

A LÉGKÖRI ÓZON TULAJDONSÁGAI ÉS HATÁSAI

Az ózon három oxigénatomból álló gázvegyület. Természetes úton a Nap nagy energiájú, ibolyántúli sugarainak hatására képződik. A légköri ózon teljes mennyisége kevesebb, mint egy milliomod térfogatrészt foglal el, és ha egy képzeletbeli kísérletben a Föld felszínén összegyűjtenénk, akkor mindössze 3 mm vastagságú összefüggő réteget alkotna. Az ózon döntően nagy hányada a sztratoszférában, elsősorban annak alsó felében (nagyjából 15 – 25 km magasságban) van jelen. A troposzférában azért lényegesen kisebb az ózon koncentrációja, mert ide a nagy energiájú napsugarak általában már nem jutnak le. Bármennyire is kicsinek tűnik a légköri ózon mennyisége, a szerepe többféle folyamatban is jelentős.

I. A sztratoszférikus ózonnál általában

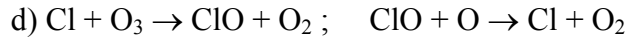
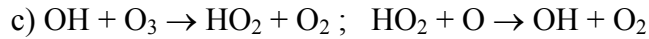
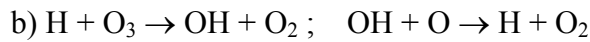
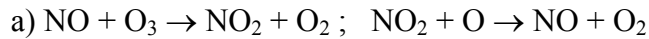
A sztratoszférában lévő ózont ózonpajzsként is emlegetjük, mert megóvjá a légkör alsóbb rétegeit az extrém energiájú ultrarövid sugaraktól. A viszonylag mérsékelt energiájú, 300 és 380 nm közötti ultraibolya sugarak egy része áthatol az ózonernyőn, de az ennél sokkal veszélyesebb, 300 nm-nél rövidebb sugarak kiszűrése gyakorlatilag száz százalékos. Mivel az igen nagy energiájú elektromágneses sugarak közvetlen roncsoló hatásúak az élőlényeket alkotó sejtekre és szövetekre, légköri ózon nélkül szárazföldi élet nem létezne (és nem létezett azon földtörténeti korszakokban, amikor a légkör ózonban és oxigénben a mainál lényegesen szegényebb volt.) E legfőbb funkció mellett az ózon egyéb módon is fontos alakítója a légkör tulajdonságainak. Mivel jelentékeny mennyiségű energiát nyel el, közvetlen hőtöbbletet okoz azokban a légrétegekben, ahol viszonylag magas a koncentrációja. A hőmérséklet magasság függvényében történő csökkenése éppen azért torpan meg, és fordul át melegedésbe a troposféra tetején, mert a sztratoszférát nem a földfelszín felőli hőszállítás, hanem az ózon által elnyelt energia melegíti elsősorban. Ennek következtében, a sztratoszféra hidrosztatikailag igen stabil állapotú, vagyis fékező hatása a függőleges légmozgásokra. Az ózon tehát azért is felelős, hogy a troposzférában kialakuló, heves függőleges mozgásokkal járó folyamatok (zivatar, tornádó, hurrikán, stb.) fejlődése bizonyos méreteket elérve korlátozottá válik. Utóbbi funkció az ún. ózonlyuk probléma kapcsán nem kell említésre kerülnön, mert abban a földrajzi régióban, ahol az ózonlyuk megjelenik, kevésbé jellemző az intenzív függőleges légkicserélődés, mint az alacsonyabb földrajzi szélességeken. Fontos azonban tudnunk róla, hogy szerény mértékű ózoncsökkenés a Föld más területeire is jellemző, és hogy ez a heves függőleges kicserélődéssel járó extrém időjárási jelenségek gyakorisága és maximális intenzitása szempontjából (is) kedvezőtlen folyamat. Meg kell még említeni, hogy az ózon egyúttal üvegházhatású gáz is, mert jelentős elnyelési sávval rendelkezik a 9,6 μm -nél.

II. Ózonkeletkezés és ózonbomlás a sztratoszférában

Az ózon keletkezési és bomlási folyamatait, és az ezek együttes következményeként előálló ózonkoncentrációt nagy számú kémiai reakció befolyásolja. Az alábbi képletek a leglényegesebb folyamatokat foglalják össze. A képletekben 'h' elektromágneses sugárzást (napsugárzást), M tetszőleges katalizátor anyagot jelöl.

Ózon keletkezése: $\text{O}_2 + \text{h} \rightarrow \text{O} + \text{O}$; $\text{O} + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M}$

Ózon bomlása:

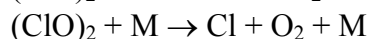
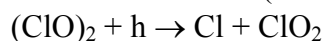
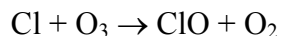


Az ózon bomlását tartalmazó folyamatok közül a nitrogénoxidok által vezérelt (a) típusú folyamat a 40 km alatti rétegben specifikusan, és a teljes ózommennyiségre vonatkozó összesítésben is a leggyakoribb. A hidrogén, ill. hidroxil gyökök (b) és c) folyamatok) csak az 50 km feletti légrétegben játszanak fő szerepet, ahol az ózonkoncentráció már lényegesen csekélyebb. Van egy átmeneti tartomány is, nagyjából a 40-50 km magasságban, ahol a klórvegyületek (d)) ózontó szerepe eléri, sőt kissé meghaladja az egyéb folyamatok hatékonyságát.

III. Ózonlyuk, ózoncsökkenés

Az ózonlyuknak nevezett jelenség nem egyéb, mint a sztratoszférikus ózonkoncentráció drasztikus mértékű csökkenése. Eddig kizárólag a déli poláris és szubpoláris területeken figyeltek meg ilyen jelenséget, az ottani tél vége - kora tavasz (augusztus - október) időszakában. Létrejöttében az emberi tevékenység által légkörbe juttatott klórvegyületek (halogénezett szénhidrogének, más elnevezéssel freonok vagy CFC-k), valamint az adott térségre és évszakra jellemző igen alacsony sztratoszféra-hőmérsékletek játsszák a fő szerepet.

Az ózonlyuk nagy mértékű ózoncsökkenése elsősorban abban a rétegben (15 - 25 km) jelentkezik, ahol egyébként a legnagyobb az ózonkoncentráció. Kialakulásában nincs érdemi szerepük az ózombomlást általában kormányzó nitrogénoxidoknak. A klórvegyületek azért válnak ózonfalóvá, mert a mélyen -70°C alatti hőmérsékleten olyan folyamatok indulnak be, amelyek magasabb hőmérsékleten nem fordulnak elő. Az igen alacsony hőmérsékleten a levegőből salétromsav kondenzálódik, csökkentve a klór-nitrát és a sósav keverési arányát. A kémiai átalakulások során gáz halmazállapotú klór képződik, és mivel ez elillan a kondenzálódott salétromsavcseppek közeléből, az alacsony hőmérséklet fennállása időszakában a folyamat gyakorlatilag egyirányú. A megnövekedett Cl_2 koncentráció akkor kezdi elbontani az ózont, amikor a több hónapos sarki éjszaka végén megkezdődik a besugárzás. Ekkor a következő folyamatok mennek végbe:



Látható, hogy az utolsó sorban ismét klóratom keletkezik, így újra kezdődhet a ciklus.

Az ózonlyuk időszakában az összózon mennyiség 50%-a, a 15-25 km közötti ózonnak pedig akár 90%-a is „eltűnhet” a légkörből. A jelenséget a 80-as évek elején fedezték fel, a megelőző évtizedek során ilyen mértékű ózoncsökkenés nem fordult elő. Azóta azonban évről

évre ismétlődik. Feltételezzük, hogy a sztratoszféra cirkulációs és hőmérsékleti viszonyai miatt e jelenség soha nem fog máshol előfordulni, mint az Antarktisz felett.

Kisebb, 10-15%-ot elérő ózoncsökkenés az északi félgömbön is tapasztalható. A csökkenés itt is elsősorban télen és kora tavasszal, és főként a magasabb szélességeken mutatkozik. Az összózon mennyisége Magyarország felett is csökkent kissé az utóbbi évtizedekben, de a csökkenés mértéke nem ad okot aggodalomra.

Az ózonlyuk jelenség felfedezése mindenkit váratlanul ért a 80-as években. Az első időkben igen nagy volt az aggodalom. Példás gyorsasággal születtek meg a nemzetközi egyezmények a freon gázok kibocsátásának csökkentéséről (Montreál, 1987), majd rá néhány évvel a kibocsátás teljes beszüntetéséről. Az erőfeszítések hatására a 90-es években radikálisan lecsökkent a CFC-k kibocsátásának mennyisége, és azóta folyamatosan alacsony az emisszió. Az ózonlyuk és ózoncsökkenés jelenség azonban nem szűnt még meg, sőt nem is gyengült – ez a freonok igen hosszú légköri tartózkodási idejével magyarázható. A téma kutatói szerint az ózonlyuk kiterjedése és intenzitása a következő évtizedekben már lassan csökkenni kezd majd.

Néhány évtizede úgy gondolták, hogy a sztratoszférába juttatott nitrogénvegyületek (szuperszonikus repülőgépek kondenzcsíkja) is veszélyesek az ózonrétegre. Mai tudásunk szerint ez nem áll fenn. A nitrogénoxidok ugyanis nem csak az ózon elbontásában, hanem az ózon keletkezésénél is közreműködnek, és e folyamatokkal összefüggésben negatív egyenleg nem mutatható ki.

Nem igaz az a gyakran hangoztatott nézet, hogy a napozás napjainkra veszélyesebbé vált. Érzékeny bőr vagy túlzott mérték esetén a napozás soha nem volt veszélytelen, de megfelelő adagban a napfürdőzés egészséges. A gyakoribb bőrrák megbetegedések okaként több más tényezőnek is szerepe lehet (pl. a nyaralási szokások: ha déli tengerek mellett nyaralunk, ott sokkal intenzívebb ultraibolya-sugárzásnak vagyunk kitéve, mint megszokott földrajzi környezetünkben).

IV. A troposzférikus ózon

Ózon a troposzférában is előfordul. A földfelszín közelében oly csekély a természetes úton keletkezett ózon mennyisége, hogy annak nincs gyakorlati jelentősége. Ózon azonban az emberi tevékenység következtében is keletkezik. Mivel az ózon erősen mérgező, földfelszín közeli jelenléte a legkevésbé sem kívánatos. Az antropogén eredetű ózon nem közvetlen emisszióval kerül a légkörbe, hanem szennyezett levegőben keletkezik. A talaj közelében akkor képződhet jelentékeny mennyiségű ózon, ha a levegőben magas a nitrogénoxidok és különféle szerves vegyületek aránya, és mindehhez intenzív napsugárzás társul. A szennyező anyagok magas koncentrációja rendszerint nagy forgalmú útvonalak közelében, illetve intenzív városi közlekedés esetén alakul ki. Az erős napsütés alapján a késő tavasz és a nyár a kialakulás fő ideje.

A magas ózonkoncentrációk kialakulásában a légmozgásoknak is fontos szerepük van. Erős napsütésben a levegő függőleges keveredése általában intenzív, így a szennyező anyagok felhígulhatnak. Bizonyos időjárási helyzetekben azonban a függőleges átkeverés mérsékelt marad, és ózonképződéssel járó súlyos szmog alakulhat ki.

Ózon természetesen nem csak ott képződhet, ahol a nitrogénoxidokat és szerves gázokat a levegőbe juttatjuk, így előfordul, hogy a károsan magas ózonkoncentráció nem a belvárosban, hanem egy, a város központja felől fújó szélnek kitett, kertvárosi térségben alakul ki.