Magyar Rendészet

A RENDŐRTISZTI FŐISKOLA
SZAKMAI, TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA

A Tartalomból:

KRÉMER FERENC – VALCSICSÁK IMRE
Cigánysággal kapcsolatos attitűdök

FENYVESI CSABA
Der Computer in der Strafverfolgung

TEKE ANDRÁS
Határbiztonság

CSERÉP ATTILA – MOLNÁR KATALIN
Egy helyi közösségi rendőrségi projekt kezdeti lépései

KOMJÁTHY LÁSZLÓ
Az őslégkörtől az ózonlyukig

Szili
70 623610

2005/2.
V. évfolyam

Magyar Rendészet

A RENDŐRTISZTI FŐISKOLA
SZAKMAI, TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA

Felelős szerkesztő:
Dr. Szakács Gábor

Olvasószerkesztő:
Dr. Illés György

Szerkesztő:
Váradi Julianna

Kiadja:
Rendőrtiszti Főiskola

Kiadásért felelős:
Dr. Blaskó Béla

Nyomdai előkészítés, tipográfia, tördelés:
Limes Kkt.

Nyomdai sokszorosítás:
Könyvpont Nyomda Kft.
Felelős vezető: Gyenes Ádám

Szerkesztőség:
BM Oktatási Főigazgatóság
1903 Pf.: 314.

HU-ISSN 1586-2895

A szerkesztőbizottság elnöke:
Dr. Blaskó Béla PhD/C.Sc. r. vezérőrnagy, tanszékvezető főiskolai tanár, a Rendőrtiszti Főiskola főigazgatója

Szerkesztőbizottsági tagok:
Béndek József hőr. vezérőrnagy, hőr. főtanácsos, Határőrség országos parancsnoka
Dr. Boros László tanszékvezető egyetemi docens, nemzetközi rektorhelyettes, ELTE Jogszociológiai Tanszék vezetője
Dr. Dános Valér ny. r. dandártábornok, BM Rendészeti és Bűnmegelőzési Intézet igazgatója
Dr. Dettné Dr. Légrády Ilona PhD/C.Sc. ny. pü. ezredes
Dr. Felkai László
Dr. Finszter Géza PhD/C.Sc. Országos Kriminológiai Intézet
Dr. Janza Frigyes ny. r. dandártábornok
Dr. Mezey Barna tanszékvezető egyetemi tanár, dékán, ELTE Állam- és Jogtudományi Kar
Dr. Nagy János pü. vezérőrnagy, PM Vám- és Pénzügyőrség országos parancsnoka
Dr. Salgó László ny. r. altábornagy, rendőrségi főtanácsos, címzetes főiskolai tanár, főiskolai magántanár, az állam- és jogtudomány kandidátusa
Dr. Tari Ferenc büntetés-végrehajtási, kegyelmi és büntetőjogi főcsoportfőnök, Igazságügyi Minisztérium
Tatár Attila tű. vezérőrnagy, Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság főigazgatója

A FOLYÓIRATUNKBAN MEGJELENT CIKKEKET SZAKMAILAG NEM BÍRÁLJUK, EZÉRT AZ EGYES TANULMÁNYOKBAN OLVASHATÓ VÉLEMÉNYEK NEM SZÜKSÉGKÉPPEN ESNEK EGYBE A SZERKESZTŐSÉG ÁLLÁSPONTJÁVAL. A CIKKEK TARTALMÁÉRT A SZERZŐ FELEL!

Előfizethető:
Rendőrtiszti Főiskola
1525 Budapest, Pf.: 27. vagy 1121 Budapest, Farkasvölgyi út 12.
Valamint átutalással – név és cím (a közlemény rovatban: „Magyar Rendészet előfizetése") feltüntetésével – a Rendőrtiszti Főiskola 10023002-01451447 pénzforgalmi jelzőszámán
Ár: 350 Ft
Éves előfizetési díj: 1400 Ft

TARTALOM

TANULMÁNY
KRÉMER FERENC – VALCSICSÁK IMRE: Cigánysággal kapcsolatos attitűdök I. rész
FENYVESI CSABA: Der Computer in der Strafverfolgung
TIHANYI MIKLÓS: Rendőrségi szolgáltatások honoráriumért

BŰNÜLDÖZÉS
CZEGLE TIBOR: A kockázatelmélet alapjai és a könyvvizsgálat kockázata V. rész

HATÁRRENDÉSZET
TEKE ANDRÁS: Határbiztonság

SZAKÉRTŐK ÍRJÁK
CSERÉP ATTILA – MOLNÁR KATALIN: Egy helyi közösségi rendőrségi projekt kezdeti lépései
KOMJÁTHY LÁSZLÓ: Az őslégkörtől az ózonlyukig

OKTATÁS-KÉPZÉS-KUTATÁSSZERVEZÉS
MÁTÉTELKINÉ HOLLÓ MAGDOLNA: Nyugati hatások a narkószlengre
KISS RITA: A belügyi rendészeti képzés Magyarországon

KÖNYV- ÉS FOLYÓIRATSZEMLE

Felhívás

KOMJÁTHY LÁSZLÓ

Az őslégkörtől az ózonlyukig

Ma már pontos képet alkothatunk a Vénusz és a Mars légköréről. Mindkettő gyökeresen különbözik a Földétől. Vajon a földi légkör sajátos összetétele tette-e lehetővé az élet kialakulását - vagy éppen ellenkezőleg, az élet alakította atmoszféránkat olyanná, amilyennek ma ismerjük?

Minden jel arra vall, hogy az élet és a légkör fejlődése szorosan összefonódott egymással, de ebben a kölcsönhatásban az élővilágnak jutott a meghatározó szerep. A Föld különlegesen kedvező naprendszerbeli helyzete és méretei lehetővé tették, hogy kialakuljon az élet.

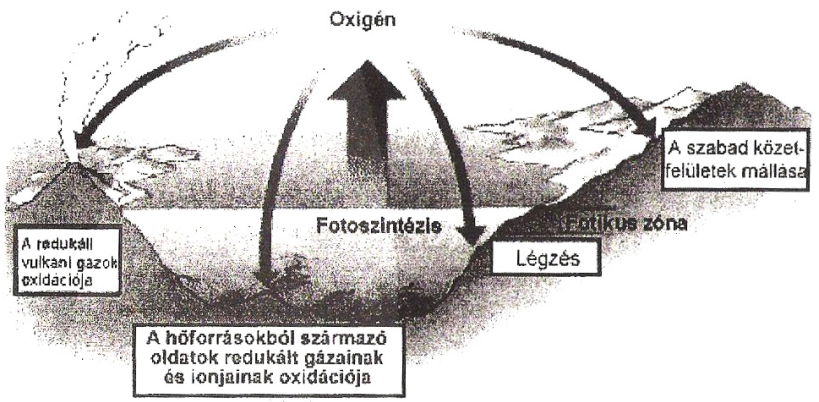
A Naprendszer létrejöttének időszakában a bolygók légköre valószínűleg hasonlított egymásra. Közel egymilliárd év alatt azonban ez a túlnyomórészt hidrogénből és nemesgázokból álló elsődleges légkör fokozatosan elszökött a Földről. Így időre bolygónk légkör nélkül maradt. A mintegy 3,6 milliárd éve kialakult másodlagos légkör (ezt nevezzük a továbbiakban őslégkörnek) a kőzetekből felszabaduló gázokból állt. Ez két módon történhetett. Egyrészt a vulkáni gázosodás révén, melynek során a bolygó belsejében a magmából "kiforrtak" a gázok, majd a vulkáni kürtőkön és más réseken keresztül kiáradtak. Másrészt pedig a becsapódási gázosodás révén, amikor úgy szabadultak fel gázok, hogy nagyobb szikladarabok ütköztek az összeálló félben lévő bolygóba.

Mivel a Föld hőmérséklete ekkorra már jelentősen csökkent, a vonzása meg tudta tartani a korábbihoz képest nehezebb elemekből és vegyületekből álló légkört. A kialakuló légkör pedig most már bizonyos fokú védelmet nyújtott a meteorokkal szemben, így a becsapódások következtében megindult vulkanizmus is alábbhagyott. A Föld őslégkörét tehát a becsapódó meteorokból vulkáni tevékenység kíséretében feltörő gázok: vízgőz, szén-dioxid, szénhidrogének és ammónia alkották. Az ősi atmoszféra elenyésző mennyiségű oxigénje valószínűleg a vízgőz bomlásából származott.

Ha összevetjük a 3 milliárd évvel ezelőtti és a mostani légkör összetételét, markáns eltéréseket figyelhetünk meg. Ha az eltérés okait próbáljuk felkutatni, akkor mindenekelőtt arra kellene válaszolni, mi vezetett a szén-dioxid jelentős csökkenéséhez, és az oxigén illetve a nitrogén mennyiségének erőteljes emelkedéséhez? A szén-dioxid koncentrációjának csökkenése két alapvető ok miatt következett be:

1. 300 ° C-nál alacsonyabb hőmérsékleten a légköri szén-dioxid jelentős hányada kémiai reakciókkal elsősorban az óceánokban karbonátos kőzeteket hoz létre, ami erőteljesen csökkenti a szén-dioxid mennyiségét. Ennek megfelelően a földi szén-dioxid nagyobbik része nem az atmoszférában, hanem a litoszférában található mészkő és dolomit formájában.

1.sz. ábra. AZ OXIGÉN KÖRFORGÁSA



A másik okot a bioszféra megjelenésében és fejlődésében kell keresni. A fotoszintézis folyamatában ugyanis a növényzet a levegőből szén-dioxidot vesz fel és oxigént szabadít fel. Ennek következtében a szén-dioxid és az oxigén mennyisége légkörünkben a geológiai korok folyamán lényegében egymás tükörképeként változott, de bizonyos fokú ingadozások mindkét gáz esetében előfordultak.

Az oxigéntartalom emelkedésével rendkívül érdekes légkörfizikai jelenségek jártak együtt. A mintegy 3 milliárd évvel ezelőtti légköri oxigén mennyisége a jelenleginek ezredrésze volt. A Nap ultraibolya és röntgen sugárzása ekkor zavartalanul lejutott a földfelszínre, mivel a kevés oxigén még nem volt elegendő a szűrő ózonréteg kialakítására. Ez a magyarázata annak, hogy a legelső kezdetleges élőlények (algák, baktériumok) csak az óceánok 10 m-nél mélyebb rétegeiben terjedhettek el. Az élet szempontjából különösen kedvező volt ez az óceáni mélység, mert a 10 méter vastagságú vízréteg - a védelem mellett - a fotoszintézishez szükséges napsugarakat zavartalanul átengedte. A fotoszintézist végző növények szaporodásának következtében az oxigénszint a kambriumban fokozatosan emelkedett, és a szilur végére (420 millió évvel ezelőtt) már elérte a jelenlegi érték egytizedét. Ekkor kezdődhetett el a szárazföldi szerves életet is lehetővé tevő vas-

tagabb, és magasabban elhelyezkedő légköri ózonréteg kialakulása. A 0,1 oxigénkoncentráció hatására az ózonréteg már 20 km magasságban helyezkedett el. Az ózonréteg megnövekedett hőmérséklete a sztratoszféra kialakulásához vezetett, aminek eredményeként csökkent a függőleges feláramlások és a felhőképződés intenzitása. Ezzel gyakorlatilag az óceáni medencéket feltöltő korábbi heves záporok időszaka is véget ért, hiszen a sztratoszféra lezárta a függőleges hőmérséklet-csökkenést, így a légtömegek nem emelkedhettek fel olyan magasra és annyira hevesen, mint a sztratoszféra nélküli időszakban. Talán ennél is fontosabb következménye volt, hogy a sztratoszférába, és azon keresztül a világűrbe gyakorlatilag elhanyagolható mennyiségű vízgőz kerülhetett. A szárazföldi élet elterjedésével az oxigén termelése tovább növekedett, és a karbonban az oxigénszint még a mostaninál is magasabb lehetett. A későbbi időszakokban is megfigyelhető az oxigénkoncentráció és a szén-dioxid arányának időszakos ingadozása, ám ezek soha nem értek el olyan mértéket, ami a földi életet veszélyeztette volna. Hosszú távon mind az oxigén, mind pedig a szén-dioxid arányát a bioszféra léte és a Föld-légkör rendszerben működő geokémiai folyamatok szabályozták.

Az óceánokban a karbonátos kőzetekben megkötődött szén-dioxid gáz egy része például folyamatosan visszakerül a légkörbe, a lemeztektonika eredményeképpen. Ahol a Föld két mozgó kőzetlemeze egymásnak ütközik, az egyik alábukik az asztenoszférába, magával szállítva a karbonátos üledékeket. Az asztenoszféra magas hőmérséklete és nyomása felszabadítja az üledékekből a szén-dioxidot. Ezután a gáz a vulkánokon keresztül talál visszautat a légkörbe.

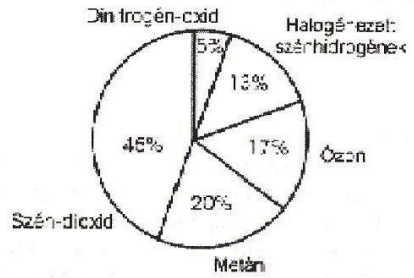
A számtalan módosító tényező sem tudta bolygónk éghajlatát olyan szélsőséges állapotba juttatni, amely az élet fejlődését lehetetlenné tette volna. Ismertek ugyan kisebb-nagyobb kihalások a földtörténeti múltból, azonban ezeket követően újra dinamikus fejlődésnek indult az élővilág. Az elmúlt 4 milliárd év során a felszín közelében az átlagos hőmérséklet mindig +5 °C és +35 °C között lehetett, az őskor kezdete óta pedig legfeljebb +10 °C és +24 °C között ingadozott.

Az őslégkörtől az ózonlyukig II.

Vajon milyen anyagok alkotják a Földet burkoló levegőóceánt, amely lehetővé teszi életünket? Belélegzett gázai életben tartanak, bizonyos rétegei a káros sugaraktól védenek meg. Nyersanyagot szolgáltat, feltételeket teremt a tüzelőanyagok égéséhez, rezgéseivel pedig a szóbeli kommunikációt segíti. Aki pedig gyönyörködni akar, azt megajándékozza a kék égbolt és a felhők látványával.

A légkör különböző gázok keveréke, ezenkívül szilárd és cseppfolyós alkotóelemek (aeroszol részecskék) is előfordulnak benne szétszórt (diszperz) állapotban. A levegőt alkotó gázokat sokféleképpen csoportosíthatjuk. A gázok relatív mennyisége az adott térfogaton belüli arányokat mutatja.

2.sz. ábra. A LÉGKÖR MEGOSZLÁSA

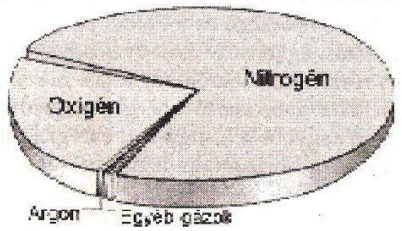


A levegő gázainak relatív mennyisége

Több információt nyújt, ha aszerint csoportosítjuk a légköri gázokat, hogy mennyiségük adott idő alatt milyen mértékben változik. Ez egyfajta minősítést is jelent a gázokkal kapcsolatban.

A légköri gázok relatív mennyiségük szerint lehetnek fő összetevők, illetve kis koncentrációjú nyomgázok. Külön kell foglalkoznunk az úgynevezett üvegházhatású gázok csoportjával is. Azokat a gázokat nevezzük így, amelyek a Föld által kisugárzott infravörös sugarak egy részét elnyelik, és megemelik a Föld-légkör hőmérsékletét. A légköri üvegházhatás nagy részéért a vízgőz felelős, a többi, hasonlóan viselkedő gáz aránya jóval kisebb.

3.sz. ábra. LÉGKÖRI GÁZOK



Légköri gázok és az üvegházhatás (vízgőz nélkül)

A légkörben található szilárd és cseppfolyós anyagokat aeroszol részecskéknek nevezzük. Természetes (sivatagi porvihar, vulkán), vagy antropogén (gyárak, jármű

vek szennyezőanyagai) eredetűek. Mennyiségük általában csekély, ennek ellenére komoly szerepük lehet a Föld klímájának alakulásában.

A légkör szerkezete

A Föld légköre különféle gázok elegyéből áll. A légkör alsó, mintegy 85 km vastag rétegében a relatív összetétel viszonylag állandó (homoszféra), e felett azonban a közepes molekulatömeg a magasság növekedésével csökken (heteroszféra).A bioszféra (az élet tere) a maga 20 km-es vastagságával csupán a Földet körülvevő vékony réteg. Itt diffúziós folyamatok biztosítják az állandó molekulatömeget, míg a heteroszférában a sugárzás hatására a levegőt alkotó gázmolekulák disszociációja következtében a közepes molekulatömeg csökken.

A homoszférát három további rétegre osztjuk. A legfelső réteg a mezoszféra, a középső a sztratoszféra, a legalsó, a földfelszínnel érintkező réteg a troposzféra. A sztratoszférában a hőmérséklet az ózon sugárzáselnyelő hatására a magassággal nő. A magassággal növekvő hőmérséklet miatt itt már gyenge a keveredés. Az ózon sugárzáselnyelő tulajdonsága igen fontos szerepet játszik a földi élet megóvásában. Nem elhanyagolható azonban az aeroszol réteg Földre irányuló, sugárzást gyengítő hatása sem.

A Föld sugárzása egyensúlyban van: ha a beérkező sugárzás intenzitását 100-nak vesszük (az abszolút érték 1367 W/m^2), akkor ebből a felhők, a talaj és a levegőmolekulák 31 egységet visszavernek, a légköri gázmolekulák 23 egységet elnyelnek (mindenekelőtt a vízpára és az ózon), míg 46 egység a földfelszínre jut. A Föld kisugárzása is jelentős, ez azonban a hosszabb hullámhossz tartományban történik. Az úgynevezett üvegházhatás igen fontos a földi élet szempontjából: e nélkül a bolygó átlaghőmérséklete csak -18°C volna, szemben a tényleges +15°C-al, ami 33°C többletet jelent. A Földre beérkező és a Földet elhagyó sugárzás globálisan egyensúlyban van. A sugárzási egyensúly csak éves átlagban és a bolygó egészére érvényes. A Föld egyes részein azonban a sugárzási mérleg jelentős eltérést mutathat. Az Egyenlítőnél például a beérkező energia meghaladja a kisugárzott energiát, míg a sarkok közelében nagyobb a kisugárzott energia, mint a beeső. A felszíni mérleg különbségei okozzák a horizontális légmozgásokat, a földi szélrendszereket.

A négy gázréteg

Az egyes rétegek a földi élet szempontjából más-más jelentőségűek. A troposzféra nemcsak azért a legfontosabb számunkra, mert benne élünk. Itt zajlik ugyanis a legtöbb időjárási és klimatikus folyamat. A sztratoszféra jelentőségét az ózonréteg

adja, amely elnyeli a Nap ártalmas ibolyántúli sugárzásának nagyobbik részét. Ennek következtében mintegy 10 °C-ra melegszik fel a levegő. Bár a mezoszférában nagyon alacsony a levegő sűrűsége, ahhoz még elegendő, hogy a légkörbe érkező meteoritokat a súrlódás elégesse. A termoszférában a hőmérséklet több ezer fokot is elér, azonban a levegő ritkasága miatt alig tartalmaz hőenergiát. Az itt elhelyezkedő ionoszféra a telekommunikációban játszik fontos szerepet, mert rétegei a különböző hullámhosszúságú rádióhullámokat visszaverik, és lehetővé teszik a rádiózást. A mintegy 700 km-nél kezdődő exoszférában a levegő tovább ritkul, és több tízezer km vastag rétegen keresztül fokozatosan megy át a kozmosz légüres terébe.

A Föld legkülső rétegét alkotó magnetoszféra bizonyítja, hogy még 60 000 km felett is fogva tart a Föld mágneses tere elektromosan töltött részecskéket. A magnetoszféra fontosságát az adja, hogy a napkitörések, az úgynevezett flerek alkalmával a Nap felől érkező elektromos részecskéket eltéríti, és mint a légkör legkülső szűrője, óvja a Földet.

Az őslégkörtől az ózonlyukig III.

A levegő felmelegedése, a hőmérséklet

A légköri jelenségek egyetlen energiaforrása a Nap sugárzása. A légköri hőmérséklet alakulása is ennek a függvénye. Azonban az üvegházhatás nélkül a felszín hőmérséklete 33 °C-kal lenne alacsonyabb és -20 °C-os jégkor uralkodna bolygónkon.

A légkörbe érkező energia mintegy 30%- a visszaverődik a felszínről, a felhőkről és a légköri részecskékről. A fennmaradó 70% elnyelődik a földfelszínen és a légkörben. Az elnyelt energiát a felszín és a légkör az infravörös tartományban sugározza vissza. Ezeknek a sugaraknak a zömét a felhők és az üvegházhatású gázok csapdába ejtik és visszasugározzák . A légkör felmelegítéséhez a feláramlás és a felhőképződés is hozzájárul. Az ábrán "légköri folyamatok" néven szerepelnek az utóbbiak. A Föld energiamérlegében a besugárzás és kisugárzás értékei hosszabb távon azonosak. Amikor ez az egyensúly valamilyen hatásra felborul, felmelegedési, illetve lehűlési folyamatok indulhatnak meg. Ezek működési mechanizmusa ma még a szakemberek számára sem teljesen tisztázott. A kérdés azért fontos, mert az ipari forradalom óta az emberiség fokozódó mennyiségben juttat a légkörbe olyan anyagokat (üvegházhatású-gázok, szennyeződések), amelyek a fenti folyamatban zavarokat okozhatnak.

Az energiamérlegben szereplő adatok a Föld egészére vonatkoznak. Helytől és időponttól függően azonban számos tényező módosítja a levegő felmelegedését a Földön. A gömbalak miatt a napsugarak hajlásszöge különbözik az egyes szélességeken, így az oda érkező energia mennyisége is változik. Ugyanezt eredményezi a domborzat is, csak szűkebb környezetben. A felszín albedója (fényvisszaverő ké-

pessége) szintén módosíthatja a beérkező energia mennyiségét. A légkörben található szennyeződések, üvegházhatású-gázok, vízgőz és felhő mennyisége időről időre és helyileg is változik, ami ugyancsak befolyásolja a hőmérséklet alakulását. Nem szabad elfeledkezni a légkörben és az óceánokban található mozgásfolyamatok szerepéről, és arról sem, hogy a besugárzás időtartama a nappalok-éjszakák és az évszakok váltakozása miatt különbözik a Föld egyes pontjain.

Amikor kisüt a nap, az üvegházban rövid idő alatt felforrósodik a levegő. Ha meg akarjuk óvni növényeinket, szellőztetni kell. Mi okozza a gyors hőmérséklet emelkedést? Az üvegház fala (az üveg) átengedi a napból érkező rövid hullámhosszú sugarakat. Ez a beérkező energia az üvegház talajában elnyelődik és hővé alakul át. Ennek a hőnek egy részét a talajfelszín a levegőnek adja át, és így felmelegíti a vele szomszédos alsó légrétegeket. A hő más része az üvegházban levő víz elpárologtatására fordítódik, a többi pedig kisugárzás útján jut az üvegház levegőjébe, ahonnan azonban sugárzás útján nem tud kijutni. A talajfelszín kisugárzása ugyanis láthatatlan, nagyobb hullámhosszú hősugárzás. Ezt az üveg nem engedi át, hanem elnyeli és javarészt visszasugározza az üvegházba. Az így csapdába ejtett hő forrósítja fel az üvegház levegőjét.

A Föld-légkör rendszer hasonlóképpen működik, csak a méretek és bizonyos alkotóelemek különböznek. A Nap szabad szemmel is látható sugárzása csaknem akadálytalanul éri el a Föld felszínét. A felmelegedő felszín a Naptól kapott energiát az emberi szem számára már láthatatlan, infravörös sugárzás formájában bocsátja vissza a világűrbe. A Földnek ez a hőmérsékleti kisugárzása abba a hullámhossz tartományba esik, amelyben egyes légköri nyomgázok, például a vízgőz (H_2O), a szén-dioxid (CO_2), a metán (CH_4), a dinitrogén-oxid (N_2O), a halogénezett szénhidrogének (CFC), vagy az ózon (O_3) jelentős sugárzáselnyelő képességgel rendelkeznek. Az üvegházhatást úgy mérhetjük meg, ha a bolygón megfigyelt felszíni hőmérsékletet összehasonlítjuk azzal a hőmérséklettel, amelyen a bolygó a napsugárzásból elnyelt energiát kisugározza. A Föld effektív sugárzási hőmérséklete mínusz 18 Celsius-fok, globális felszíni középhőmérséklete pedig 15 fok. Így a légköri üvegházhatás 33 fokkal melegíti fel a felszínt.

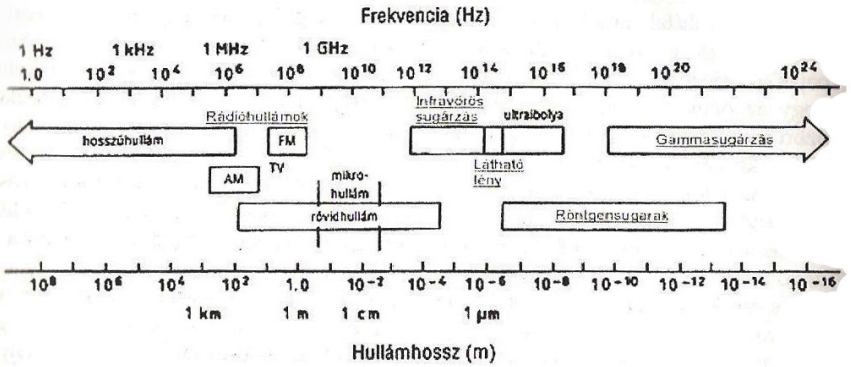
A légköri üvegházhatás kialakításában az üvegházhatású gázok eltérő mértékben vesznek részt. Legnagyobb szerepe a vízgőznek van, elsősorban a felhőzet révén. A vízgőz 13 billió tonnára becsülhető légköri mennyiségét az ember csak más folyamatokon keresztül (párolgás, csapadékképződés), közvetve befolyásolhatja. A többi üvegházhatású gáz mennyisége jóval kisebb - összesen is csak 360-370 milliomod térfogatrészt képez. Ezért mennyiségüket az ember számottevően módosíthatja, s így befolyásolhatja a Föld éghajlatát.

Az ózon

Az ózon a földfelszíntől egészen a legfelső légrétegekig, tehát az egész légkörben megtalálható. Ezért a hétköznapi szóhasználatban elterjedt „ózonréteg", „ózonpajzs" kifejezések nem fedik teljesen a valóságot. Hibásan azt a képzetet keltik, hogy az ózon csak egy jól elkülöníthető rétegben koncentrálódik, bár a légköri ózon mintegy 80%-a valóban egy viszonylag szűk magasságtartományban - 15 és 25 km között - helyezkedik el. Minden földi élőlény élete ettől a „méreghártyától" függ. Az ózon az oxigén 3 atomos formája a normális kettő helyett, mely erősen mérgező, kék színű, jellegzetes szagú, az oxigénnél másfélszer sűrűbb gáz. Elektromos szikra, csendes elektromos kisülés vagy ibolyántúli sugárzás hatására a levegő oxigénjéből keletkezik. Ez a szennyező anyag segíti a fotokémiai szmog és a savas eső kialakulását a Föld felszínén, ezzel szemben, magasan a fejünk felett, a sztratoszférában az életmentő ózonréteget alkotja. Az ózon az egyetlen olyan gáz az atmoszférában, amely ki tudja szűrni a Nap halálos ultraibolya sugarait. Olyan finoman oszlik el, ha összegyűjtenénk, egy füzetnyi vékony gyűrűt alkotna a Föld körül, mégis e törékeny szűrő nélkül az ultraibolya sugárzás megölne minden földi életet. Az elektromágneses sugárzás szűk hullámhossztartományára érzékeny az emberi szem: ez a tartomány a látható fény. Az összes ennél rövidebb hullámhosszú (nagyobb energiájú) elektromágneses sugárzásfajta kisebb-nagyobb mértékben veszélyt jelent az élő szervezetekre. Hullámhosszban kifejezve, a 100 és 400 nanométer (nm) közé eső hullámhosszúságú sugárzásokat nevezzük ultraibolyának (UV). Ezt még 3 részre oszthatjuk: extrém UV vagy más néven UV-C (100 nm-280 nm), UV-B (280 nm-320 nm) és UV-A (320 nm-400 nm) sugárzástartományok.

A Napból érkező ultraibolya sugárzás azonban nem mindig egyforma intenzitással éri a Földet, mivel a Nap-aktivitás nem egyenletes. Két periodikus tényezővel kell számolnunk. Egyik a 11 éves napfoltciklus, amely a Nap aktivitásának 11 éves periódusú változásával van kapcsolatban, a másik pedig a Nap 29 napos rotációja. Ezen felül rövid időre megnövekedhet a Nap UV sugárzása a kisebb-nagyobb kifényesedések (flerek) következtében. Ez utóbbiak hatása a földfelszín közelében nem észlelhető, mivel ekkor csak az extrém UV-tartományban, valamint még rövidebb hullámhosszokon történik sugárzásnövekedés.

4. sz. ábra. FREKVENCIA ÉS HULLÁMHOSSZ MEGOSZLÁS



Sugárzási tartományok

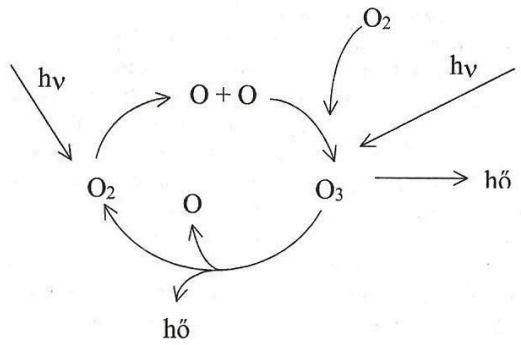
Az ózon keletkezése a légkörben

Az ultraibolya sugárzás jelentős hányadát a légkörben található ózon szűri meg, megakadályozva ezáltal, hogy e veszélyes sugárzás nagymértékben a földfelszínre jusson. Az ózon, vagyis a háromatomos molekulájú oxigén, a légkörben a gázok egymilliomod részénél is kisebb mennyiségben van jelen, de jelentősége az UV-sugárzás elnyelése miatt óriási.

Az ózonnak kétféle módon is szerepe van az UV-sugárzás megszűrésében. Egyrészt az ózonképző folyamatokhoz extrém UV-sugárzás kell, s emiatt e tartomány energiája felemésztődik az „ózongyártásban". Másrészt maga az ózon elnyeli (abszorbeálja) az UV-B-sugárzás döntő hányadát.

A Föld légkörébe érve az extrém UV hamarosan elkezd ionizálni, s ezzel gyengülni. Az oxigénmolekula a 242 nm-nél rövidebb hullámhosszú, extrém UV-sugárzás hatására disszociál, azaz két oxigénatomra bomlik. Ez a folyamat nagyobb magasságokban is lejátszódik ugyan, de ahogy lefelé haladva az oxigénmolekulák koncentrációja nő, egyre intenzívebbé válik. A sztratoszférában már elegendően nagyszámú egyéb molekula van jelen ahhoz, hogy segítségükkel úgynevezett „hármas ütközési reakcióval" az atomos oxigénből ózon keletkezzék. Az extrém UV-sugárzás az alsó sztratoszférában már gyakorlatilag eltűnik, tehát ennél alacsonyabb magasságokba nem jut el (mire ideér, összes energiája felemésztődik a különböző folyamatokban).

5. sz. ábra. ÓZONCIKLUS



Az egyszerűsített ózonciklus

Az ózon képződése és bomlása az emberi tevékenységből származó vegyületek hiányában:

$O_2 + h\nu \rightarrow O + O$
$O + O_2 \rightarrow O_3$
$O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O$
$O + O_2 \rightarrow O_3$
$O + O_3 \rightarrow O_2 + O_2$

Egyre lejjebb haladva a légkörben, egyre több oxigén, illetve „harmadik ütköző részecske" áll rendelkezésre, így növekszik az ózontartalom. A 12-14 km-es magasságban azonban elfogy – az addig energiájával sokféle folyamatot tápláló – extrém UV, s így lejjebb már nem tud ózon keletkezni. Mégis találunk ózont a troposzférában (átlagosan az összózon mennyiségnek 10%-át), ugyanis egyrészt az áramlások leszállítják, másrészt az ózonnak vannak fölfelszíni forrásai is.

A légköri ózon területi eloszlása

A légköri ózon mennyiségét az erre a célra kifejlesztett nagy pontosságú Dobson-spektrofotométerrel mérjük. Egy dobson annak az ózonrétegnek a vastagságát jelenti századmilliméterekben, amely a földfelszíni mérési pont fölött kialakulna, ha a légoszlopban lévő összes ózon hőmérséklete és nyomása a földfelszíni értéket venné föl. Ez azt jelenti, ha az ózontartalom pl. 300 dobson, akkor az összes ózon 3 milliméter vastag réteget képezne a felszínen.

Az ózon keletkezési mechanizmusának ismeretében nyilvánvaló, hogy a leg-

több ózon a Föld azon területei fölött képződik, ahol a legnagyobb a beérkező sugárzás mennyisége, azaz az Egyenlítő környékén.

Ahol azonban a legtöbb ózont várnánk, ott van a legkevesebb, az Egyenlítőn, miközben mennyisége észak felé haladva növekszik. Ennek oka egyrészt az ózonbontó fotokémiai reakciók hatékonysága, amely a pólus felé haladva csökken a beeső sugárzás gyengülése miatt. Másrészt a jelenség magyarázatát a sztratoszféra áramlási viszonyaiban kell keresnünk. Késő télen és kora tavasszal a sarkvidéken erős leszálló mozgások figyelhetők meg a sztratoszférában, míg a trópusok felett az alsó sztratoszférában lassú feláramlás észlelhető. A sarkvidéki leszálló mozgások következtében a felső sztratoszférában a pólus felé, míg az alsó sztratoszférában az Egyenlítő felé tartó áramlás indul meg. Az alsó sztratoszférában felhalmozódott ózon azonban az alacsonyabb szélességek felé haladva az egyre magasabbra nyúló troposzférába kerül, és különösen nyáron, ott elbomlik. Ez az oka annak is, hogy egy adott szélességen ősszel mérjük a legalacsonyabb, és tavasszal a legmagasabb ózonértékeket.

Az őslégkörtől az ózonlyukig IV.

Az ózon pusztulásának elméletei

Légköri mozgások. A kutatók számos elméletet dolgoztak ki az ózonlyuk képződésének magyarázatára, majd több nagyszabású kutatóexpedíció révén sikerült kizárni a hibás okfejtéseket. Az egyik fő elgondolás szerint az ózonlyukat egyedül a légköri mozgások hozták létre. A sarkvidékek légkörzése valószínűleg fokozatosan megváltozott, és tavasszal felszálló légáramlás tapasztalható az Antarktisz fölött. E szelek hatására az ózonban gazdag sztratoszferikus légtömegeket 10 kilométernél kisebb magasságból, a troposzférából származó ózonszegény levegő váltotta föl.

Max Loewenstein és kutatócsoportja (NASA Ames Kutatóközpontja), valamint Leroy E. Heidt és munkatársai (USA Országos Légkörkutatási Központja, NCAR) kimutatták, hogy ez az elképzelés nem állja meg a helyét. Ha igazuk volna a cirkulációs elmélet híveinek, akkor az általuk használt dinamikus modellek értelmében a földfelszínről származó járulékos gázoknak is jelentős mennyiségben kellene előfordulniuk az ózonlyuk magasságában. A mérések azonban csak kevés járulékos gázra utaltak, vagyis az ózonlyuk körüli légtömegek fentről a sok ózont tartalmazó légrétegekből származnak

Egy másik elmélet szerint az ózon megfogyatkozásáért kémiai folyamatok felelősek. Az egyik legelső elképzelés szerint azok a reakcióképes nitrogénvegyületek, amelyek normális esetben az ózon lebomlásának legfőbb előidézői a sztratoszféra alsó részében, az ózonlyuk környezetében is feldúsultak, mégpedig a Nap-tevékenység erősödése és a légkörzés következtében. A fenti elmélet értelmében a Déli-

sark fölött nagy magasságban – a Nap fokozott tevékenysége nyomán – reakcióképes nitrogénvegyületek jönnek létre, majd lefelé irányuló légmozgások hatására a sztratoszféra alsó részébe kerülnek, oda ,ahol az ózon ritkulása is megfigyelhető. Azonban Crofton B. Farman és munkatársai (NASA Jet Propulsion Laboratory), George H. Mount és kollégái (USA Országos Óceán- és Légkörkutató Hivatala, NOAA) valamint más kutatók úgy gondolták, hogy az ózonlyukban a reakcióképes nitrogénvegyületek is kisebb mennyiségben fordulnak elő, vagyis ez az elképzelés nem helytálló.

Farman és munkatársai fölvetettek egy harmadik kémiai magyarázatot, amely napjainkban már széles körben elfogadásra talált. Mario J. Molina (jelenleg a Massatchusettsi Műegyetem munkatársa), valamint F. Sherwood Rowland (Kaliforniai Egyetem, Irvine) a hetvenes években végeztek kísérleteket. Ezek alapján Farmanék úgy vélik, hogy az ózonlyuk kialakulásáért a klórvegyületek felelősek. A klór elsősorban emberi tevékenység, mégpedig a klórozott szénhidrogének (CFC-k) kibocsátásával kerül a légkörbe. A CFC-k kémiailag semleges vegyületek, amelyeket széles körben alkalmaznak légkondicionáló berendezések és hűtőszekrények hűtőközegeként, valamint szigetelőhabok gyártásánál. A CFC-k akár ötvenszáz évig is megmaradhatnak a légkör alsóbb részében, ahol a szelek pár év alatt az egyetlen pontból kibocsátott CFC-molekulákat is egyenletesen szétoszlatják. Végül évtizedek múltán a CFC-molekulák elérik a sztratoszféra közepes magasságait: 30 kilométerre vagy még magasabbra jutnak, és ott a Nap ultraibolya sugárzásának hatására szétbomlanak.

A CFC molekulákból felszabaduló klór részben szabad állapotban, részben – az ózonnal való reakciója után – klór-monoxid (ClO) formájában van jelen. A klór e két igen reakcióképes formája stabil vegyületekké, ún. „klórrezervoárokká" alakulnak át. A klórrezervoárok egyik fajtája a sósav (HCl) gáz halmazállapotú vegyületei, amelyek a légkör közönséges alkotórészei. A klórrezervoár vegyületek önmagukban nem károsítják az ózonréteget, mert a bennük megkötött klór nem lép reakcióba az ózonnal. Az első számítógépes modellek arra engedtek következtetni, hogy a CFC-k aligha gyakorolhatnak komoly hatást az ózonrétegre, hiszen csak kevés ózont bomlasztanak fel.

Tehát az Antarktisz sztratoszférájában a klórnak valami módon föl kell szabadulnia a klórrezervoár vegyületekből. Susan Solomon és munkatársai , valamint Michael B. Mc Elroy és kollégái (Harvard Egyetem) 1986-ban felvetették, hogy az ózon megfogyatkozása és a sarkvidéki sztatoszferikus felhők között megfigyelt kapcsolat talán arra utal, hogy a felhő jégszemcséinek felszínén klórt felszabadító kémiai reakciók mennek végbe.

Az emberiség hosszú évezredeken keresztül csak korlátozott tevékenységet folytatott, ami a természet egészét alig érintő, lokális változásokat okozott. Az ipari forradalom óta azonban a helyzet gyökeresen megváltozott. A 20. század az emberiség történetében eddig soha nem tapasztalt fejlődést eredményezett. A népesség

száma rohamos növekedésnek indult, az egy főre jutó energiafelhasználás minden eddigi méretet sokszorosan felülmúlt. Az elegendő táplálék biztosításához egyre fejlettebb mezőgazdasági technológiák elterjesztésére volt szükség. Korszakunk növekvő ipari és mezőgazdasági termelése, de nem utolsósorban a motorizált közlekedés a légkört sem kíméli. Vegyük sorra azokat az anyagokat, amelyek az emberi tevékenység folytán, tehát antropogén forrásokból kerülnek a légkörbe, nem zárva ki azt, hogy ezek egy része természetes forrásokból is ered. A táblázat nem teljes, csupán a fontosabb hatások kiemelése volt a cél.

6. sz. ábra. AZ EMBERI TEVÉKENYSÉG ÁLTAL A LÉGKÖRBE JUTTATOTT ANYAGOK

MEGNEVEZÉS		ANTROPOGÉN FORRÁS	HATÁSA A LÉGKÖRBEN
Nitrogén-oxidok	NO_x	közlekedés, repülőgépek, műtrágyagyártás	salétromsav képződés, savas esők, ózonbontás, szmog keletkezés
Kén-dioxid	SO_2	fosszilis tüzelőanyagok égetése, közlekedés	kénsav képződés, savas esők
Szén-monoxid	CO	fosszilis tüzelőanyagok égetése, közlekedés	egészségártalom, üvegházhatás
Szén-dioxid	CO_2	fosszilis tüzelőanyagok égetése, közlekedés	üvegházhatás
Metán	CH_4	rizstermesztés, szarvasmarha- és juhtenyésztés	üvegházhatás, oxigén szabályozás
Halogénezett szén-idrogének, freonok	CFC	hűtőberendezések, szórópalackok	ózonbontás, üvegházhatás
Ólom	Pb	gépjárművek kipufogógázai	egészségártalom
Aeroszol		ipar, közlekedés	a légkör sugárzásáteresztő képességének csökkentése (lehűlés)
Ózon a talajközeli levegőben	0_3	közlekedés, ipar	egészségártalom, növények károsodása, üvegházhatás

A légkörbe kerülő antropogén származású anyagok mennyiségéről pontos adataink nincsenek, csak becslések állnak rendelkezésünkre. A természeti erőforrások és bizonyos mesterséges erőforrások energiájának arányait azonban viszonylag jó megközelítéssel hasonlíthatjuk össze.

Az ember által előállított energiák szinte eltörpülnek a természet energiái mellett. Ne tévesszen meg azonban senkit az óriásinak tűnő különbség. Ezek átlagos adatok, amelyekből kiderül, hogy vannak a Földön olyan régiók, ahol a mesterséges hőtermelés aránya ennél jóval magasabb. A nagyvárosok mikroklímája elég jó példa erre, de a nagy teljesítményű erőművek körzetében is felszabadulhat akkora hőenergia, amekkora egy nagyobb zivatarfelhőben. A légkört különben nem az

antropogén eredetű energiák veszélyeztetik, hanem a tágabb értelembe vett környezetszennyezés juttat olyan anyagokat oda, amelyek kiszámíthatatlan változásokat okoznak.

Globális felmelegedés; tények és kérdőjelek

Napjaink egyik legvitatottabb kérdése, hogy a gyarapodó üvegházhatású gázok milyen módon befolyásolják a globális éghajlatot bolygónkon.

Ami a hosszabb távú globális kilátásokat illeti, ez idő szerint három dolgot tudunk biztosan:

(1) Tudjuk, hogy az éghajlat nem változatlan (geológiai adatok bizonyítják, hogy az évmilliók során nagyon jelentős változások történtek).

2) Tudjuk, hogy a vízgőz és a különféle "üvegházhatású gázok", köztük elsősorban a szén-dioxid, milyen szerepet játszanak az éghajlat alakításában (ha a légkörben nem volna vízgőz és az említett üvegházhatású gázok is mind hiányoznának, akkor a felszínközeli globális évi középhőmérséklet a jelenlegihez képest kereken 33 °C-kal alacsonyabb volna).

(3) Végül tudjuk, hogy az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja évtizedek óta állandóan és jelentősen növekszik.

E tények alapján jogos a feltevés, hogy a légköri üvegházhatás fokozatosan erősödik, s hogy ez a felszínközeli globális középhőmérséklet emelkedését eredményezheti. De mindez csak feltételezés, mert számos körülmény és bonyolult kölcsönhatás (pl. az aeroszolok, felhőzet és óceánok szerepe) nagy bizonytalanságot okoz... De ettől függetlenül, az említett feltételezést tudományos szempontból csak akkor tekinthetnénk bizonyítottnak, ha sikerülne kimutatni, hogy a globális melegedés valójában megindult, folyamatban van. Ezért a meteorológusok évek óta árgus szemekkel figyelik a felszínközeli léghőmérséklet globálisan átlagolt értékeinek alakulását. Azt már a 80-as évek elejétől kezdve látni lehetett, hogy ezek az átlaghőmérsékletek évről évre emelkednek, s ehhez hozzá lehet tenni, hogy az elmúlt év időjárásáról készített összesítés szerint 1995-ben is folytatódott a globális évi középhőmérsékletek lassú emelkedése. Az is tény, hogy az eddigi emelkedés nem haladta meg a lehetséges természetes változékonyság mértékét, tehát tudományos szempontból máig sincs perdöntő bizonyítékunk arra, hogy a globális melegedés valóban megindult.

Ózon, ózonréteg, ózonlyuk

A sztratoszférában elhelyezkedő ózonréteg fontosságát korábban már megismerhettük. Óriási szerepe van abban, hogy az élet a szárazföldön is megvethette a lá-

bát. Ugyanakkor azt is tudjuk, hogy kialakulását az életnek köszönheti, hiszen az oxigént, melyből az ibolyántúli sugárzás hatására képződik, élő szervezetek juttatták bolygónk légkörébe.

Az ózon az oxigén háromatomos módosulata (O_3). Nagyon erős oxidálószer, ezért már kis mennyiségben is mérgező, az élőlényekre kimondottan veszélyes gáz. A tenger szintjében uralkodó légnyomáson a légkör teljes ózontartalma alig érné el a 3 mm-es vastagságot. A sztratoszférában viszont több tíz kilométeres légrétegben oszlik el a légköri gázok alig egymilliomod részét kitevő ózon, és hathatósan védi a földi életet azzal, hogy elnyeli az ibolyántúli sugarak bizonyos hullámhosszúságú sávjait. Az ózonnak kétféle módon is szerepe van az UV-sugárzás megszűrésében. Az egyik közvetett: az ózonképző folyamatokhoz extrém UV-sugárzás kell, s emiatt e tartomány energiája felemésztődik az „ózongyártásban". Másrészt maga az ózon elnyeli (abszorbeálja) az UV-B-sugárzás döntő hányadát. Az ózon keletkezése és bomlása állandó folyamat.(Ez a bomlási folyamat termeli azt a hőt, amitől megemelkedik a hőmérséklet a sztratoszférában.)

Elméletileg az oxigén és ózon aránya hosszabb távon nem változik. A valóságban azonban ez nincs így, mert bizonyos szennyezőanyagok megbonthatják a dinamikus egyensúlyt. A légköri ózon mennyiségét az ún. *Dobson-spektrofotométer*rel mérjük. Egy dobson annak az ózonrétegnek a vastagságát jelenti századmilliméterekben, amely a földfelszíni mérési pont fölött kialakulna, ha a légoszlopban lévő összes ózon hőmérséklete és nyomása a földfelszíni értéket venné föl. Ez azt jelenti, ha az ózontartalom pl. 300 dobson, akkor az összes ózon 3 milliméter vastag réteget képezne a felszínen.

Az ózon a földfelszíntől egészen a legfelső légrétegekig megtalálható az egész légkörben. Ezért az „ózonréteg", „ózonpajzs" kifejezések nem fedik teljesen a valóságot. Hibásan azt a képzetet kelthetik, hogy az ózon csak egy jól elkülöníthető rétegben koncentrálódik, noha a légköri ózon mintegy 80%-a valóban egy viszonylag szűk magasságtartományban – 15 és 25 km között – helyezkedik el. Bár a felszín közelében a légköri ózonnak csak töredék része található, az arány manapság megváltozni látszik. A felszín közeli rétegekben egyre növekvő mértékben jelenik meg az ózon. A városokban és környékükön a korszerű életforma egyik kellemetlen következménye a fotokémiai szmog. Ezzel a kifejezéssel azt a nem kívánatos, agresszív és az élőhelyeket pusztító gázelegyet illetik, amely az emberi tevékenység során kibocsátott gázokból (főként a járművek kipufogógázainak nitrogén-oxidjaiból és szénhidrogénjeiből) a napsugárzás hatására jön létre.

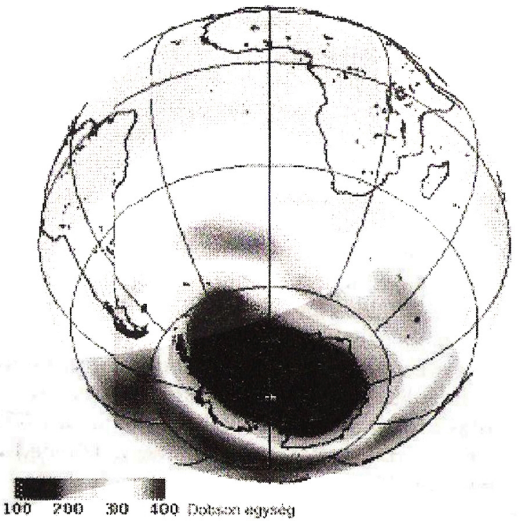
E fotokémiai reakciók egyik fő terméke az ózon, amely egyben a szmog okozta szembántalmak, tüdőelégtelenség, valamint a fák és a gabonafélék károsodásának fő okozója is. A szmog súlyosságát éppen ezért általában a földfelszíni ózonkoncentráció alapján ítélik meg. A fotokémiai szmog még a trópusok és szubtrópusok nagy területein is megjelenik, különösen a szavanna rendszeres felégetése miatt. Egyes vidékeket akár minden évben felgyújtanak, s ilyenkor nagy mennyiségű

szmogképző anyag szabadul fel. Mivel ezeken a területeken bőséges és erős a napsugárzás, a fotokémiai reakciók gyorsan lezajlanak, az ózonkoncentráció könnyen elérheti a rendes érték ötszörösét is. A kutatók a XIX. század vége óta mérik a légköri ózon mennyiségét, eleinte csak a földfelszínről, majd később bonyolult légi berendezésekkel a magasabb légrétegekben is. A legrégebbi adatok szerint mintegy száz évvel ezelőtt Nyugat-Európában a „természetes Q ózonszint 10 részecske volt egymilliárd molekulánként a felszín közelében. Ma a jellemző nyugat-európai érték ennél kétszer-négyszer nagyobb. Az utóbbi időben Nyugat-Európában, Kaliforniában, az Egyesült Államok keleti részén és Ausztráliában gyakorta a természetes szintnél tízszer nagyobb ózonkoncentrációt mértek.

Habár a felszínközeli ózonmennyiség csökkenése a szennyezett területeken hasznos lenne, a sztratoszféra ózontartalmának legkisebb csökkenése is zavaró, mert ennek hatására megnő a földre jutó ibolyántúli sugárzás, ami súlyos következményekkel járhat. Az emberi bőrrák és szürkehályog gyakoriságát növelheti, továbbá károsíthatja a gabonát és a tengeri táplálékláncalapját képező mikroszkopikus növényeket, a fitoplanktontis. 1985-ben a British Antarctic Survey kutatói drámai felfedezésről adtak hírt: az antarktiszi Halley-öböl felett 1977 és 1984 között a tavaszi évszakban az ózontartalom 40%-kal csökkent; azaz felfedezték az „ózonlyukat". Azóta több mint egy évtized eltelt, és az ózoncsökkenés hátterében rejlő kémiai folyamatok ismertté váltak. A felfedező kutatók (M. J. Molina, F. Sherwood Rowland és P. J. Crutzen) 1995-ben megkapták a kémiai Nobel-díjat.

A légköri ózonfogyás legalább 20 éves múltra visszatekintő tendencia, és ma már az egész Földre kiterjed. Az ember tehát e vonatkozásban mesterségesen megváltoztatta a légkör összetételét. Kérdés persze, hogy milyen mértékben? Pontosabban fogalmazva: teljes egészében magunkat kell-e vádolni ezért a kb. 2%-os 10 évenkénti csökkenésért? Nos úgy tűnik, hogy nem. Azoknak a kémiai-dinamikai modellszámításoknak az eredményei, amelyek a sztratoszféra kémiájában az emberi tevékenység okozta változásokat hivatottak megbecsülni, azt mutatják, hogy x sztratoszféra kémiai összetételébe történő antropogén beavatkozás maximális becslések szerint is csak kb. 0,8%/10 évenkénti csökkenést okozna az ózontartalomban, vagyis az észlelt trend kb. felét. Felvetődik a kérdés: mi okozhatja a többit? Furcsán hangzik, de a legfőbb gyanúsított maga a légkör, amelynek jellemző sajátossága, hogy minden egyes paramétere hosszabb távon is folyamatosan változik. Elképzelhető tehát, hogy az éghajlati rendszer jelenlegi állapotában az ózonkoncentráció változásainak épp egy csökkenő szakaszában. Ha ez így is lenne, természetesen az sem csökkentené az ember felelősségét. Különösen nem, ha a probléma legdrámaibb, leglátványosabb eseményére, az „ózonlyuk"-ra gondolunk. Ez ugyanis egyértelműen az emberi tevékenység sajnálatos terméke. A becslések szerint legalább egy évszázad kell ahhoz, hogy a sztratoszférában visszaálljon a normális klórtartalom, még akkor is, ha azonnal beszüntetjük az ózont elpusztító halogénezett szénvegyületek felhasználását.

7. sz. ábra. Az „ÓZONLYUK" 1996. OKTÓBERBEN AZ ANTARKTISZ FELETT



1997-ben jelentős ózoncsökkenést figyeltek meg az északi félgömb mérsékelt és sarki szélességeinek teljes ózonkoncentrációjában. A legnagyobb ózonhiány január közepén kezdődött és március végéig tartott. Az ózonkoncentráció több napon is 250 m atm cm alatt alakult, ez havi átlagértékben több, mint 20-30 százalékkal alacsonyabb az 1957-1979-es időszak átlagánál. Ugyanekkor sarki hideg sztratoszférikus áramlási örvény uralkodott ezen a területen, amelyben a hőmérséklet mintegy 12-15 °C-kal az átlag alatt volt. A -78°C alatti hőmérsékletek elősegítik a sarki sztratoszférikus felhők keletkezését, amelyek az antropogén halogéntartalmú anyagok jelenlétében és a növekvő napsugárzás következtében súlyosan károsíthatják az ózonréteget. Az Antarktisz fölötti „ózonlyuk" az elmúlt négy évben hasonló méretű volt.

Az ózon csökkenésének van egy olyan következménye is, amelyik nem közvetlenül az élővilágot károsítja, hanem a Föld klímájában okozhat ma még nem látható változásokat. A sztratoszférikus ózon mennyiségének változásaival a sztratoszféra hőmérséklete is változik. Előidézheti a globális földi légkörzés lassú megváltozását. Ezek a változások azonban már közvetlenül is érintenének bennünket.

Az ózon pusztulásáért felelős anyagok

Halokarbonok

A halokarbonok a sok ember alkotta gázok összefoglaló neve. Szént és halogént (fluor, klór vagy bróm atomokat) tartalmaznak. Közéjük tartoznak a freonok (klorofluorokarbonok: CFC-k), melyek fluortartalmú szénhidrogének, valamint a halonok, melyek brómot tartalmaznak. Az első halokarbont 1928-ban a Du Pont cég szintetizálta. Azóta használják a széles körben elterjedt freon gázokat töltőgázként szórópalackokban, puha és kemény műanyag habok gyártásánál, hűtőgépekben, légkondícionálókban és tisztító hatású oldószerekben tűzoltásra és fertőtlenítésre, következésképpen az atmoszférában gyorsan növekedett a koncentrációjuk.

A metil-bromid (CH_3Br) elterjedt kemikália, amely veszélyezteti az ózonpajzsot. Felszabadulhat belőle a bróm, mely 30-60-szor pusztítóbb az ózonra nézve, mint a klór.

A metil-bromidot talaj és árucikkek fertőtlenítésére, a nemzetközi kereskedelemben néhány termény esetében karantén kezelésénél és üzemanyag adalékként használják. Az ember által kibocsátott éves teljes metil-bromid mennyiség mára az 1980-as évek elején kibocsátott 40.000 tonna kétszeresére emelkedett. Ráadásul a természetes források, mint a biomassza égése további 30-50.000 tonnával járul hozzá az évi szennyezéshez. Az előállított CH_3Br-nak több mint fele bekerül az atmoszférába, ahol koncentrációja jelenleg a térfogat 8 és 15 milliárdod része között változik. Jelenleg nincs egyetlen alternatív anyag sem, amely képes lenne helyettesíteni a metil-bromidot minden felhasználási területén.

Akcióterv az ózonpajzs megmentésére

A WMO 1975-ben kiadott első kormányközi tudományos állásfoglalása, mely az ózonréteg fenyegetettségére figyelmeztet, jogi lépéseket készített elő. 1976-ban, az UNEP olyan vizsgálatot kezdeményezett, amely „az emberi eredetű vegyi anyagok bármilyen nemzeti vagy nemzetközi ellenőrzésének szükségességét és indoklását vizsgálta". Még abban az évben az UNEP Vezetőtanácsa összehívott egy találkozót a kormányok, kormányközi és nem kormányzati szervek szakértői számára. A WMO csatlakozott az UNEP-hez. 1977. március 1–9. között Washingtonban közös találkozót rendeztek. A WMO kiadta 80 oldalas tanulmányát a „Jelenlegi ismereteink az adatelemzésről, a modellezésről, a fotokémiáról és az UV-B mérésekről". Az UNEP teremtette meg az alapokat a nemzetközi akciókhoz. Harminckét ország képviselői adoptálták „Az ózonpajzs globális akciótervét". Ez a huszonegy pontból álló kutatási terv felölelte az ózon és a napsugárzás monitorozását, az ózonpusztulás hatását az emberi egészségre, az ökoszisztémákra és az éghajlatra, valamint

felmérte az ellenőrző vizsgálatok költségét és nyereségét. A WMO felelősséget vállalt az atmoszféra kutatási terve iránt, az UNEP mint katalizátor és koordinátor szerepelt. A kormányszakértők az akcióterv elfogadásával azt is tudomásul vették, hogy létezik egy potenciális probléma, bár az akció-javaslatok kidolgozását még el kellett végezni. E szellemben tett néhány ország lépéseket a CFC gázok kontrollálására; az USA, Kanada, Norvégia és Svédország kezdte beszüntetni a töltőgázos palackok használatát, nélkülözhetetlen (gyógyászati és egyéb) célú felhasználásuk kivételével. 1980-ban az Európai Közösség Bizottságának tagjai megállapodtak, hogy a CFC-11 és a CFC-12 gyártó kapacitásukat nem növelik, és 1982-re a hajtógázos palackok 30%-os visszaszorítását irányozták elő. [8]

Az UNEP létrehozott egy ózonpajzs koordináló bizottságot, hogy az akcióterv kivitelezését ellenőrizze. A bizottság tagjai az a WMO-val, a WHO-val (Egészségügyi Világszervezet) kapcsolatban álló országok képviselőiből állt. A bizottság az 1980-as évek közepéig rendszeresen ülésezett és a nemzetközi munka gyújtópontjává vált. Az ózon pusztulására vonatkozó hipotéziseket a tudósok mindaddig vitatták, az ipar pedig mindaddig ellentmondott ezeknek, amíg a CFC-termelés ellenőrzésének igénye elfogadottá nem vált.

A bécsi konvenció

Az évek során egyre jobban elfogadták az ózonpajzs védelmére tett nemzetközi lépések szükségességét. 1982 januárjában az UNEP összehívta a jogi és technikai szakértők ad hoc csoportjának első találkozóját, hogy kidolgozzák „Az ózonpajzs védelmére létrehozandó globális keretmegállapodást". A WMO lehetővé tette a kérdés részletes tudományos vizsgálatának előkészítését. A találkozó határolta be az elkészítendő megállapodás kereteit. Három év UNEP által koordinált intenzív tárgyalássorozat után az egyezményt Bécsben fogadták el, 1985 márciusában. A Bécsi Konvenció 21 pontja kötelezi a feleket, hogy az emberi egészséget és a környezetet védjék az ózonpusztulás hatásaitól. Ennek két függeléke gondoskodik arról, hogy a résztvevő államok részt vegyenek az atmoszféra ózonkutatásában, a megfigyelésekben, illetve az adat-, és információcserében. Arról is megállapodtak Bécsben, hogy a konkrét mérések előkészítését a konvenció kiegészítésének formájában oldják meg.

A montreali egyezmény

Mérföldkövet jelent „Az ózonpajzsot veszélyeztető anyagokról szóló kiegészítés", melyet 1987 szeptemberében fogadtak el Montrealban. A dokumentum 2000. évre 50%-os CFC csökkenést írt elő. Az Egyezmény átfogó tervet tartalmaz a termelés és

a fogyasztás megszüntetésére, csakúgy, mint az ózont károsító kemikáliák gyártásának, exportjának és importjának ellenőrző mérésére. Az Egyezményhez csatlakozó felek létrehoztak egyes tudományos témákért, a környezeti hatásokért és a technikai és gazdasági felmérésekért felelős szakértői bizottságokat is.

A Bécsi Konvenció és montreali kiegészítése az emberiség szolgálatába állított tudomány kiemelkedő példája. Az atmoszférát kutató tudósok fedték fel a halokarbonok veszélyeit, lehetőséget adva a világ politikai vezetőinek, hogy döntő lépéseket tegyenek az ózonpajzs védelmében.

Az ózonpajzsot károsító anyagok kivonásának tervezete

Az 1987-es Montreali Egyezményben szereplő kemikáliák:
- CFC-k (11, 12, 113, 114, 115): 1986-os szintet 20%-kal kell csökkenteni 1994 végére; 50%-kal kell csökkenteni 1999 végére.

A Montreali Egyezmény Londoni Kiegészítése – 1990:
- CFC-k (13, 111, 112, 211): 1989-es szintet 20-kal kell csökkenteni 1993 végére;
- CFC-k (212, 213, 214, 215): 1989-es szintet 85%-kal kell csökkenteni 1997 végére;
- CFC-k (216, 217): 1989-es szintet 100%-kal kell csökkenteni 2000 végére;
- Halonok (1211, 1301, 2402): az 1986-os szintet kell tartani 1992-ben, majd csökkenteni kell 50-kal 1995 végére, és 100%-kal 2000 végére;
- Széntetraklorid: 1989-es szintet csökkenteni kell 85%-kal 1995 végére, és 100%-kal 2000 végére;
- Metil-kloroform: 1993-ban az 1989-es szintet kell tartani, majd csökkenteni 30%-kal 1995 végére, 70%-kal 2000 végére, és 100%-kal 2005 végére.

A Montreali Egyezmény további szigorítása (Koppenhágai Kiegészítése, 1992):
- CFC-k csökkentése 100%-kal 1995 végére;
- Halonok csökkentése 100%-kal 1993 végére;
- Széntetraklorid csökkentése 100%-kal 1995 végére;
- Metilkloroform csökkentése 100%-kal 1995 végére;
- Metil-bromid az 1991-es szint tartása 1994 végére;
- A kemény freonok (HCFC-k) esetében az 1989-es szint csökkentése 35%-kal 2004 végére, 90%-kal 2014 végére, 99,5%-kal 2019 végére, és 100%-kal 2029 végére.

A WMO és az UNEP aktív együttműködésével lehetővé vált, hogy a környezetvédelem első jelentős eredményét elérjék: azonosítottak egy veszélyforrást, majd a pusztulás növekedésének visszaszorítására tettek lépéseket, olyan korai stádiumban, amikor az ózonpusztulás hatásai még nem voltak érzékelhetők. Az ózon témakörében tartott tárgyalások és megegyezések jelezték, hogy a világ nemzetei