

magyar kémikusok lapja

KÜLÖNNYOMAT

A reakciókinetika néhány újabb eredménye a légkörkémiában és az égéstudományban*

Irodalmi összefoglaló

TURÁNYI TAMÁS**

Bevezetés

Áttekintő közleményünkben a reakciókinetika az utóbbi években a légkörkémiában és az égéskémiában elért néhány új eredményét mutatjuk be. Mindkét tudományterületen a kinetikai kutatások célja az összetett reakciók fő reakcióútjainak és az elemi reakciók sebességi együtthatóinak meghatározása. Ezeket az ismereteket utána felhasználják a légkör emberi hatásra legérzékenyebb részeinek megismerésére és környezetbarát technológiák kidolgozására.

Az utóbbi évtizedekben világossá vált, hogy egyes légkörbe jutó szennyezőanyagok környezeti katasztrófát okozhatnak. Az egész Földre kiterjedő katasztrófával fenyeget a sztratoszféra ózonkoncentrációjának csökkenése, az üvegházhatást okozó gázok koncentrációjának növekedése és az aeroszol mennyiségének változása. Kontinentális, illetve regionális probléma a savas eső, a fotokémiai szmog, és a légkörbe került szennyezőanyagok átalakulása más, mérgezőbb anyagokká. Ezeknek a környezeti problémáknak a vizsgálatával a légkörtudomány foglalkozik, mely magában foglalja a légkörfizikát és a légkörkémiát. Mivel alapvető fontosságú annak ismerete, hogy milyen gyorsak a kémiai folyamatok a légköri fizikai folyamatokhoz képest, ezért a légkörkémiavizsgálatainak középpontjában a reakciókinetika áll. A következőkben néhány légkörtudományi alapfogalom felidézése után a légkörkémiához kapcsolódó reakciókinetikai kutatások két érdekes és fontos területét tekintjük át.

A troposzféra a légkör legalsóbb rétege, mely a földfelszíntől Magyarország felett közel 12 km magasságig terjed. Vastagsága függ a föld hőmérsékletétől, így a sarkok felett 7 km, az egyenlítő felett mintegy 17 km magas. A troposzférában a levegő hőmérséklete csökken a magassággal és ezért a troposzférában erőteljes a légkör keveredése. A troposzféra alsóbb rétegeiben vannak az esőfelhők és itt hull a csapadék is. A hőmérséklet a legalacsonyabb a tropopauzában, ami a troposzféra és sztratoszféra közötti határreteg. A sztratoszféra a tropopauzától mintegy 50 km magasságig terjed. A sztratoszférában a hőmérséklet növekszik a magassággal, mert az elnyelt napsugárzás melegíti a levegőt. A Föld légköre az egyenlítőnél mintegy 42000 km vastag, de itt most nem foglalkozunk a sztratoszféra feletti légrétegekkel. A troposzféra legjellemzőbb kémiai reakciója a szerves anyagok reakciója OH-gyökökkel, mely szerves gyököket eredményez. A sztratoszférában a jellemző reakció a molekulák fotolízise a nap UV sugarai hatására.

* A szerző eredetileg társszerzője volt Keszei Ernő "A heterogén katalízis és reakciókinetika néhány újabb eredménye" című közleményének. A szerkesztőség kérésére rövidítési célból a témát önálló közleményként dolgozta ki.

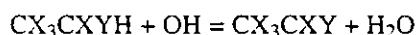
** ELTE Fizikai Kémia Tanszék, 1518 Budapest Pf. 32. és MTA KKKI, 1525 Budapest Pf. 17.

CFC- és halonhelyettesítők kémiai kinetikája

A szénhidrogének hidrogénatomot nem tartalmazó klór- és fluorszármazékai, a kloro-fluoro-karbonok (CFC) nem reaktívak a troposzférában és így feljutnak a sztratoszférába. Számos kloro-fluoro-karbondat (pl. CF_2Cl_2 , CFCl_3 , $\text{CClF}_2\text{CClF}_2$) használt eddig az ipar mint hűtőszekrény hűtőközeget, tisztítószert vagy habosítóanyagot. A halonok (pl. CF_3Br , CF_2ClBr) általánosan használt hatékony tűzoltószerek voltak. A sztratoszférában ezek a vegyületek fotolizálódnak és bróm-, klór- és fluoratomok szabadulnak fel belőlük. A halogénatomok katalitikus folyamatokban lebontják a sztratoszféra ózonját. Emiatt – mint ismeretes – a CFC-vegyületek és a halonok használatát nemzetközi egyezményekben tiltották meg. Lehetséges helyettesítő anyagaik a hidrogént is tartalmazó hidro-fluoro-karbonok (HFC) és hidro-kloro-fluorkarbonok (HCFC). Ma már nagy tételben gyártják például az alábbi kódjelű anyagokat: HFC-134a (CF_3CFH_2), HCFC-141b (CFCl_2CH_3), és HCFC-142b (CF_2ClCH_3). Az utóbbi időben a kinetikai kutatások egyik fő célja az volt, hogy meghatározzák ezeknek a vegyületeknek az élettartamát a troposzférában és ózontartó képességüket (ozone depletion potential, ODP) a sztratoszférában. Ezek az anyagok gyakran üvegházhatású gázok is, ezért fontos, hogy a javasolt vegyület hozzájárulása a globális felmelegedéshez (global warming potential, GWP) is kicsi legyen [1].

A HFC és HCFC vegyületek élettartama a troposzférában elsősorban az illető vegyület és az OH-gyök közötti reakció sebességétől függ, melyet a 240 és 315 K közötti hőmérséklettartományban kell ismernünk. Ennél összetettebb feladat a kindulási vegyület valamennyi lebomlási származékának azonosítása és ezek élettartamának meghatározása. Csak akkor lehetünk biztosak abban, hogy a vizsgált vegyület és egyetlen származéka sem jut fel a sztratoszférába, ha azok élettartama kellően rövid. További feltétel, hogy a lebomlási származékok nem lehetnek mérgezőek. Egyszóval, a kinetikai kutatások célja a teljes lebomlási mechanizmus meghatározása valamennyi javasolt CFC-t helyettesítő vegyületre.

A HFC és HCFC vegyületek első reakciója mindig OH-gyökkel játszódik le:



Ilyen típusú reakciót számos csoport vizsgált. Az 1. táblázat tartalmazza néhány vezető kutatócsoport adatait és az alkalmazott kinetikai technikákat. Látható, hogy a kísérleti gázkinetika csaknem teljes eszköztárát felhasználták. A meghatározott sebességi együtthatókat Atkinson [7] és DeMore és munkatársai [8] értékelték és foglalták táblázatokba. A sok kísérleti adat lehetővé tette hasonló

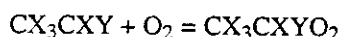
vegyületek OH-gyökkel való reakciója sebességének becslését a csoportkorrelációs módszer [6, 9], illetve az ionizációs potenciál [10] alapján.

1. táblázat

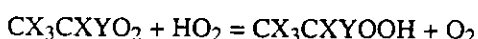
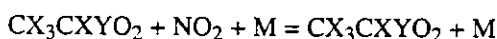
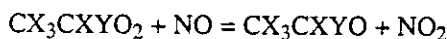
Néhány vezető kutatócsoport és az alkalmazott kísérleti eljárások a CFC- és halonhelyettesítő anyagok élettartamának meghatározására

kutatócsoport	módszer	Hivatkozás
Ravishankara és mtsai	kisüléssel áramlás – lézermágneses rezonancia lézervillanás fotofizis – lézerezindukált fluoreszcencia	[2]
Kurylo és mtsai	villanófényt fotofizis – rezonancia lámpa	[3]
Nelson és mtsai	kisüléssel áramlás – lézerezindukált fluoreszcencia	[4]
Orkin és mtsai	kisüléssel áramlás – paramágneses rezonancia	[5]
DeMore és mtsai	UV fotofizis – végtermékanalízis	[6]

Az előbbi reakcióban keletkező gyök igen gyorsan reagál molekuláris oxigénnel:



A termék peroxigyök élettartama néhány perc, mert a gyök az NO, NO₂ és HO₂ anyagfajtákkal reagál:



A keletkező termékek általában elbomlanak vagy O₂-vel reagálnak. A fenti egyenletben az M tetszőleges ütközőpartner molekulát jelöl. Az ilyen reakciók termékeit és a reakciók sebességét már számos anyag esetén meghatározták, de a nagy számú szóba kerülhető egyéb vegyület miatt a HFC és HCFC vegyületek bomlástermékeinek kinetikája ma is aktívan kutatott, „forró” terület.

A gázfázisú reakciók mellett a keletkező vegyületek folyadékfázisú reakciókban is reagálhatnak a felhők vízcseppjei belsejében. A troposzféra igen nagy részét, átlagosan mintegy 15%-át töltik ki a felhők, és bár a bennük tárolt vízmennyiség viszonylag kicsi (átlagosan 0,3 cm³ víz van egy köbméter felhőben), a levegő-víz határfelület igen nagy. A mérések kimutatták [11], hogy a halogénezett karbonilvegyületek képesek jelentős mértékben beoldódni a cseppekbe és ott hidrolizálódnak. Egyes hidrolízis-termékek, mint például a trifluor-ecetsav igen mérgezőek. A halogénezett ecetsavszármazékok a csapadékkal lejuthatnak a földre és további kutatást igényel annak meghatározása, hogy milyen mértékben jelentenek környezeti kockázatot.

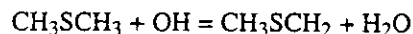
Kénvegyületek légkörkémiája

Az utóbbi években felismerték, hogy a Föld sugárzási egyensúlyát jelentős mértékben befolyásolja a szulfát-aeroszol részecskék koncentrációja. A szulfát-aeroszol maga is képes szórni a napsugárzást. Ezek az aeroszol-részecskék nukleációs magokként elősegítik a felhőképződést is (cloud condensation nuclei, CCN). A képződött felhők szórják a beeső napsugárzást és gátolják a távozó infravörös sugárzást is.

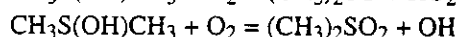
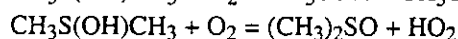
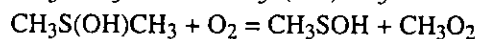
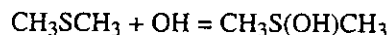
A kén jelentős része szén és olaj égése során kerül a levegőbe SO₂ alakban. Összemérhető ezzel azonban az a kénmennyiség is, amit a tengeri növények bocsátanak ki nagyrészt dimetil-szulfid, kisebb részt CS₂, CH₃SH, H₂S stb. alakban. Ezek a vegyületek gyorsan oxidálódnak és SO₂-vé, majd szulfát-aeroszollá alakulnak. A tengeri növények COS-t is kibocsátanak. Ez a vegyület nem reaktív a troposzférában és feljut a sztratoszférába, ahol SO₂-vé, majd szulfát-aeroszollá alakul.

Az egyik elmélet szerint [12] a szulfát-aeroszol a Föld hőmérsékletét szabályozó ciklus része. Ha növekszik a tengerek vizének hőmérséklete, a nagyobb biológiai aktivitás miatt nő a szerves kénvegyületek kibocsátása. Ezekből kémiai reakciók és fizikai folyamatok során több CCN részecske képződik és a keletkező felhők csökkentik a napsugárzást és a tengervíz hőmérsékletét. Mivel a globális felmelegedés napjaink egyik nagy környezeti veszélyforrása, ennek a szabályozókörmek a megismeréséhez pontosan ismernünk kell a szerves kénvegyületek légköri oxidációjának reakciókinetikáját.

A dimetil-szulfid esetén is a troposzférai bomlás első lépése lehet a hidrogén leszakítás OH-gyökkel [13]:



Kiderült azonban, hogy ezzel összemérhető fontosságú az alábbi reakciósor [14]:



Már az első lépésekben tehát négy különböző szerves kénvegyület keletkezik, ami biztosítja a teljes mechanizmus méretét és változatosságát.

A CS₂ az OH-gyökkel először ugyancsak egy addíciós terméket ad. A CS₂OH utána O₂-vel reagál [15] és a reakció termékei HO₂, OH, HS, COS, SO₂, CO és CO₂. További kutatások tárgya az egyes reakciócsatornák aránya és azok hőmérséklet-függése.

A különböző utakon keletkező SO₂ viszonylag lassan SO₃-á oxidálódik, majd a kén-trioxid vízgőzzel gyorsan kénsavvá alakul.

A kénvegyületek reakcióinak egy része is lejátszódhat a felhők vízcseppjeinek belsejében. A SO₂ beoldódik a vízbe és a keletkező kénsav kénsavvá oxidálódik. Az átalakulást az átmenetifémionok katalizálják, így az átalakulás sebessége több nagyságrenddel megnövekedhet a szénerőmű-

vek pernyéjéből származó átmenetifém-szennyezés hatására. Kiderült az is [16], hogy a szerves kénvegyületek képesek a cseppecskébe beoldódni és ott végül kénsavvá oxidálódni. A gázfázisú-folyadékfázisú oxidáció arányának pontos meghatározása igen fontos, mert a vízcseppekben keletkező kénsav általában már nem tud hozzájárulni CCN részecskék képződéséhez.

Égéskémia

Az égések kémiájának különlegességét az adja, hogy az égések során a reakcióelegyek hőmérséklete, nyomása és a molekulák átlagos mérete igen széles határok között változhat. Ez az oka annak, hogy az égési reakciók kinetikája nagyon változatos. A skála abban a tekintetben is széles, hogy az égéskémia magában foglal kvantumkémiai módszereket kis molekulák gázfázisú reakciói sebességének számítására, közvetlen kísérleti eljárásokat gázreakciók sebességének mérésére és kinetikai eljárásokat összetett reakciórendszerek viselkedésének tanulmányozására. Mindezek a módszerek közvetlenül adnak olyan adatokat, melyek jól alkalmazhatók a gyakorlatban. Az így nyert kinetikai ismeretek segítségével környezetbarátabb és hatékonyabb erőműveket és kisebb fogyasztású autómotorokat lehet tervezni.

Az égéskutatások nagy seregszempléje a két évente megtartott International Symposium on Combustion. Az alábbiakban a legutóbbi konferenciákon, az 1996-ban Nápolyban és az 1998-ban Boulderben bemutatott reakciókinetikai tárgyú előadások alapján vizsgáljuk a fő tendenciákat. A Proceedings kötetekben [17], [18] az előadások teljes szövege olvasható a hallgatóság hozzászólásaival együtt. Közöljük az egyes területeken dolgozó kutatócsoportok vezetőinek nevét és ennek alapján a munkák azonosíthatók a Proceeding kötetekből.

Az égéskémiai kutatások egyik célja az összes tüzelőanyag égési kinetikájának megismerése. Sok évtized erőfeszítései ellenére napjainkban egyedül a hidrogén légköri nyomású égése az egyetlen folyamat, melynek kinetikája pontosan ismertnek tekinthető. A légköri nyomáson pontos mechanizmusok azonban nagy nyomáson (pl. 10-15 bar nyomáson) már pontatlanul írják le a kísérleti adatokat. Az eltérés egyik oka az, hogy jelenleg nem ismert kellő pontossággal a $H+O_2+M=HO_2+M$ reakció sebességi együtthatójának hőmérséklet- és nyomásfüggése. Itt az 'M' tetszőleges „harmadik test” ütközőpartnert jelent. Több csoport (Dryer, Haynes, Bowman és munkatársaik) foglalkozott e reakció kísérleti vizsgálatával.

A metán égési kinetikáját leíró mechanizmusok jól működnek tüzelőanyagban szegény metán-levegő elegyek égésének leírására, de kudarcot vallanak tüzelőanyagban gazdag metán-levegő keverék égésénél és metán-etán keverékek égésének leírásánál. Kutatások folynak a kritikus reakciók azonosítására és az ilyen reakciók kinetikai adatainak pontosabb meghatározására. Így például új eredmények születtek a $H+C_2H_5$ reakció kinetikájának felderítésére. E reakció lehetséges termékei $H_2+C_2H_4$, CH_3+CH_3 és C_2H_6 . Általában igaz, hogy a legrosszabbul a többcsatornás elemi reakciók kinetikai adatait ismerjük. Ennek az

az oka, hogy az elemi reakciók kísérleti vizsgálatára használt módszerek gyakran csak az elemi reakció bruttó sebességét képesek meghatározni, a termékcsatornák arányát nem. Emiatt sok olyan többcsatornás reakció van, amely sebességi együtthatójának kinetikai paraméterei jól ismertek, de a csatornák arányának hőmérséklet- és nyomásfüggésére csak becslések vannak.

Az alifás szénhidrogének égési mechanizmusában a reakciólépések sztöchiometriáját általában ismertnek tekintik, mégha a pontos paraméterezés nem ismert vagy vitatott. Az utóbbi időben azonban a motorhajtó üzemanyagokba étereket, oxovegyületeket és aromás vegyületeket kevernek, hogy javítsák az üzemanyagok egyes tulajdonságait, például növeljék az oktánszámukat. Az utóbbi években intenzív munka folyik az éterek (Cathonnet, Hoyerman és munkatársaik), oxovegyületek (Taylor és munkatársaik) és az aromás vegyületek, mint a benzol, toluol, xilol és fenol (Wagner, Hippler, Lifshitz, Frank, Glassman, Just és munkatársaik) égési kinetikájának felderítésére.

A fotokémiai szmognak és a savas esőnek is egyik forrása az égések során keletkező és a levegőbe kerülő nitrogén-oxidok. Ma már tudjuk, hogy a kibocsátott NOx mennyisége jelentősen csökkenthető az égés körülményének módosításával vagy a füstgázok utókezelésével. A hatékony technológia kidolgozásához pontos kinetikai ismeretekre van szükség, ezért a nitrogénvegyületek magas hőmérsékletű reakciói kinetikájának vizsgálata napjaink egyik forró kutatási területe. Többek között ezen a területen dolgoznak Glarborg, Miller, Wolfrum, Hanson, Wagner, Grotheer, Just és munkatársaik.

Köszönetnyilvánítás:

A közlemény megírását elősegítette az OTKA T025875 pályázati támogatása.

IRODALOM

- [1] Molina, M. J. – Molina, L. T. – Kolb, C. E.: Ann. Rev. Phys. Chem., 47, 327-67(1996)
- [2] Ichmoltner, A. M. – Talukdar, R. K. – Warren, I. F. – Mellouki, A. – Goldfarb, L. et al.: J. Phys. Chem., 97, 8976(1993)
- [3] Zhang, Z. G. – Padmaja, S. – Saini, R. D. – Huie, R. E. – Kurylo, M. J.: J. Phys. Chem., 96, 249(1992)
- [4] Nelson, D. D. – Zahniser, M. S. – Kolb, C. E. – Magid, H.: J. Phys. Chem., 99, 16301(1995)
- [5] Orkin, V. L. – Khamaganov, V. G.: J. Atmos. Chem., 16, 169(1993)
- [6] DeMore, W. B.: J. Phys. Chem., 100, 5813(1996)
- [7] Atkinson, R.: J. Phys. Chem. Ref. Data, Monogr. No 2, 216(1994)
- [8] DeMore, W. B. – Sander, S. D. – Golden, D. M. – Hampson, R. F. – Kurylo, M. J. et al. JPL Publications, No. 94-26, 1994
- [9] Atkinson, R.: Int. J. Chem. Kinet., 18, 555(1986)
- [10] Percival, C. J. – Marston, G. – Wayne R. P.: J. Atmos. Environ., 29, 305(1995)
- [11] Kolb, C. E. – Worsnop, D. R. – Zahniser, M. S. – De Bruyn, W. J. – Shorter, J. A. – Davidovits, P.: ACS Symp. Ser., 611, 50(1995)
- [12] Charlson, R. J. – Lovelock, J. E. – Andreae, M. O. – Warren, S. G.: Nature, 326, 655(1987)
- [13] Stichel, R. E. – Zhan, Z. – Wine, P. H.: Chem. Phys. Lett., 212, 312(1993)
- [14] Haynes, A. J. – Stocker, R. B. – Pounds, A. J. – McKay, T. – Bradshaw, J. D. et al.: J. Phys. Chem., 99, 16967(1995)
- [15] Lovejoy, E. R. – Murrells, T. P. – Ravishankara, A. R. – Howard, C. J.: Int. J. Chem. Kinet., 26, 551(1994)
- [16] De Bruyn, W. J. – Swartz, E. – Hu, J. H. – Shorter, J. A. – Davidovits, P.: J. Geophys. Res. A, 100, 7245(1995)

[17] Proceedings of the 26th Symposium on Combustion The Combustion Institute, Pittsburgh, 1996

[18] Proceedings of the 27th Symposium on Combustion The Combustion Institute, Pittsburgh, 1998

ÖSSZEFOGLALÁS

Turányi Tamás: A reakciókinetika néhány újabb eredménye a légkörkémiában és az égéstudományban

A reakciókinetikai vizsgálatok a légkörkémi és az égéskémiai kutatások középpontjában vannak. A legújabb légkörkémi kutatások felderítették a légkör emberi hatásra legérzékenyebb részeit és az égéskémia segítségével környezetbarát technológiákat lehet kidolgozni. A kloro-fluoro-karbonok és halonok veszélyességét már ismerjük és a mostani vizsgálatok egyik célja a lehetséges helyettesítők veszélyességének vizsgálata. Egy jó helyettesítő anyagnak gyorsan kell reagálnia az OH-gyökkel és a vegyületnek és összes bomlástermékének nem szabad mérgezőnek lennie. A Föld infravörös sugárzási egyensúlya többek között a szulfát-aeroszolok mennyiségétől függ. Vizsgálják, hogy a tengeri növények által kibocsátott szerves kénvegyületek milyen utakon alakulnak át aeroszolokká.

Az égéskinetikai kutatások egyik célja a tüzelőanyagok (mint a hidrogén és a szénhidrogének) és az égésmódosító adalékanyagok (pl. éterek és oxovegyületek) égése reakciómechanizmusai-

nak kutatása. Kevés nitrogén-oxidot kibocsátó égők kifejlesztéséhez a nitrogénvegyületek magas hőmérsékletű reakciói kinetikájának megismerésére van szükség.

[Magy. Kém. Lapja, 55, 323 (2000)]

SUMMARY

T. Turányi: Some New Results of Reaction Kinetics in Atmospheric and Combustion Chemistry

Reaction kinetics plays a central role in atmospheric and combustion chemistry. Recent research in atmospheric chemistry have identified the most sensitive parts of atmosphere and combustion research contributed to the development of environment friendly technologies. Chlorofluorocarbons and halons have proved dangerous and now risk of their surrogates in being assessed. A good surrogate must have a fast reaction with radical OH and the compound and all its decomposition products must be harmless. Sulphate aerosols are among the species that control the IR balance of the Earth. Kinetic pathways from organic sulphur compounds, emitted by marine plants, to aerosols in being studied.

Mechanism of combustion of fuels, like hydrogen and hydrocarbons, and fuel additives, like ethers, aldehydes and ketones, is an active field. Development of low-NO_x burners require the exploration of the high temperature reaction kinetics of nitrogen compounds.

Szemle... Szemle... Szemle...

Itt lenne az ideje annak, hogy a vegyipar megnyerje a közvéleményt

Ha a vegyipar nem hoz létre új megfelelő stratégiát a közvélemény megnyerésére, úgy vége lehet eddig tapasztalt megújuló-képességén alapuló másfél százados fejlődésének!

Ilyen stratégia változtatás sikeréről számol be a már 1992-ben kezdett propaganda munkája kapcsán az Amerikai Műanyagszövetség (APS=*American Plastics Council*). Az APS-nek húszéves televíziós kampány segítségével sikerült elérnie, hogy a gyártók a környezetvédők megalapozott kifogásaira nem mint addig, az elért tudományos és gazdasági eredmények hangoztatásával reagáljanak. Figyelembe véve az emberek érzelmi kifogásait is, a kifogások indokoltságának megfelelően javítóintézkedések kidolgozására és megvalósítására hívták fel az érdekelt közvéleményt befolyásolókat. Ennek példái a következők:

- a gépkocsik talajvízszennyezést okozó kopogásgátló oxigenát adalékának, az MTBE-nek (metil-tercier-butiléter) helyettesítése az egyáltalán nem kifogásolható etanollal Kaliforniában (USA);
- a lágyítóval formázhatóvá tett (dioktil-ftalát) PVC-ből készült játékokat a kisdedek és az óvodások gyakran a szájukba veszik, ezért ajánlatos lágyítómentes anyagokból készületekre áttérni;

- ismertessék Kelet-Európában az Európai Unió ajánlásait, segítsék azok megvalósítását és értékeljék ennek eredményeit (az APC pl. elismerte a TVK-nál az ISO 14000 bevezetését);

- a jövőben nagyobb hangsúlyt kell helyezni a Felelős Gondoskodás (*Responsible Care*) ajánlásra;

- sikert ért el a kőolaj- és gázipar, mert a társadalom hagyományos érveire, t.i. az érzelmeire (lekiismereti szabadság, biztonságigény, szabad mozgás, -költözés, -munkavállalás, -életminőség) is hivatkozott.

A fenti veszélyekre a figyelmet felhívó környezetvédők rendszerint tárgyilagosak, de politikai udvaruk mindenekelőtt érzelmileg reagál, ennek következtében a vegyipar propagandistáinak válaszolniuk kell az érzelmi évrékre is - ez pedig pénzbe kerül (pl. az APC tapasztalatai szerint évente 21-29 millió dollárba). Természetesen hangot kell adni a környezetjavításban és az élettudományokban (*Life Sciences*) elért sikereknek is és levonva a gyakorlati tanulságokat ezeknek megfelelően kell cselekedni. Ez esetben az emberek szubjektív gondolatvilágukban éppen úgy jelét fogják adni az új, pozitív felismeréseknek, mint ahogy ezt korábban az objektív észleléseknél tették. A külső körülményekből és a túlhaladott gyakorlatból eredeztethető hiányosságok elhárításával kell mindenekelőtt foglalkozni.

[Forrás: European Chemical News, 72, No 1904, p 17, ill. 38, 40; (2000, 04, 10-16)]

Az üvegházhatás 2000-ben

A Világ Meteorológiai Szolgálat a legutolsó 140 évben mérte a Föld északi féltekéjének mind szárazföldi, mind tengeri felszíni hőmérsékletváltozásait és a következőket állapította meg:

- a 140 éves időszakon belül 1990 volt az ötödik legmelegebb év;

- az 1961 és 1990 közötti évek átlagértékét az 1999. évi adat 0,3-0,4 °C-szal haladta meg;

- az elmúlt évszázad utolsó évtizede egyben e 140 év legmelegebb évtizede volt, jelesül a kiindulási évihez képesti hőmérsékletnövekmények:

1990:0,35, 1995:0,38; 1997:0,44; 1998:0,58;

- a kilencvenes évek folyamán a Csendes Óceán térségében gyakorta tombolt a „Nino” hurrikán és általában hűtő hatást fejtett ki;

- a XX. századvégi átlagos felszíni hőmérséklet az északi féltekén a századelejt 0,7 °C-szal haladta meg.

Emiatt ajánlatos az üvegházhatással sürgősen szembeszállni.

[Forrás: Chemistry and Industry, No 1, p 9; (2000. január 10.)]

S.Gy.