКИ ЗУСТРІНУТЬСЯ РАЗОМ, ТО ВОНИ ПРОРЕАГУЮТЬ ОДИН З ОДНИМ, РЕКОМБІНУЮТЬ, УТВОРЮЮЧИ ЗОВСІМ ІНШУ РЕЧОВИНУ, НАПРИКЛАД ДВА  $\text{NO}^-$  ЗАМІСНИКИ ДАДУТЬ ПЕРЕКИС ВОДНЮ ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). ОСНОВНИМ ДЖЕРЕЛОМ УТВОРЕННЯ  $\text{NO}_x$  Є РЕАКЦІЯ ВОДЯНОЇ ПАРИ З СІНГЛЕТНИМ АТОМОМ КИСНЮ:



ЦЯ РЕАКЦІЯ ДУЖЕ СХОЖА НА РЕАКЦІЮ В ЯКІЙ ЗАКИС АЗОТУ  $\text{N}_2\text{O}$ , РЕАГУЮЧИ ТЕЖ З СІНГЛЕТНИМ КИСНЕМ ДАЄ ДВІ МОЛЕКУЛИ  $\text{NO}$ . ВАЖЛИВА РЕАКЦІЯ З МЕТАНОМ:



АНАЛОГІЧНІ РЕАКЦІЇ:

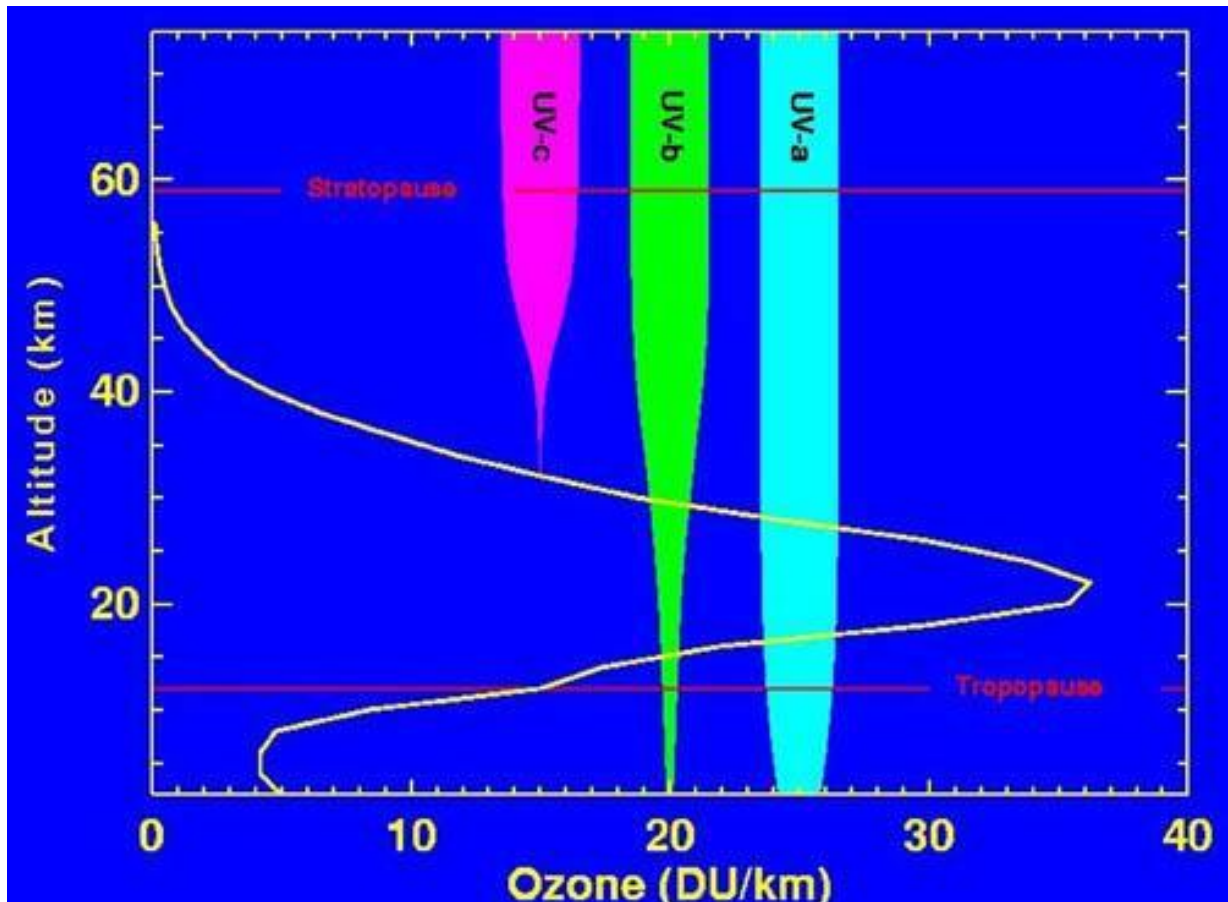


В НИХ ГИНУТЬ ДВІ МОЛЕКУЛИ ОЗОНУ І РЕГЕНЕРУЄТЬСЯ  $\text{OH}^-$  ЗАМІСНИК, ЦИКЛ ЗАМИКАЄТЬСЯ.  $\text{OH}^-$  ДАЛІ ЗНОВУ ВСТУПАЄ В РЕАКЦІЮ З ОЗОНОМ. ПОВНИЙ ХІМІЧНИЙ МЕХАНІЗМ СКЛАДАЄТЬСЯ З СОТЕНЬ РЕАКЦІЇ.



# Наслідки

Ослаблення озонового шару посилює потік сонячної радіації на землю і викликає у людей зростання числа ракових утворень шкіри. Також від підвищеного рівня випромінювання страждають рослини і тварини.



Затримка озоновим шаром ультрафіолетового випромінювання

# Відновлення



ХОЧА ЛЮДСТВОМ БУЛИ ВЖИТО ЗАХОДИ З ОБМЕЖЕННЮ ВИКИДІВ ХЛОР- І БРОМВМІСНИХ ФРЕОНІВ ШЛЯХОМ ПЕРЕХОДУ НА ІНШІ РЕЧОВИНИ, НАПРИКЛАД ФТОРВМІСНІ ФРЕОНИ(CFC), ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ОЗОНОВОГО ШАРУ ТРИВАТИМЕ ДЕКІЛЬКА ДЕСЯТИРІЧ. ПЕРШ ЗА ВСЕ ЦЕ ЗУМОВЛЕНО ВЕЛИЧЕЗНИМ ОБ'ЄМОМ ВЖЕ НАКОПИЧЕНИХ В АТМОСФЕРІ ФРЕОНІВ, ЯКІ МАЮТЬ ЧАС ЖИТТЯ ДЕСЯТКИ І НАВІТЬ СОТНІ РОКІВ. ТОМУ ЗАТЯГУВАННЯ ОЗОНОВОЇ ДІРИ НЕ ВАРТО ЧЕКАТИ РАНІШЕ 2048 РОКУ.

# Упередження стосовно озонової діри




ІСНУЄ ДЕКІЛЬКА ПОШИРЕНИХ МІФІВ СТОСОВНО  
УТВОРЕННЯ ОЗОНОВИХ ДІР. НЕЗВАЖАЮЧИ НА СВОЮ  
НЕНАУКОВІСТЬ, ВОНИ ПОЧАСТИ З'ЯВЛЯЮТЬСЯ В ЗМІ —  
ІНОДІ ЗАВДЯКИ НЕПОІНФОРМОВАНОСТІ, ІНОДІ  
ПІДТРИМУВАНІ ПРИХИЛЬНИКАМИ ТЕОРІЙ ЗМОВ.  
НИЖЧЕ ПЕРЕРАХОВАНО ДЕЯКІ З НИХ.

# Основними руйнівниками озону є фреони



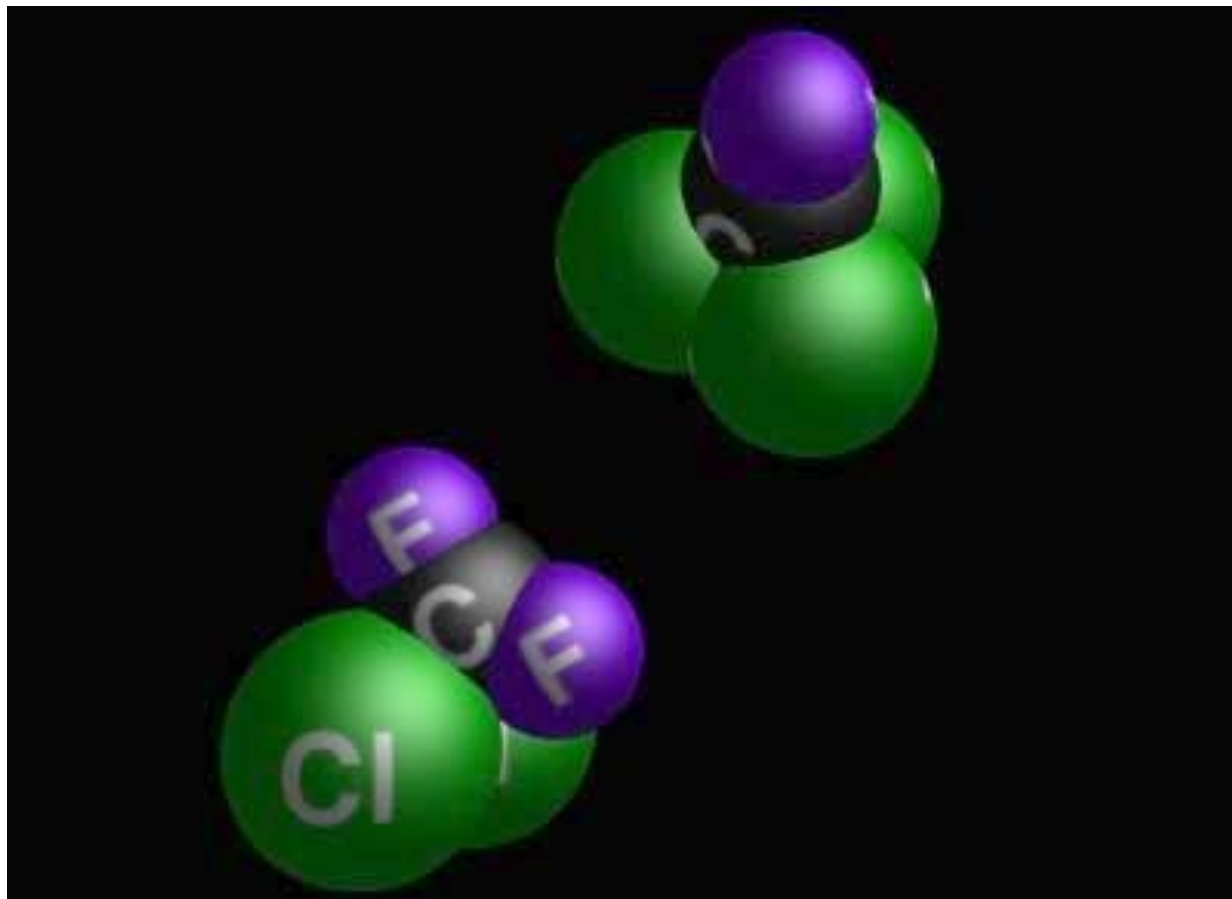
ЦЕ ТВЕРДЖЕННЯ СПРАВЕДЛИВЕ ДЛЯ СЕРЕДНІХ І ВИСОКИХ ШИРОТ. У ВИСОКИХ ШИРОТАХ (ДЕ ВИНИКАЮТЬ ОЗОНОВІ ДІРИ) ХЛОРНИЙ ЦИКЛ ВІДПОВІДАЛЬНИЙ ЛИШЕ ЗА 15—25% ВТРАТ ОЗОНУ В СТРАТОСФЕРІ. НЕОБХІДНО ВІДЗНАЧИТИ, ЩО 80% ХЛОРА (CL) МАЄ АНТРОПОГЕННЕ ПОХОДЖЕННЯ. ТОБТО ВТРУЧАННЯ ЛЮДИНИ ЗБІЛЬШУЄ ВНЕСОК ХЛОРНОГО ЦИКЛУ. У РАЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЇ ЩОДО ЗБІЛЬШЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ФРЕОНІВ, ЯКА БУЛА ДО ВСТУПУ В ДІЮ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ) (ЗРОСТАННЯ 10% НА РІК) 2050 РОКУ 30%—50% ЗАГАЛЬНИХ ВТРАТ ОЗОНУ ОБУМОВЛЮВАЛОСЬ БИ ДІЄЮ ФРЕОНІВ (СFC).



До втручання людини процеси утворення озону і його руйнування перебували в рівновазі. Але фреони, що викидаються при людській діяльності, зсунули цю рівновагу у бік зменшення концентрації озону. Що ж до полярних озонових дір, то тут ситуація абсолютно інша. Механізм руйнування озону в принципі відрізняється від низьких широт, ключовою стадією є перетворення неактивних форм галогеновмісних речовин в оксиди, яке протікає на поверхні частинок ПСХ. В результаті практично весь озон руйнується в реакціях з галогенами:

за 40—50%  
відповідальний хлор,

за 20—40% — бром.



Молекула фреона

# Перехід на озонозберігаючі технології економічно обгрунтований



РОСІЯ ВЗЯЛА НА СЕБЕ ВСІ ЗОБОВ'ЯЗАННЯ СРСР, І З 2000 РОКУ ВІДПОВІДНО ДО МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ В КРАЇНІ ПРИПИНЕНО ВИРОБНИЦТВО ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ РЕЧОВИН. ОСКІЛЬКИ ЧЕРЕЗ НИЗКУ ОБСТАВИН ЕКОНОМІЧНОГО, ПОЛІТИЧНОГО І ФІНАНСОВОГО ХАРАКТЕРУ РОСІЯ НЕ ВСТИГЛА РОЗРОБИТИ І УПРОВАДИТИ ВЛАСНІ АЛЬТЕРНАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЦЕ ПРИВЕЛО ДО ПРАКТИЧНО ПОВНОЇ ЛІКВІДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА АЕРОЗОЛІВ І ХОЛОДИЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ. ФАКТИЧНО, АЛЬЯНС DUPONT-ІСІ МОНОПОЛІЗУВАВ ВИРОБНИЦТВО УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ СИНТЕЗУ 1,1,1,2 - ТЕТРАФТОРЕТАНУ, ЯКИЙ В ПЕРІОД ПІДПИСАННЯ ПРОТОКОЛУ ВВАЖАВСЯ ЄДИНОЮ АЛЬТЕРНАТИВОЮ ОЗОНОРУЙНУЮЧИМ ХЛАДОНАМ. НА ЩАСТЯ, ВЕЛИКА ЧАСТИНА ПРОМИСЛОВИХ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК В РОСІЇ ПРАЦЮЄ НА АМІАКУ:

70% – ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОВОЧЕБАЗ,

60% – В М'ЯСНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ,

50% – В КОНДИТЕРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ,

80% – У ВИРОБНИЦТВІ ПИВА І НАПОЇВ.

АМІАК ХОЧА І Є ВИСОКОТОКСИЧНОЮ, ПОЖЕЖО- І ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОЮ РЕЧОВИНОЮ, АЛЕ НЕ ПРИЗВОДИТЬ ДО РУЙНУВАННЯ ОЗОНУ.

ПІСЛЯ ОПРИЛЮДНЕННЯ ДАНИХ ПРО УЧАСТЬ ФРЕОНІВ В РУЙНУВАННІ СТРАТОСФЕРНОГО ОЗОНУ DUPONT ЗАПЕРЕЧИЛА ЦЮ ТЕОРІЮ І ВИТРАТИЛА МІЛЬЙОНИ ДОЛАРІВ НА КАМПАНІЮ В ПРЕСІ ІЗ ЗАХИСТУ ФРЕОНІВ. ГОЛОВА DUPONT ПИСАВ В СТАТТІ В ЖУРНАЛІ *CHEMICAL WEEK* ВІД 16 ЛИПНЯ 1975 РОКУ, ЩО ТЕОРІЯ РУЙНУВАННЯ ОЗОНУ ЦЕ НАУКОВА ФАНТАСТИКА, ДУРНИЦЯ ЩО НЕ МАЄ СЕНСУ. ОКРІМ DUPONT ЦІЛИЙ РЯД КОМПАНІЙ З УСЬОГО СВІТУ ВИРОБЛЯЛИ І ВИРОБЛЯЮТЬ РІЗНІ ТИПИ ФРЕОНІВ БЕЗ ВІДРАХУВАННЯ ЛІЦЕНЗІЙНИХ ПЛАТЕЖІВ.

# Фреони дуже важкі, щоб досягти стратосфери



ІНОДІ СТВЕРДЖУЄТЬСЯ, ЩО ОСКІЛЬКИ МОЛЕКУЛИ ФРЕОНІВ НАБАГАТО ВАЖЧІ ЗА АЗОТ ( $N_2$ ) І КИСЕНЬ ( $O_2$ ), ТО ВОНИ НЕ МОЖУТЬ ДОСЯГТИ СТРАТОСФЕРИ В ЗНАЧНИХ КІЛЬКОСТЯХ. ПРОТЕ АТМОСФЕРНІ ГАЗИ ПЕРЕМІШУЮТЬСЯ ПОВНІСТЮ, А НЕ РОЗШАРОВУЮТЬСЯ АБО СОРТУЮТЬСЯ ПО ВАЗІ. ПРОЦЕСИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕНОСУ ПОВІТРЯНИХ МАС, КОНВЕКЦІЇ І ТУРБУЛЕНТНОСТІ ПОВНІСТЮ ПЕРЕМІШУЮТЬ АТМОСФЕРУ НИЖЧЕ ТУРБОПАУЗИ НАБАГАТО ШВИДШЕ. ТОМУ НАВІТЬ ТАКІ ВАЖКІ ГАЗИ, ЯК ІНЕРТНІ АБО ФРЕОНИ (CFC), РІВНОМІРНО РОЗПОДІЛЯЮТЬСЯ В АТМОСФЕРІ, ДОСЯГАЮЧИ, ЗОКРЕМА, І СТРАТОСФЕРИ. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ВИМІРЮВАННЯ ЇХ КОНЦЕНТРАЦІЙ В АТМОСФЕРІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ЦЕ, ДИВІТЬСЯ НАПРИКЛАД ГРАФІК ПРАВОРУЧ. ТАКОЖ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗУЮТЬ, ЩО ПОТРІБНО БЛИЗЬКО 5 РОКІВ ДЛЯ ТОГО, ЩОБ ГАЗИ, ЩО ВИДІЛИЛИСЯ НА ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ ДОСЯГЛИ СТРАТОСФЕРИ. ЯКБИ ГАЗИ В АТМОСФЕРІ НЕ ПЕРЕМІШУВАЛИСЯ, ТО ТАКІ ВАЖКІ ГАЗИ З ЇЇ СКЛАДУ ЯК АРГОН (AR) І ВУГЛЕКИСЛИЙ ГАЗ ( $CO_2$ ) УТВОРЮВАЛИ Б НА ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ ШАР В ДЕКІЛЬКА ДЕСЯТКІВ МЕТРІВ ТОВЩИНОЮ, ЩО ЗРОБИЛО Б ЇЇ НЕЖИЛОЮ. НА ЩАСТЯ ЦЕ НЕ ТАК. КРИПТОН (KR) З АТОМАРНОЮ МАСОЮ 84, І ГЕЛІЙ (HE) З АТОМАРНОЮ МАСОЮ 4, МАЮТЬ ОДНУ І ТУ Ж ВІДНОСНУ КОНЦЕНТРАЦІЮ, ЩО БІЛЯ ПОВЕРХНІ, ЩО НА ВИСОТІ 100 КМ. ЗВИЧАЙНО, ВСЕ ВИЩЕНАВЕДЕНЕ ВІРНЕ ЛИШЕ ДЛЯ ГАЗІВ, ЯКІ ПОРІВНЯНО СТАБІЛЬНІ, ЯК ФРЕОНИ ЧИ ІНЕРТНІ. РЕЧОВИНИ, ЯКІ ВСТУПАЮТЬ В РЕАКЦІЇ, А ТАКОЖ ПІДДАЮТЬСЯ РІЗНОМУ ФІЗИЧНОМУ ВПЛИВУ, СКАЖІМО, РОЗЧИНЯЮТЬСЯ У ВОДІ, МАЮТЬ ЗАЛЕЖНІСТЬ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВІД ВИСОТИ.

# Основні джерела галогенів природні, а не антропогенні



Є думка, що природні джерела галогенів, наприклад вулкани або океани, більш значущі для процесу руйнування озону, ніж діяльність людини. Не ставлячи під сумнів внесок природних джерел в загальний баланс галогенів, необхідно відзначити, що в основному вони не досягають стратосфери з огляду на те, що є водорозчинними (в основному хлорид-іони ( $\text{Cl}^{2+}$ ) і хлороводень ( $\text{HCl}$ )) і вимиваються з атмосфери, випадаючи у вигляді дощів на землю. Також природні з'єднання менш стійкі, ніж фреони, наприклад метилхлорид ( $\text{CH}_2\text{Cl}$ ) має атмосферний час життя всього порядку року, в порівнянні з десятками і сотнями років для фреонів. Тому їх внесок в руйнування стратосферного озону досить малий.





Навіть рідкісне за своєю силою виверження вулкана Пінатубо в червні 1991 року викликало падіння рівня озону не за рахунок галогенів, що вивільняються, а за рахунок утворення великої маси сірчаноокислих аерозолів ( $\text{SO}_4^{2+}$ ), поверхня яких каталізувала реакції руйнування озону. На щастя, вже через три роки практично вся маса вулканічних аерозолів була видалена з атмосфери. Таким чином, виверження вулканів є порівняно короткостроковими чинниками дії на озоновий шар, на відміну від фреонів, які мають часи життя в десятки і сотні років.



Виверження вулкана Пінатубо  
червень 1991 року

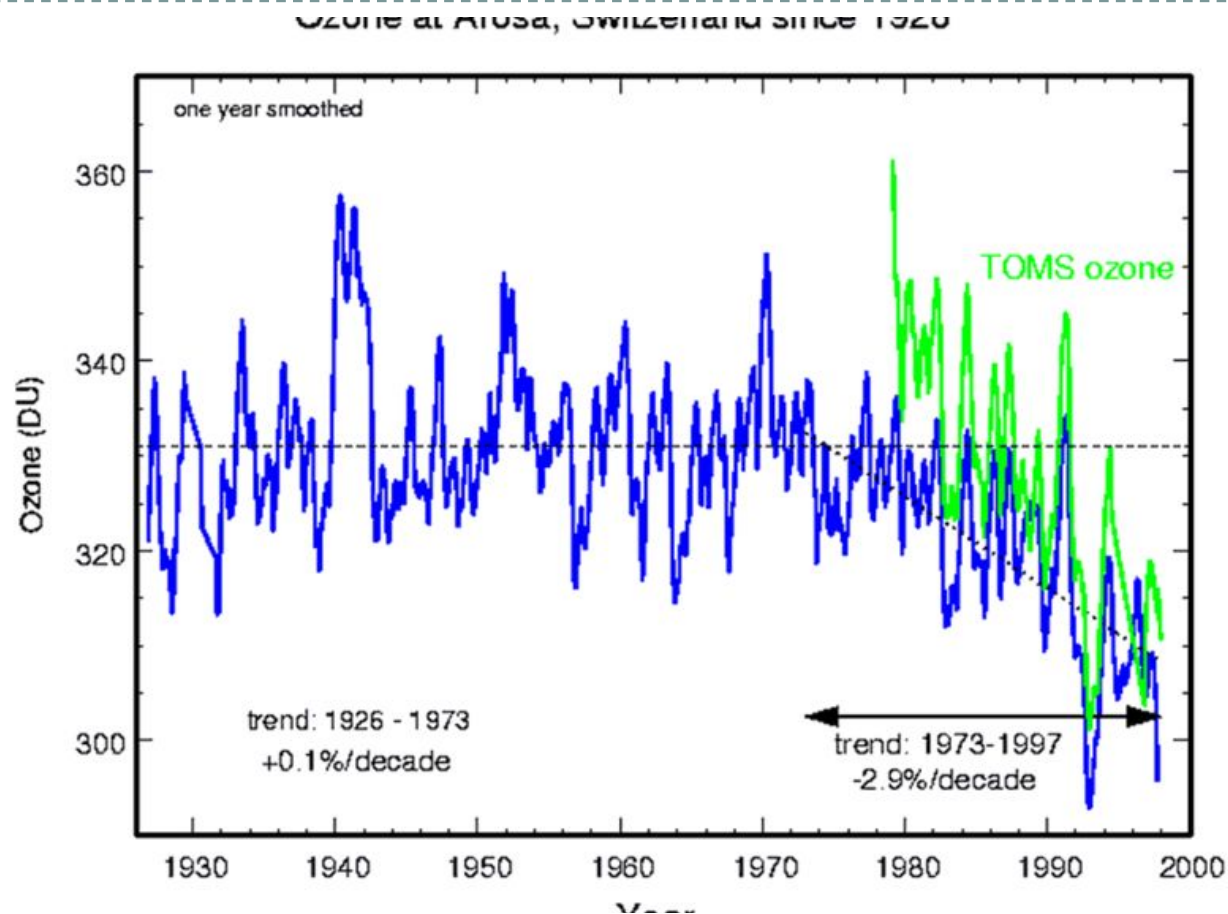
# Озонова діра повинна розташовуватися над джерелами фреонів



БАГАТО ХТО НЕ РОЗУМІЄ, ЧОМУ ОЗОНОВА ДІРА УТВОРЮЄТЬСЯ В АНТАРКТИЦІ, У ТОЙ ЧАС ЯК ОСНОВНІ ВИКИДИ ФРЕОНІВ ВІДБУВАЮТЬСЯ В ПІВНІЧНІЙ ПІВКУЛІ. РІЧ У ТОМУ, ЩО ФРЕОНИ ДОБРЕ ПЕРЕМІШАНІ В ТРОПОСФЕРІ І СТРАТОСФЕРІ. З ПРИЧИНИ МАЛОЇ РЕАКЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ВОНИ ПРАКТИЧНО НЕ ВИТРАЧАЮТЬСЯ В НИЖНІХ ШАРАХ АТМОСФЕРИ І МАЮТЬ ТЕРМІН ЖИТТЯ В ДЕКІЛЬКА РОКІВ АБО НАВІТЬ ДЕСЯТИРІЧЧЯ. ТОМУ ВОНИ ЛЕГКО ДОСЯГАЮТЬ ВЕРХНІХ ШАРІВ АТМОСФЕРИ. АНТАРКТИЧНА «ОЗОНОВА ДІРА» ІСНУЄ НЕ ПОСТІЙНО. ВОНА З'ЯВЛЯЄТЬСЯ НАПРИКІНЦІ ЗИМИ - НА ПОЧАТКУ ВЕСНИ. ПРИЧИНИ, ЗА ЯКИМИ ОЗОНОВА ДІРА УТВОРЮЮТЬСЯ В АНТАРКТИЦІ, ПОВ'ЯЗАНІ З ОСОБЛИВОСТЯМИ МІСЦЕВОГО КЛІМАТУ. НИЗЬКІ ТЕМПЕРАТУРИ АНТАРКТИЧНОЇ ЗИМИ ПРИВОДЯТЬ ДО УТВОРЕННЯ ПОЛЯРНОГО ВИХОРУ. ПОВІТРЯ УСЕРЕДИНІ ЦЬОГО ВИХОРУ РУХАЄТЬСЯ ЗДЕБЛЬШОГО ЗАМКНУТИМИ ТРАЄКТОРІЯМИ НАВКОЛО ПІВДЕННОГО ПОЛЮСА. В ЦЕЙ ЧАС ПОЛЯРНА ОБЛАСТЬ НЕ ОСВІТЛЮЄТЬСЯ СОНЦЕМ, І ТАМ ОЗОН НЕ УТВОРЮЄТЬСЯ. З НАСТАННЯМ ЛІТА КІЛЬКІСТЬ ОЗОНУ ЗБІЛЬШУЄТЬСЯ І ЗНОВУ ПРИХОДИТЬ ДО НОРМИ. ТОБТО КОЛИВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОЗОНУ НАД АНТАРКТИКОЮ - СЕЗОННІ. ПРОТЕ, ЯКЩО ВІДСТЕЖИТИ ЗМІНИ УСЕРЕДНЕНОЇ ПРОТЯГОМ РОКУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОЗОНУ І РОЗМІРУ ОЗОНОВОЇ ДІРИ ПРОТЯГОМ ОСТАННІХ ДЕСЯТИРІЧ, ТО Є ПЕВНА ТЕНДЕНЦІЯ ДО ПАДІННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОЗОНУ.

## Озон руйнується тільки над Антарктикою

Це неправильно, бо рівень озону падає всюди. Це показують результати довготривалих вимірювань концентрації в різних точках планети. Ви можете подивитися на графік зміни концентрації озону над Аросою в Швейцарії праворуч.



Динаміка зміни озонового шару  
над Аросою, Швейцарія з 1926 року.