

Znečištění atmosféry

Jiří Šibor

Složení atmosféry – složky vzduchu

DUSÍK

Základní zdroj dusíku, který je nejhojnějším plynem v atmosféře, jsou rozkládající se zbytky rostlinného a živočišného původu a erupce sopek. Na druhé straně je dusík z atmosféry odebrán biologickými procesy, jichž se účastní například rostliny. Při vysokoteplotním spalování a blescích se část plynného dusíku spotřebuje na dusíkaté sloučeniny. Ty jsou potom z atmosféry vymývány při deštích či sněžení. Produkce a destrukce dusíku v atmosféře jsou v rovnováze. Dusíku v atmosféře tedy nepřibývá ani neubývá. Množství dusíku v atmosféře je opravdu enormní. Kdybychom sledovaly jednu určitou molekulu dusíku, která se do atmosféry dostala ze Země (například z těla nějakého mrtvého živočicha), pak se zpátky na Zem (zmíněnými biologickými procesy) dostane v průměru za 100 milionů let. V meteorologii tento údaj nazýváme průměrná rezidenční doba dusíku v atmosféře.

KYSLÍK

Kyslík je životně důležitou součástí atmosféry. Kyslík do atmosféry dodávají rostliny. Ty, během procesu, který se jmenuje fotosyntéza, spotřebovávají plynný oxid uhličitý a uvolňují do atmosféry kyslík. Kyslík v atmosféře je spotřebováván člověkem a dalšími živočichy. Jejich dýchací ústrojí pracuje přesně obráceně: spotřebovává kyslík a do atmosféry vrací oxid uhličitý. Kyslík se rozpouští v oceánech a řekách, kde umožňuje život vodním organismům. Kyslík je rovněž spotřebováván při reakcích s mnoha sloučeninami. Když reziví železo nebo hoří uhlí v kamnech – spotřebovává se atmosférický kyslík. Průměrná rezidenční doba kyslíku v atmosféře je asi 3000 let. Ačkoli by mohla být v posledním století v souvislosti s intenzivním spalováním fosilních paliv, masivním kácením lesů a jiným omezováním rostlinných forem života, narušena rovnováha mezi produkcí a spotřebou atmosférického kyslíku, měření ukazují, že koncentrace vzdušného kyslíku zůstává nezměněna. Rovnováha prozatím zůstává nezměněna.

VODNÍ PÁRA

Množství vodní páry v atmosféře je relativně malé. Voda se dostává z a do atmosféry relativně rychle. Průměrná rezidenční doba vodní páry v atmosféře je pouhých 11 dní. Bez vodní páry v ovzduší bychom nemohli přežít. Vodní pára je totiž zdrojem deště a sněžení. Z vlastní zkušenosti všichni víme, že množství vodních par ve vzduchu je velmi proměnlivé. V horkých oblastech nízko nad hladinou moře v rovníkové oblasti může dosáhnout až pěti objemových procent. Naproti tomu ve vyprahlé poušti je zastoupena vodní pára ve vzduchu pouhým zlomkem procenta. Ačkoliv se množství vodní páry v ovzduší velmi mění v prostoru i v čase, je celkové množství vodních par v atmosféře víceméně stálé.

OXID UHLIČITÝ

Tento plyn je velmi důležitý, ačkoliv jeho koncentrace v ovzduší je velmi malá. V posledních sto letech se koncentrace tohoto plynu zvyšovala. V roce 1983 dosáhla v průměru 340 ppm. Při rozkládání rostlinného materiálu a humusu v zemi se do atmosféry

uvolňuje oxid uhličitý. Rovněž spalování fosilních paliv (uhlí, ropy, zemního plynu) produkuje plynný oxid uhličitý, který se tak uvolňuje do atmosféry. Oxid uhličitý je z atmosféry odbouráván především fotosyntézou probíhající v rostlinách a v planktonu. Na rozdíl od dříve zmíněných součástí vzduchu se celkové množství oxidu uhličitého stále zvyšuje. Zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší představuje vážný problém. Ne, že by byl snad oxid uhličitý jedovatý, jeho vyšší koncentrace jsou například ku prospěchu rostlin, které jej potřebují ke svému růstu. Oxid uhličitý dobře pohlcuje infračervené záření, které vyzařuje atmosféra a Země. Zvětšená koncentrace oxidu uhličitého povede k většímu ohřívání spodních vrstev atmosféry a může vést ke změnám globálního klimatu.

OZON

Ozon je další z důležitých složek vzduchu. Tak důležitou, že o stratosférickém ozonu dokonce mluvíme jako o ozonosféře. Celkové množství ozonu v atmosféře je malé. Při teplotě 0°C a normálním tlaku by veškerý ozon v ovzduší vytvořil okolo zemského povrchu vrstvu jen asi 3 mm vysokou. Jeho obsah v atmosféře se velmi mění, především s výškou. Nejvíce atmosférického ozonu je soustředěno ve výškách od asi 10 km do asi 50 km. Ozon se může také vyskytovat při zemi. Mluvíme pak o přízemním ozonu a považujeme jej za znečištění.

Mezi 15 a 30 km koncentrace často přesahují 1,0 ppm a mohou dosáhnout až 10 ppm. Tyto koncentrace závisí na zeměpisné šířce, počasí, hodině. Horní ozonová vrstva je udržována následujícím fotochemickým dějem:

1. Molekuly plynného kyslíku absorbují ultrafialové záření ze Slunce.
2. Výsledkem absorpce je disociace molekuly O_2 na dva atomy O.
3. Srážkami atomů O a molekul O_2 a dalších částic vzniká ozon O_3 .
4. Molekula O_3 následně pohltí ultrafialové záření a rozpadá se na molekulu O_2 a atom O.

Ve skutečnosti se tohoto děje účastní řada dalších reakcí a je složitější. Molekula O_3 je nestabilní a samovolně se rozpadá. V přirozeném prostředí se rozkládá pomalu. Za přítomnosti chloru, oxidů těžkých kovů, oxidů dusíku se rozkládá podstatně rychleji. Odhaduje se, že válka, v níž by došlo k masivnímu nasazení nukleárních zbraní by vedla v krátké době ke zničení 30 – 70 procent ozonu. Výbuchy těchto zbraní by totiž do ozonové vrstvy vrhly velké množství oxidů dusíku.

Známý je problém s freony, dříve používanými při výrobě sprayů. Po uvolnění do atmosféry trvá molekulám freonů mnoho let, než se dostanou do výšek kolem 25 – 30 km, do ozonové vrstvy. Tam vlivem UV záření dochází k disociaci. Z molekul freonů se uvolňuje chlor, který reaguje s ozonem a ničí jej.

Ozonová vrstva je velmi důležitá, protože pohlcuje velké množství ultrafialového záření, které díky tomu nedopadá na zem. Lidé, zvířata a rostliny jsou tak chráněni před tímto škodlivými účinky. Zvýšené vystavení kůže účinkům UV záření má například za následek větší pravděpodobnost její rakoviny.

JAK OZONOVÁ VRSTVA POHLCUJE UV ZÁŘENÍ

označení	vlnové délky	míra absorpce
UVC	méně než 280 nm	zcela
UVB	280 – 320 nm	77%
UVA	320 – 400 nm	28%

Plynné znečištění ovzduší

Některé plyny vyskytují-li se v dostatečně vysokých koncentracích, mohou být toxické pro člověka, zvířata nebo rostliny.

UHLOVODÍKY

Nejrozšířenějšími a potenciálně nebezpečnými plynnými znečišťujícími látkami v atmosféře jsou oxid uhelnatý (CO), oxid siřičitý (SO₂), oxidy dusíku (NO_x) a uhlovodíky. Posledně jmenované se do atmosféry dostávají ve formě par benzínu a ostatních ropných produktů. Při plnění nádrže automobilu u benzínové pumpy se zpravidla nějaký benzín vypaří. Podstatnější však je, že nedokonalé spálené benzínové páry se dostávají výfukovým potrubím ven z motorů automobilů. Od roku 1970 byly proto zaváděny normy pro regulování emisí automobilových motorů. Ty se postupem času neustále zpřísňují.

Když se za slunečného dne dostanou uhlovodíky do kontaktu s oxidy dusíku (rovněž produkovanými spalovacími motory), je výsledkem mnoha fotochemických reakcí vznik složitých organických molekul, peroxyacetyl nitrátů (PAN). Pokud je ve vlhkém vzduchu dostatek těchto molekul, může za jistých okolností vzniknout tzv. fotochemický smog. Při koncentracích několika ppm dráždí tato znečišťující látka oči a je podezření, že může přispívat k onemocnění plic.

OXIDY DUSÍKU

Oxidy dusíku vznikají reakcí kyslíku a dusíku při vysokých teplotách. Spalování paliva v automobilových nebo leteckých motorech vytváří ideální podmínky pro takovou chemickou reakci. Připomínáme, že oxidy dusíku, pokud se dostanou do příslušných výšek (a současná letadla v přesně takových výškách létají), působí destruktivně na ozónovou vrstvu. Automobilové motory a plynová vytápění jsou přízemními zdroji NO_x, plynů, které jsou při vyšších koncentracích jedovaté. Naštěstí jsou koncentrace tohoto plynu obvykle tak nízké, že člověka nebo zvířata neohrožují.

OXID SIŘIČITÝ

Většina oxidu siřičitého SO₂ se do ovzduší dostává přirozeným způsobem: vulkanickými erupcemi, vodní tříští mořské vody, rozkladem organické hmoty. Velká množství pocházejí z fosilních paliv (například při spalování nekvalitního uhlí v tepelných elektrárnách). Tento plyn je považován za vážnou hrozbu pro rostliny a živočichy, ale například i pro vápenec.

OXID UHELNATÝ

Oxid uhelnatý (CO) je produktem nedokonalého spalování za nedostatku kyslíku. Hlavními zdroji oxidu uhelnatého jsou spalovací motory, špatně větrané kotle a kamna a další topeniště. Oxid uhelnatý vytěsňuje kyslík vázaný na hemoglobin, látku která je součástí červených krvinek a zajišťuje přepravu kyslíku v krvi. Oxid uhelnatý tak znemožňuje okysličování a dlouhodobější vystavení se koncentracím vyšším než 10 ppm může být smrtelné.

V otevřeném prostoru se nevyskytuje naštěstí koncentrace, které by měly přímý vliv na lidské zdraví. Ve velkých městech se však mohou vyskytnout situace, že nahromaděný oxid uhelnatý způsobí bolesti hlavy nebo závratě. Kouř z cigaret je dalším zdrojem oxidu uhelnatého.

OZON

Některé plyny jsou zároveň velmi důležitou, dokonce nepostradatelnou složkou vzduchu, a zároveň je můžeme pokládat za znečištění. Příklad může být ozon, který je ve vyšších koncentracích nebezpečný pro živé organismy. Přízemní ozon je v důsledku toho považován za znečištění. Ve velkých městech s množstvím průmyslu a automobilové dopravy a dostatkem slunečního světla může v extrémních případech dosáhnout koncentrace až 0,1 ppm. Stratosférická ozonová vrstva má přitom nezastupitelnou úlohu pro uchování života.

OXID UHLIČITÝ

Podobně se musíme zmínit i oxidu uhličitém coby znečištění. Člověk způsobuje, že se množství CO_2 v atmosféře neustále zvyšuje. Oxid uhličitý patří mezi skleníkové plyny, jejichž obsah v atmosféře má přímý vliv na globální klima.

Aerosoly

Atmosféra obsahuje velké množství pevných a kapalných částic. Mezi malé částice které jsou pouhým okem neviditelné patří, prachové částice, krystalky soli, které zůstanou z vypařených drobných kapiček mořské vody, kouř jako produkt spalování, nejrůznější substance vyvržené do vzduchu vulkány, sulfidy a nitridy produkované různými chemickými reakcemi ve vzduchu. Nesmíme opomenout drobné kapičky kyselin síry a dusíku vzniklé v ovzduší. Velká koncentrace takových částic v atmosféře má za následek znatelné snížení dohlednosti.

Množství a původ částic v atmosféře

Prach v ovzduší může mít nejrůznější původ. Rozlišujeme prach

- Kosmický
- Vulkanický
- Půdní (přízemní, odváty větrem ze zemského povrchu)
- Solný (zbytky vypařených vodních kapiček rozstříkujících se nad mořem při vlnobití či příboji)
- Dým
- Organický (pyl rostlin, spóry, houby, bakterie)

Můžeme zhruba říci, že čím jsou částice menší, tím větší množství jich v atmosféře najdeme. Částice mají poloměr 0,1 μm se mohou vyskytovat v koncentracích až 104 částic

na centimetr krychlový. Pokud budou mít částice průměr 10 μm , dosahují koncentrací do 0,1 částic na centimetr krychlový. Přítomnost pevných částic v ovzduší má velký význam pro mnohé děje. Prachové částice dobře pohlcují sluneční záření a tím přispívají k silnějšímu ohřívání vzduchu. Nejdrobnější částice pak hrají důležitou roli při kondenzaci vodních par a tvoří kondenzační jádra, na nichž se vodní páry srážejí. Z přízemních pozorování víme, že v čistém mořském vzduchu se vyskytují stovky až tisíce takových jader v 1 cm^3 . S výškou množství prachu a kondenzačních jader rychle ubývá. Nad vrcholky hor (cca ve výškách kolem 2000 m), bychom našli v jednom krychlovém centimetru jen několik stovek kondenzačních jader, ve výškách kolem 5000m pak ve stejném objemu vzduchu najdeme více než sto částic.

Zachycování částic v plicích

Pro lidské zdraví mohou být nejnebezpečnější částečky s poloměrem kolem 1 μm . Částice s většími poloměry jsou totiž zachycovány v nose a v hrdle, a tudíž se do plic většinou vůbec nedostanou. Částice menší než několik desetin mikrometru se zase snadno dostanou dovnitř – a ven. V plicích nejsou zachyceny.