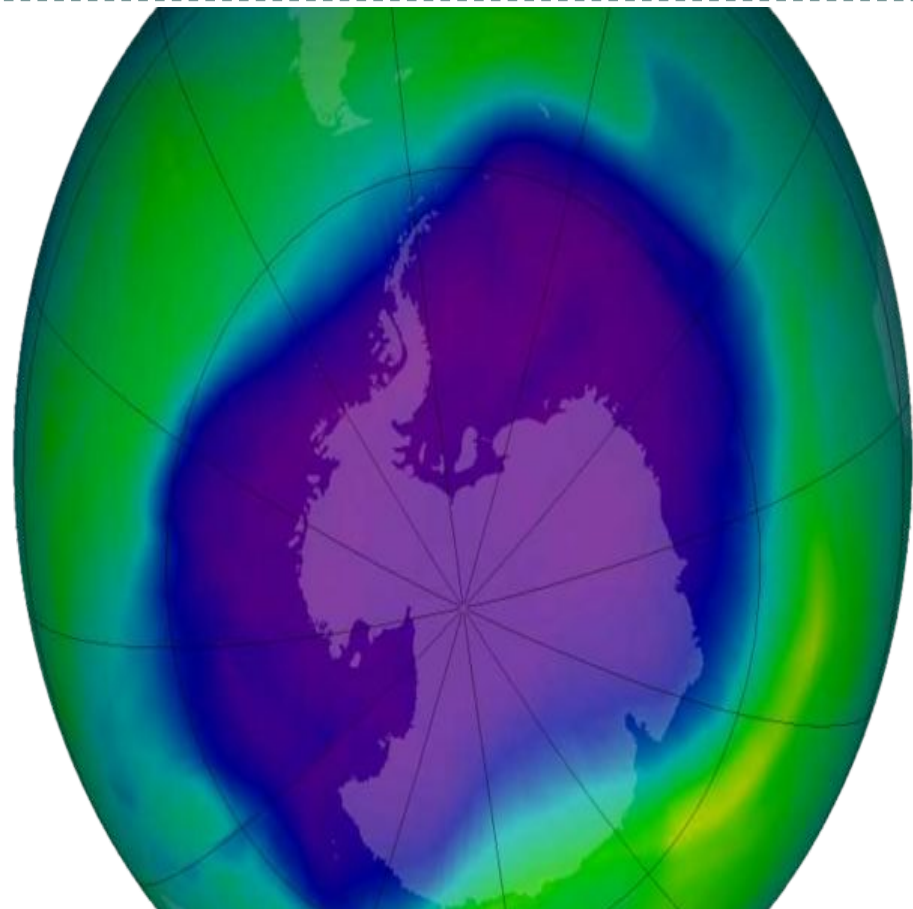


Озонова діра





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



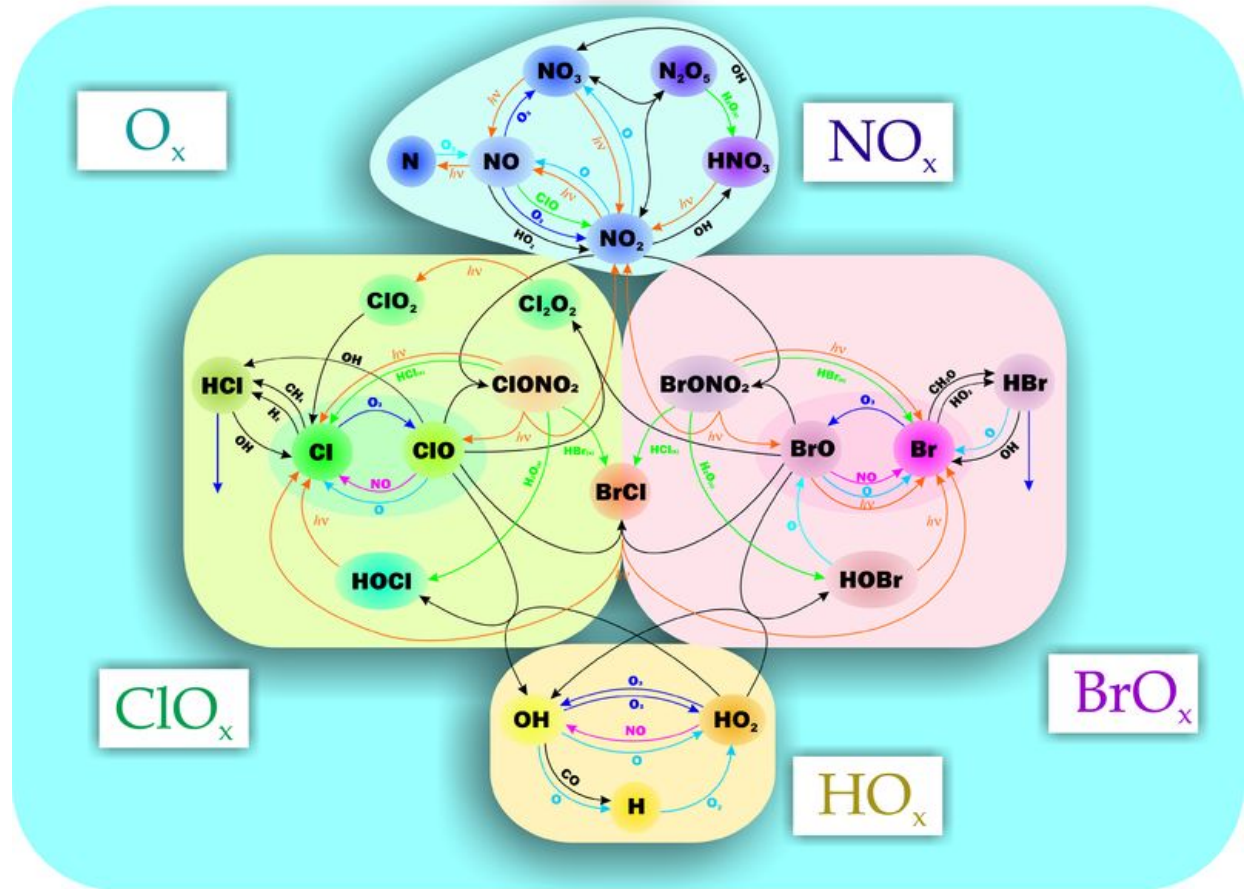
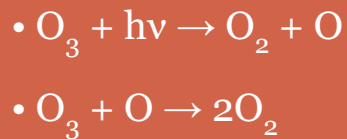
ОЗОН ВИТРАЧАЄТЬСЯ В РЕАКЦІЯХ ФОТОЛІЗУ І ВЗАЄМОДІЇ З АТОМАРНИМ КИСНЕМ: ДО ЗМЕНШЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОЗОНУ В АТМОСФЕРІ ВЕДЕ СУКУПНІСТЬ ЧИННИКІВ, ГОЛОВНИМ З ЯКИХ Є РУЙНУВАННЯ МОЛЕКУЛ ОЗОНУ В РЕАКЦІЯХ З РІЗНИМИ РЕЧОВИНАМИ АНТРОПОГЕННОГО І ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ, ВІДСУТНІСТЬ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРОТЯГОМ 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 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 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 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 (NO_x) Є ЗАКИС АЗОТУ (N_2O), ЯКИЙ УТВОРЮЄТЬСЯ НА ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ І В ОКЕАНАХ ГОЛОВНИМ ЧИНОМ РЕЗУЛЬТАТОМ ДІЯЛЬНОСТІ БАКТЕРІЙ. ЛЮДИНА ТЕЖ ВНОСИТЬ СВІЙ ВНЕСОК – ТРЕТИНА ВІД ВСЬОГО ЗАКИСУ АЗОТУ. ГОЛОВНОЮ РЕАКЦІЄЮ, ЗА ЯКОЮ N_2O ПЕРЕТВОРЮЄТЬСЯ В NO_x Є НАСТУПНА:



ВОНА МОЖЕ ПРОТІКАТИ ТІЛЬКИ ВДЕНЬ, ТІЛЬКИ ЗА НАЯВНОСТІ СОНЦЯ. ПОТІМ NO ВСТУПАЄ В РЕАКЦІЮ З ОЗОНОМ, ВОДНОЧАС РУЙНУЮЧИ ЙОГО, ЩО ПРИВОДИТЬ ДО УТВОРЕННЯ ІНШОГО ОКСИДУ АЗОТУ, NO_2 :



ЦЯ РЕАКЦІЯ МОЖЕ ПРОТІКАТИ І ВНОЧІ, ТОМУ КОНЦЕНТРАЦІЯ ДВООКИСУ 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 NO І NO_2 ЧЕРЕЗ ФОТОЛІЗ:



Водневий цикл NO_x



ІНШОЮ ВАЖЛИВОЮ РОДИНОЮ РЕЧОВИН, ЩО РУЙНУЮТЬ ОЗОН, Є ЗАМІСНИКИ OH^- І NO_2^{3+} , ОБ'ЄДНУВАНІ ЗАГАЛЬНОЮ ФОРМУЛОЮ 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 NO^- ЗАМІСНИКИ ДАДУТЬ ПЕРЕКИС ВОДНЮ (H_2O_2). ОСНОВНИМ ДЖЕРЕЛОМ УТВОРЕННЯ NO_x Є РЕАКЦІЯ ВОДЯНОЇ ПАРИ З СІНГЛЕТНИМ АТОМОМ КИСНЮ:



ЦЯ РЕАКЦІЯ ДУЖЕ СХОЖА НА РЕАКЦІЮ В ЯКІЙ ЗАКИС АЗОТУ N_2O , РЕАГУЮЧИ ТЕЖ З СІНГЛЕТНИМ КИСНЕМ ДАЄ ДВІ МОЛЕКУЛИ NO . ВАЖЛИВА РЕАКЦІЯ З МЕТАНОМ:



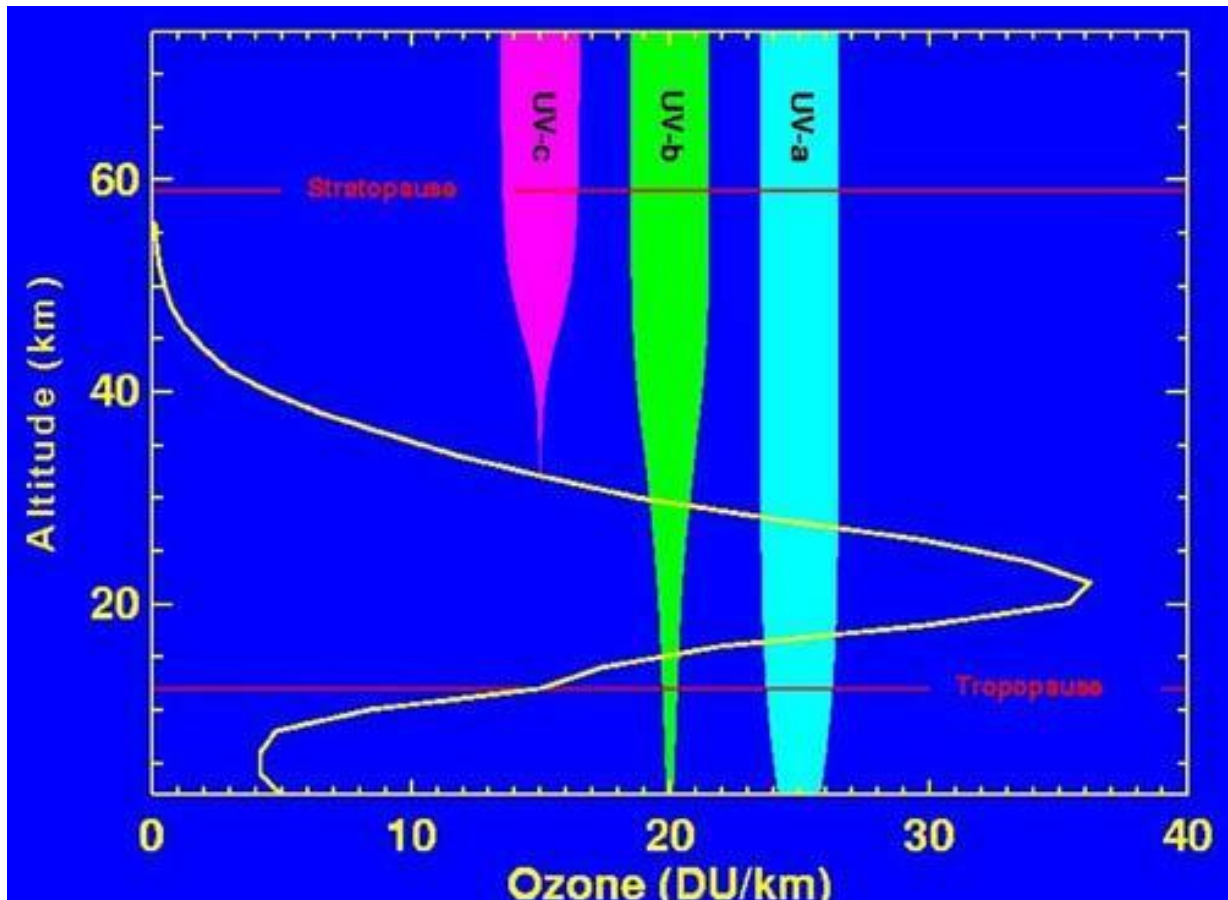
АНАЛОГІЧНІ РЕАКЦІЇ:



В НИХ ГИНУТЬ ДВІ МОЛЕКУЛИ ОЗОНУ І РЕГЕНЕРУЄТЬСЯ OH^- ЗАМІСНИК, ЦИКЛ ЗАМИКАЄТЬСЯ. 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 ОБМЕЖЕННЯ 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



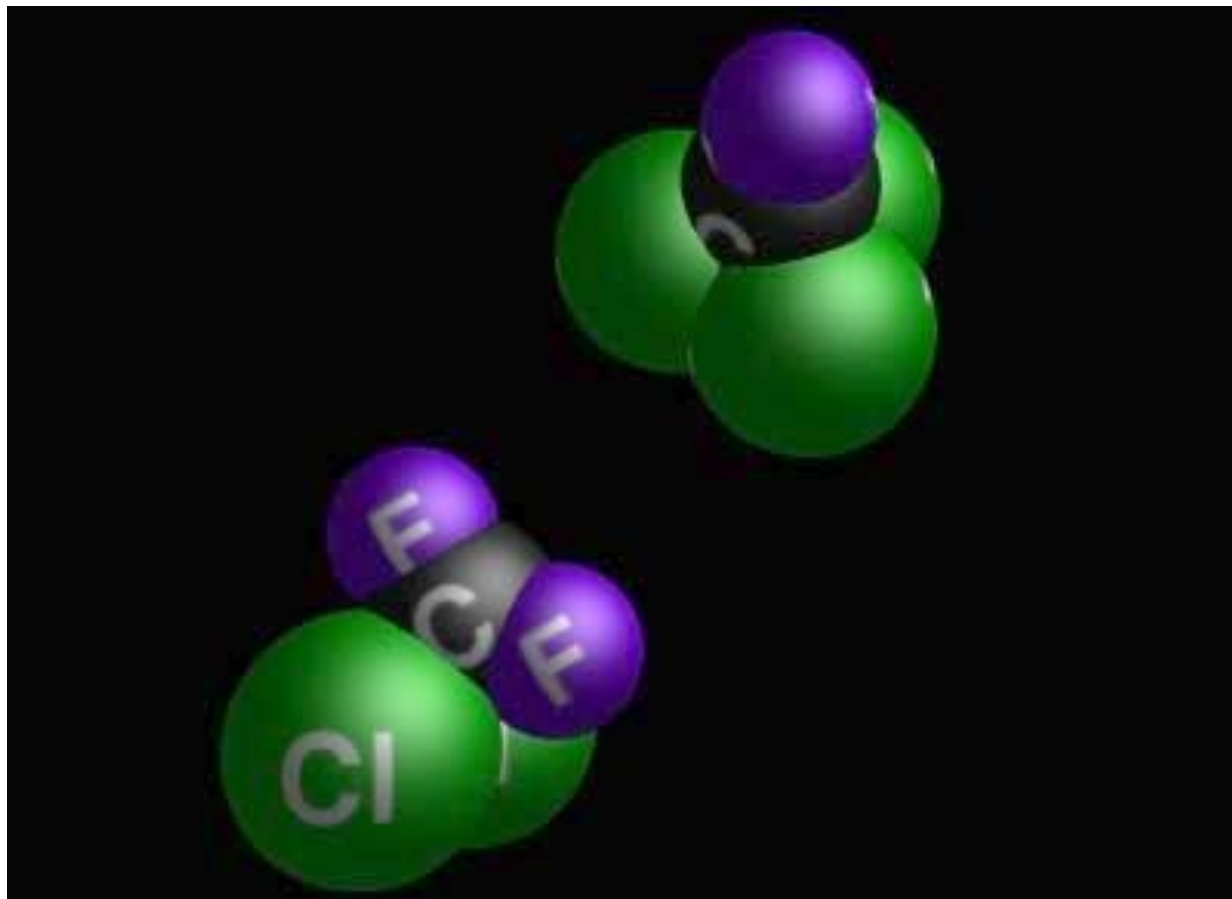
ЦЕ ТВЕРДЖЕННЯ СПРАВЕДЛИВЕ ДЛЯ СЕРЕДНІХ І ВИСОКИХ ШИРОТ. У ВИСОКИХ ШИРОТАХ (ДЕ ВИНИКАЮТЬ ОЗОНОВІ ДІРИ) ХЛОРНИЙ ЦИКЛ ВІДПОВІДАЛЬНИЙ ЛИШЕ ЗА 15—25% ВТРАТ ОЗОНУ В СТРАТОСФЕРІ. НЕОБХІДНО ВІДЗНАЧИТИ, ЩО 80% ХЛОРА (CL) МАЄ АНТРОПОГЕННЕ ПОХОДЖЕННЯ. ТОБТО ВТРУЧАННЯ ЛЮДИНИ ЗБІЛЬШУЄ ВНЕСОК ХЛОРНОГО ЦИКЛУ. У РАЗІ 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 ДОЛАРИВ 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 ВАЖІ. 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 (Cl^{2+}) і хлороводень (HCl)) і вимиваються з атмосфери, випадаючи у вигляді дощів на землю. Також природні з'єднання менш стійкі, ніж фреони, наприклад метилхлорид (CH_3Cl) 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 (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

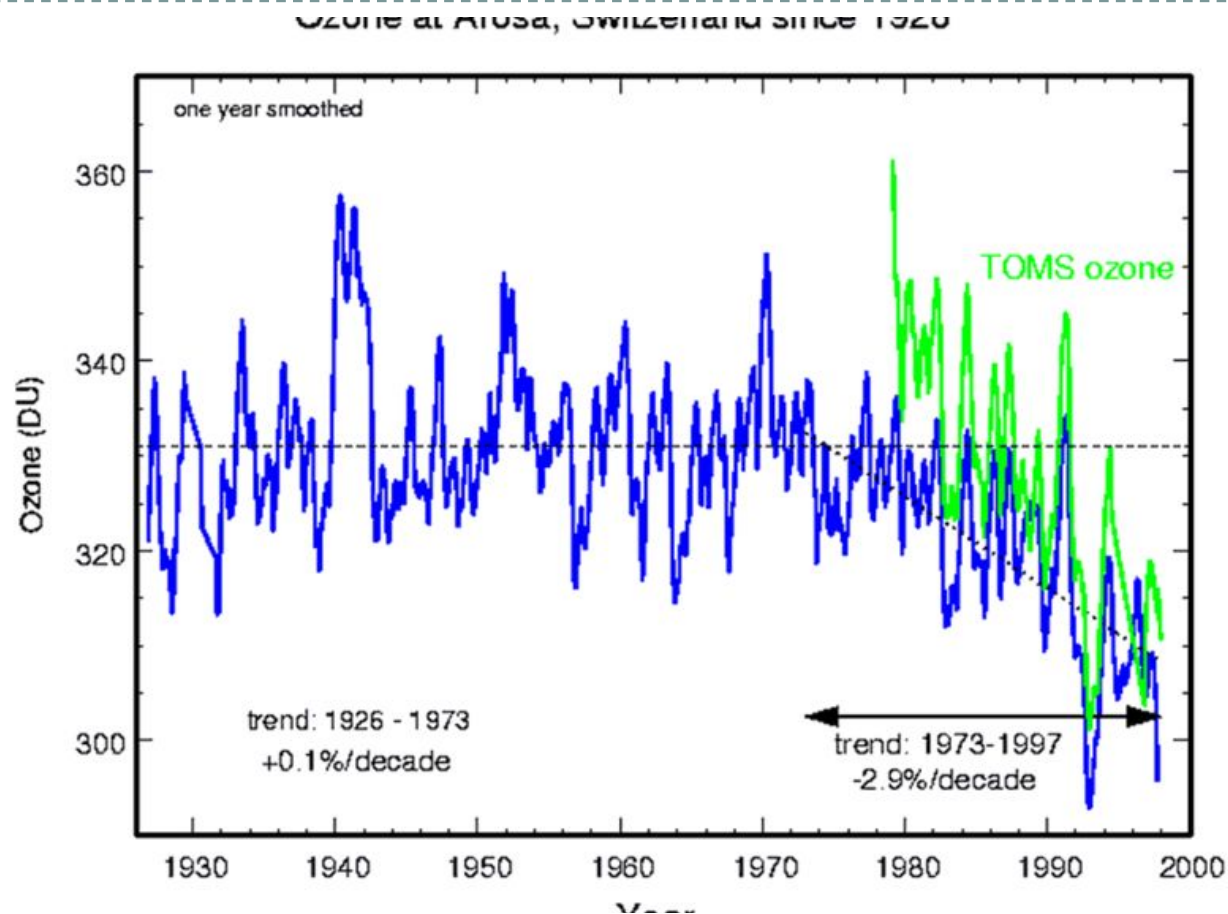
Озонова діра повинна розташовуватися над джерелами фреонів



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.