

Chemické procesy k ochraně životního prostředí

Chemii jako oboru jsou někdy přičítány škody na prostředí způsobené jinými obory, právě chemie je však oborem, který poskytuje procesy k ochraně životního prostředí proti škodám působenými lidskou činností.

Vliv výroby energie na životní prostředí

Průmyslová společnost je charakterizována vysokou spotřebou energie, např. na pohon motorových vozidel, na výrobu elektřiny a na vytápění. Doposud je velký podíl spotřeby energie zajišťován spalováním fosilních paliv - uhlí, ropy a zemního plynu. Největší katastrofické škody na životním prostředí a zhoršení prostředí měst a vesnic v Evropě souvisejí právě s výrobou energie spalováním fosilních nezušlechtěných paliv (uhlí a ropných zbytků obsahujících síru). V celém světě je prostředí měst nepříznivě ovlivněno výfukovými plyny vozidel.

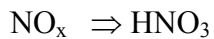
Vznik škodlivých sloučenin ve spalovacích procesech

Při spalování fosilních paliv jsou produktem vždy spaliny, které unikají do životního prostředí. Podle podmínek procesu obsahují tyto škodlivé sloučeniny:

Produkt spalování	Podmínky ovlivňující tvorbu	Účinek
CO ₂	vzniká vždy	je netoxický, běžná součást atmosféry, ovlivňuje skleníkový efekt
H ₂ O	vznik závisí na obsahu vodíku v palivu	neškodná součást spalin
CO	obsah závisí na přebytku vzduchu a na úrovni řízení spalovacího procesu, při špatném řízení ho vzniká více	váže se na krevní barvivo a snižuje schopnost krve přenášet kyslík, je škodlivou složkou výfukových plynů
NO _x	oxidy dusíku vznikají reakcí vzdušného dusíku s kyslíkem, vzniklé množství je závislé na teplotě a režimu spalování, při vysoké teplotě jich vzniká více, vznikají především v horkých místech topeniště	jsou dráždivou složkou spalin, jsou jednou ze součástí způsobujících tvorbu zimního i letního smogu , v ovzduší přecházejí na kyselinu dusičnou, jsou složkou kyselých dešťů
SO ₂	oxid siřičitý vzniká ze sloučenin síry přítomných v palivu, do spalin přejde prakticky veškerá síra přítomná v palivu	je dráždivou součástí spalin, v ovzduší přechází rychle na kyselinu sírovou, je jednou ze součástí způsobujících tvorbu zimního smogu , je základní složkou působící kyselých dešťů
zbytky paliva	zbytky nespálených a nedokonale spálených organických sloučenin, aldehydy, kyseliny a další sloučeniny	mají dráždivé vlastnosti, jsou součástí způsobujících tvorbu letního i zimního smogu
prachové částice	částice jsou tvořeny popílkem a zbytky nespálených látek, jejich vznik je závislý na použitém palivu, jejich únik na použité ochranné koncové technologii (pro prachové částice je zavedena mezinárodně používaná zkratka PM - particulated matter)	prachové částice mají dráždivé účinky, spolupůsobí při tvorbě letního i zimního smogu , někdy obsahují karcinogenní kondenzované aromatické uhlovodíky (PAH polyaromatic hydrocarbons)

Důsledky emisí škodlivých sloučenin pro prostředí

Kyselé deště. Při spalovacích procesech vznikají vždy oxidy dusíku NO_x . Je-li použito palivo s obsahem síry (uhlí, neodsířené ropné frakce a ropné zbytky), pak vzniká i oxid siřičitý SO_2 . Není-li v spalovacím zařízení instalována tzv. koncová technologie na zachycení těchto složek, vstupují tyto složky do ovzduší, kde přecházejí reakcemi na kyseliny.



V minulosti byla ochrana elektráren a tepláren jen pasivní. Zařízení byla vybavena vysokými komíny, aby se spaliny rozptýlily v ovzduší. Tím byly kyselé plyny přenášeny na velké vzdálenosti a s dešťovou vodou pak přešly na zemský povrch ve formě tzv. kyselých dešťů. Kyselé deště působí úhyn stromů a některých rostlin, někdy i úhyn ryb.

Katastrofické poškození lesních porostů v Krušných horách. V minulosti, kdy nebyly spaliny v elektrárnách v České republice, Polsku a NDR odsířeny. Spaliny z vysokých komínů se šířily ovzduším a zničily smrkové porosty v horách, zejména v Krušných horách. Vinu na této katastrofě mají ovšem i naši předkové, kteří přeměnili lesní porosty na monokulturní plantáže k získávání smrkového dřeva. Listnaté stromy jsou k vlivu kyselých složek odolnější, protože jejich listí se obnovuje každoročně, zatímco jehličí u smrku v průměru za pět až sedm let.

Přenos kyselých složek z Anglie do Skandinávie. Z vysokých komínů v Anglii unikaly kyselé plyny a působily okyselení vody v jezerech ve Skandinávii. Podloží ve Skandinávii je tvořeno žulou a jinými horninami, které nemají schopnost neutralizovat kyselé složky, proto bylo nutné, k zábraně úhynu ryb v jezerech, poprašovat krajinu mletým vápencem.

Úhyn ryb vlivem okyselení vody v podhorských řekách České republiky. V období sucha se kyselé složky absorbují na jehličí stromů v pohraničních horách, při prvním dešti pak jsou vymyty do povrchové vody. Protože horniny na horách neobsahují složky, které mohou neutralizovat kyselé složky, stoupne kyselost povrchové vody, což může způsobit úhyn ryb.

Zimní smog. Tento smog je typický pro zimní období, kdy se intenzivně topí, jak v teplárnách, tak v domácích kotlích a kamnech. Zimní smog vzniká v údobích tzv. inverzního počasí, kdy vymizí hnací síla cirkulace vzduchu daná tím, že u zemského povrchu je vzduch teplejší a ve vyšších vrstvách studený.

Neinverzní počasí (běžné)	Inverzní počasí (méně běžné)
studený vzduch (těžší) je vytvořena hnací síla pro cirkulaci, fouká vítr, atmosféra se promíchává	teplý vzduch (lehčí) chybí hnací síla cirkulace, nefouká vítr, přízemní vrstva se nepromíchává
teplý vzduch (lehčí)	studený vzduch (těžší)
zemský povrch	

Při inverzním počasí zůstávají spaliny z elektráren, tepláren, místních topenišť, kamen domů i výfukové plyny z automobilů v přízemní vrstvě atmosféry. Vysoká koncentrace kyselých plynů, nespálených zbytků organických sloučenin a prachových částice vytvářejí dráždivou atmosféru, kterou obtížně snášejí zejména děti, nemocné osoby a starší občané. Dráždivé působení na sliznice zvyšuje i pravděpodobnost infekčních onemocnění.

Letní (ozónový) smog. Tento typ smogu se vytváří zejména v městech s hustým automobilovým provozem při horkém letním počasí s intenzivním slunečním zářením. Příznivou podmínkou vzniku je bezvětřné počasí, kdy přízemní vrstva není promíchávána větrem. Hlavní příčinou jsou výfukové plyny, které obsahují oxidy dusíku a zbytky organických sloučenin. Za těchto podmínek vzniká vlivem slunečního záření ozon, který má jednak sám dráždivé účinky a dále pak reaguje s organickými sloučeninami na dráždivé produkty.

$\text{NO}_x + \text{intenzivní sluneční záření} \Rightarrow \text{O}_3$

$\text{O}_3 + \text{stopy organických sloučenin} \Rightarrow \text{dráždivé sloučeniny}$

Zatímco stratosférický ozon je žádoucí složkou atmosféry chránící povrch Země před účinky energeticky bohatého ultrafialového (UV) záření, přízemní ozon je dráždivou a nežádoucí složkou atmosféry.

Ozónový smog v Los Angeles. Toto město je proslulé ozónovým smogem, protože je městem se silným automobilovým provozem, klima je subtropické a proudění větrů je omezeno pásmem hor. V kritických stavech je zakázáno používání automobilů.

Výfukové plyny

Nebezpečnost výfukových plynů je především v tom, že jsou vypouštěny do ovzduší bezprostředně na ulicích měst a vesnic a na silnicích. Jejich účinkem jsme ohroženi při pohybu ve městě nebo při jízdě po silnicích a dálnicích (tedy např. při jízdě za rekreací), pronikají i do našich domovů.

15.2.1. Nebezpečné složky výfukových plynů.

Současné spalovací motory pracují za režimu, kdy ve spalované směsi není přebytek kyslíku. Spálení benzínu nebo motorové nafty není proto dokonalé. Bez použití katalytické jednotky na detoxikaci výfukových plynů obsahují výfukové plyny tyto tři typy škodlivých součástí:

Součást	Důvod vzniku	Působení
CO - oxid uhelnatý	nedokonalé spalování při nedostatku kyslíku	váže se na krevní barvivo a snižuje schopnost krve přenášet kyslík
nespálené organické látky	nedokonalé spalování, vznikají kyseliny, aldehydy a jejich deriváty	látky dráždí sliznice dýchacího ústrojí, oční sliznici, mohou vyvolat dýchací obtíže, zejména u dětí a starších osob
částice uhlíku-saze	nedokonalé spalování, projevuje se kouřením motoru, mohou obsahovat kondenzované aromatické uhlovodíky	uhlovodíky jsou mezinárodně značeny PAH (polyaromatic hydrocarbons), jsou podezřelé jako karcinogeny
oxidy dusíku	reakcí vzdušného dusíku se vzdušným kyslíkem při spalování	dráždí dýchací ústrojí, jsou jednou ze složek vyvolávajících vznik letního smogu
sloučeniny olova	z aditiv ke zvýšení oktanového čísla, nyní se benziny se sloučeninami olova v České republice již neprodávají	olovo je těžký kov, toxicita jeho sloučenin je závislá na formě, v které je olovo přítomno, ukládá se v kostech

Struktura a funkce katalytické jednotky

Katalyzátory pro detoxikaci výfukových plynů byly vyvinuty na základě zkušeností získaných s využitím katalyzátorů v chemickém průmyslu. Katalytické jednotky jsou tedy jedním z produktů chemie, jako oboru. Katalyzátory jsou inženýrsky projektovanými částicemi složenými z více součástí.

Nosič katalyzátoru. Základní hmotu katalyzátoru tvoří neaktivní keramika odolná vůči vysokých teplotám. Tento inertní podklad je označován jako nosič katalyzátoru. Jeho hlavním úkolem je vytvářet povrch, na který je možné nanést aktivní složku a zajistit rovnoměrný tok výfukových plynů katalytickou jednotkou. Nosič katalyzátoru může mít dvojí formu: sypané částice (kuličky) nebo keramický bloček s pravidelnou soustavou kanálků.

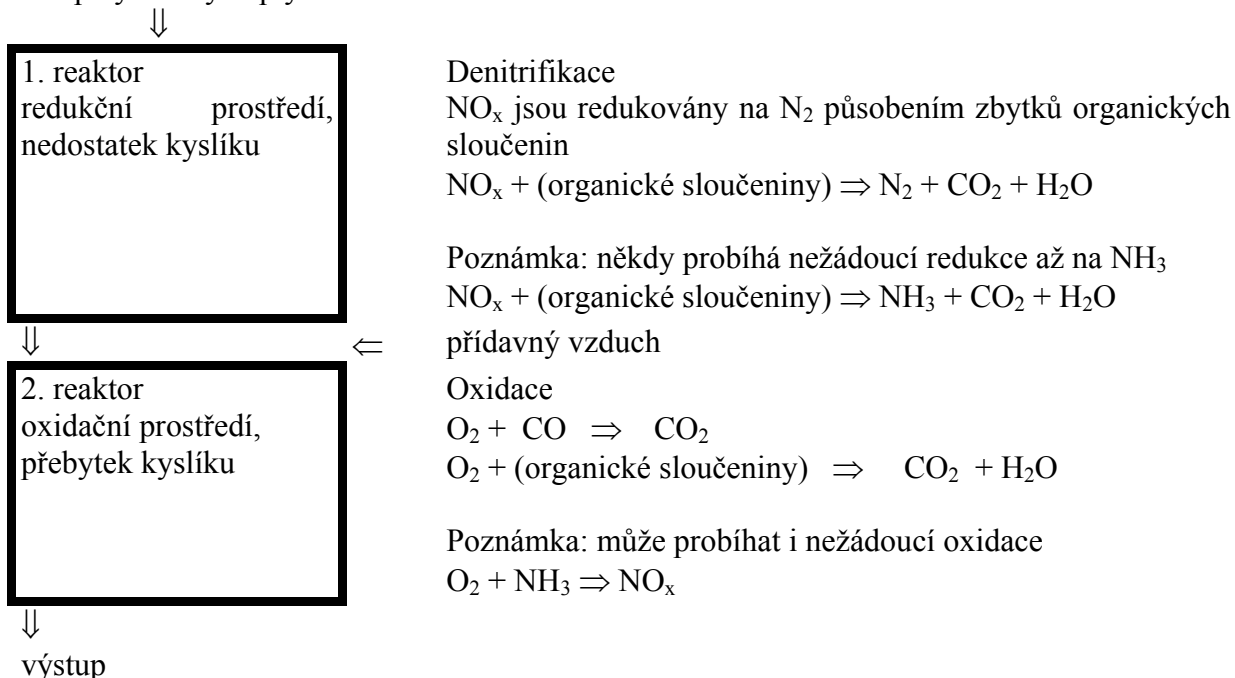
Aktivní složka. Je vlastní aktivní součástí katalyzátoru. V katalytických jednotkách je aktivní složkou platina, která je jemně rozptýlena na povrchu nosiče, tj. na povrchu kuliček nebo na povrchu kanálků bločku nosiče.

Princip funkce katalyzátoru. Katalytické jednotky jsou označovány jako trojcestné, což je nepřesný překlad anglického termínu *three-way catalyst*. Přesnější překlad by byl trojfunkční.

Tři funkce (tak zvané trojcestné) katalytické jednotky		
redukce NO _x na N ₂	oxidace CO na CO ₂	oxidace organických sloučenin na CO ₂ a H ₂ O

Konstrukce katalytické jednotky. Katalytické jednotky v současných špičkových automobilech jsou velmi složitá zařízení řízená počítačem. Zpravidla jsou složena ze dvou katalytických reaktorů

vstup výfukových plynů



15.2.3. Zdravotní nebezpečnost výfukových plynů

Výfukové plyny **bez použití katalyzátoru** jsou bez jakýchkoliv pochyb vysoce toxické. Hlavní toxickou složkou je oxid uhelnatý. Škodlivé jsou i prachové částice (saze). O toxicitě výfukových plynů svědčí skutečnost, že byly využívány i jako otravný plyn pro

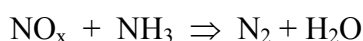
popravy vězňů za druhé světové války. Vzhledem k toxicitě výfukových plynů je i životu nebezpečné ponechat běžet motor automobilu v uzavřené garáži.

Výfukové plyny **při použití katalyzátoru** jsou také škodlivé. Instalace katalyzátoru vytváří někdy dojem, že jsou výfukové plyny zcela neškodné, což není pravda, a to z těchto důvodů:

- i při dobré funkci katalytické jednotky jí procházejí některé škodlivé látky a odstranění některých škodlivin není úplné,
- v některých automobilech nefunguje jednotka tak jak by měla,
- katalytická jednotka není účinná při startování studeného motoru.

Startování studeného motoru. Aby byl katalyzátor účinný, musí být katalytická jednotka vyhřátá na jistou teplotu. To není splněno při startování studeného motoru. Při startování tedy odcházejí do prostředí výfukové plyny se všemi škodlivými součástmi, navíc je spalování benzínu ve studeném motoru ještě méně dokonalé než v motoru vyhřátém. Výfukové plyny unikající při startu studeného motoru jsou proto ještě nebezpečnější než výfukové plyny z automobilů neopatřených katalyzátorem. Problém ochrany není zatím zcela vyřešen, jedním z řešení je opatřit jednotku elektrickým ohřevem, jímž je teplota katalyzátoru zvýšena před startem motoru. Spotřeba proudu z akumulátoru na ohřev je však značná.

Motory pracující s přebytkem kyslíku. Výrobci automobilů pracují na vývoji motorů, které pracují s přebytkem kyslíku. Použitím přebytku kyslíku je možné zvýšit účinnost motoru, protože je palivo dokonaleji oxidováno. To je příznivé i z hlediska nebezpečnosti výfukových plynů, ve výfukových plynech je jen málo zbytků nespálených organických sloučenin. Současně to však ztěžuje odstraňování oxidů dusíku. Ve výfukových plynech chybějí organické sloučeniny, které by mohly být využity k redukci NO_x na dusík. Jednou z možností řešení je dávkovat do výfukových plynů amoniak nebo močovinu. Proces se nazývá denitrifikace.



Omezování úniků oxidů síry do ovzduší odsiřováním

Spotřeba fosilních ropy a uhlí na jednoho obyvatele je v průmyslových státech vysoká, ropy kolem 1 t na obyvatele, uhlí ještě vyšší. Veškeré vytěžené uhlí a prakticky veškerá vytěžená ropa jsou nakonec spáleny a produkty spálení přecházejí do atmosféry, u uhlí zčásti na skládky (popel). Jak ropa, tak uhlí obsahují sloučeniny síry. Není-li síra z paliv zachycena, přechází při spalování do atmosféry, vznik kyseliny sirové v atmosféře představuje jeden z nejhroznějších důsledků spalování paliv bez ochrany proti unikání sloučenin síry do ovzduší.

palivo	spalovací proces	reakce s kyslíkem v atmosféře	reakce s vodní parou v atmosféře
sloučeniny síry	$\Rightarrow \text{SO}_2$	$\Rightarrow \text{SO}_3$	$\Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

K zábraně pronikání sloučenin síry do ovzduší chemie jako obor nabízí tyto možnosti:

odsíření paliva před spalováním	odsíření při spalovacím procesu	odsíření spalin za spalovacím procesem
↓ čisté palivo a elementární síra, která je využita jako surovina	↓ síra přechází do popela, na skládku, riziko vyplavení do vody	↓ síra přechází do odpadu, někdy je využita (sádra, SO ₂ k výrobě H ₂ SO ₄)

Skleníkový efekt

Tepelná rovnováha Země je velice křehká. Energie přenášená ze Slunce na Zemi je prakticky všechna zase odražena nebo vyzářena do okolního prostoru, který má teplotu blízkou absolutní nule. Teplota, na níž se povrch Země ustaví má pro udržení života zásadní význam. Šťastnou shodou náhod se teplota na Zemi ustálila na hodnotách vhodných pro formy života, na které jsme zvyklí. Stabilní teplota je patrně výsadou posledních několika tisíc let, dříve teplota zemského povrchu v různých geologických údobích kolísala. I malý zásah do tepelné rovnováhy může totiž vyvolat významné důsledky. Na změny klimatu mohou mít vliv i malé změny střední teploty. Tak např. se odhaduje, že střední teplota v dobách ledových a meziledových se lišila jen asi o 2 K. Podle jiného odhadu byla střední teplota povrchu Země v dobách největšího zalednění, kdy ledovec sahal až do míst, kde leží New York a Chicago, jen o 5 K nižší než nyní.

V současné době upozorňují vědci na **riziko tzv. globálního oteplování**, tj. riziko růstu střední teploty Země. Jednou z příčin oteplování, které bylo v posledních 100 letech pozorováno může být i **přídavný skleníkový efekt oxidu uhličitého**, který je produkován spalování ohromných množství fosilních paliv. Stav znalostí o působení oxidu uhličitého na podnebí je však zatím jen omezený a mnoho problémů zůstává nejasných a sporných. Problém vlivu oxidu uhličitého byl zpolitizován. USA, které produkují 25 % oxidu uhličitého na světě odmítly omezit spotřebu fosilních paliv, na druhé straně se někdy objevují snahy upírat státům s rozvíjející se ekonomikou právo zvyšovat spotřeby fosilních paliv.

15.6.1. Podstata skleníkového efektu

Skleníkový efekt je pojem odvozený z analogie s funkcí zahradního skleníku.

zahradní skleník	skleníkový efekt atmosféry
sklo propouští "horké" sluneční záření a zpomaluje ochlazování prostoru prouděním (větrem)	skleníkové plyny propouštějí "horké" sluneční záření a zpomalují ochlazování "studeným" zářením do prostoru

Skleníkový efekt souvisí s dvěma aspekty:

- s rozdíly mezi vlnovou délkou záření sálaného ze Slunce na Zemi a vlnovou délkou záření sálaného ze Země do okolního prostoru,
- se schopností složek atmosféry absorbovat záření a sálat jen v některých oblastech vlnových délek, zatímco v jiných oblastech vlnových délek složky atmosféry záření propouštějí.

Skleníkové plyny působí tak, že neovlivňují přenos tepla sáláním ze Slunce na Zemi, ale zpomalují přímý přenos tepla sáláním ze zemského povrchu do meziplanetárního prostoru, a to tím, že absorbují "studené" tepelné záření přicházející ze zemského povrchu a zčásti jej vracejí sáláním zpět.

Slunce ⇒ Země

Země ⇒ Prostor

teplota Slunce vysoká	teplota Země nízká
přicházející záření	vystupující záření
ultrafialové, viditelné a energeticky bohaté "horké" tepelné záření	energeticky chudé "studené" tepelné záření

Chování součástí atmosféry vzhledem k světelnému a tepelnému záření

Složka	Horké záření	Studené záření
neabsorbující plyny - jeden nebo dva atomy v molekule: He, Ne, Ar, O ₂ , N ₂ , CO	neabsorbují, nesálají	neabsorbují, nesálají
skleníkové plyny - 3 a více atomů v molekule: H ₂ O, CO ₂ , CH ₄ , VOC, "freony", N ₂ O	neabsorbují, nesálají	absorbují i sálají
prachové částice	absorbují, odrážejí	absorbují, odrážejí, sálají
oblaka	odrážejí	absorbují, odrážejí, sálají
zemský povrch	absorbuje, odráží	absorbuje, odráží, sálá

Úloha skleníkového efektu v udržení života na Zemi. V laickém tisku je skleníkový efekt někdy uváděn jako něco od své podstaty nebezpečného a nežádoucího. To není pravda, bez skleníkového efektu by byla Země ledovou planetou. Nejvýznamnějším skleníkovým plynem je vodní pára. Proto má obsah vodní páry ve vzduchu významný vliv na počasí a podnebí. Tento vliv je možné sledovat i v České republice. Česká republika leží na rozhraní dvou oblastí, v nichž je vliv skleníkového efektu vodní páry odlišný:

Východní vnitrozemská oblast

Západní přímořská oblast

suchý vzduch - skleníkový efekt potlačen	vlhký vzduch - skleníkový efekt silný
Typ počasí	
velký rozdíl teploty mezi dnem a nocí	malý teplotní rozdíl mezi dnem a nocí
velký teplotní rozdíl mezi létem a zimou	malý teplotní rozdíl mezi létem a zimou
Typ počasí v létě	
relativně chladné noci (vliv sálání do prostoru), slunečné horké dny (vliv sálání ze Slunce)	relativně teplé noci (omezeno sálání do prostoru), chladné dny (odraz slunečního záření od oblaků)
Typ počasí v zimě	
mrazivé noci (silné sálání do prostoru), relativně teplé dny (záření není odráženo oblaky)	dny a noci s blízkou teplotou (v noci omezeno sálání do prostoru, ve dne odraz záření od oblaků)

15.6.2. Příspěvek oxidu uhličitého k skleníkovému efektu

Kolem přídavného efektu oxidu uhličitého je zatím mnoho sporného. Vzrůst teploty na Zemi v posledních 100 letech byl pozorován ještě v době, kdy nebyla spalována velké množství fosilních paliv. Výzkum skleníkového efektu dále prokázal, že příspěvek oxidu uhličitého je v porovnání s vodní parou poměrně slabý. Skleníkový efekt zvyšuje celkově střední teplotu povrchu o 34 K, z čehož na vliv vodní páry připadá kolem 33 K, a na ostatní plyny jen kolem 1 K. Vliv skleníkového efektu na střední teplotu zemského povrchu ilustrují následující údaje:

Odhady průměrné teploty povrchu Země pro některé hypotetické situace

Popis situace	Odhad průměrné teploty povrchu °C
bez slunečního záření	-240.
bez skleníkového efektu	-19.
bez vlivu oxidu uhličitého	+ 14
současná střední teplota	+ 15

Při hodnocení vlivu oxidu uhličitého na podnebí je však nutné si uvědomit, že tepelná rovnováha Země je velmi křehká, a že i malé rozdíly v teplotě mohou mít významný vliv.

Může použití vodíku jako paliva vyřešit skleníkový efekt?

V populárním tisku je vodík někdy uváděn jako perspektivní ideální palivo budoucnosti, které vyřeší problém škodlivosti výfukových plynů, a to včetně produkce oxidu uhličitého, který je jedním ze skleníkových plynů. K posouzení uvedené otázky je nutné odpovědět na dvě dílčí otázky:

- způsob použití vodíku pro pohon vozidel,
- způsob výroby vodíku.

Možnosti využití vodíku k pohonu motorových vozidel:

Klasická cesta - použití vodíku jako paliva ve spalovacím motoru	Revoluční řešení - využití energie vodíku ve spalovacím článku
výhody vodíku oproti benzínu	
výfukové plyny neobsahují CO ₂ , CO a zbytkové organické látky, obsahují NO _x	energie oxidační reakce je převáděna přímo na energii elektrickou, nevznikají výfukové plyny

Palivové články jsou elektrické články, v nichž je elektrický proud vyráběn tím, že na elektrodách reaguje vodík s kyslíkem na vodu. Je to tedy obrácená elektrolýza vody. Jsou vyvíjeny spalovací články i na jiná paliva.

Globální oteplování

Globální oteplování je vědecká hypotéza, podle níž dochází od poloviny 20. století ke zvýšení průměrné teploty nízkých vrstev zemské atmosféry a oceánů. Většina tohoto nárůstu je pak způsobena posílením přirozeného skleníkového efektu v důsledku zvýšení koncentrací oxidu uhličitého a některých dalších plynů. Globální oteplování je jedním z průvodních jevů probíhající globální změny klimatu. Ke studiu této otázky byl v roce 1988 založen pod patronací OSN Mezivládní panel pro změny klimatu (IPCC). Tento panel v roce 2007 vydal svou Čtvrtou odhadovou zprávu (*Fourth Assessment Report*), ve které shrnuje současné vědecké poznatky. Uvádí, že ve 20. století (1906–2005) se průměrná globální teplota zvýšila o $0,74 \pm 0,18 \text{ }^\circ\text{C}^{[1]}$, a že s pravděpodobností větší než 90 % může za více než 50 % tohoto oteplení lidská činnost jako je spalování fosilních paliv a změny ve využívání půdy.^[2] V určení přesného vlivu jednotlivých faktorů na klima stále panují nejistoty.^[3]

Hlavní aktivitou, která by v současnosti měla zmírnit globální oteplování, je tzv. Kjótský protokol, ve kterém se zatím 191 států^[4] zavázalo snížit v období 2008–2012 emise skleníkových plynů pod úroveň roku 1990.

Změny teplot

Za spolehlivé, metodicky jednotné a dostatečně reprezentativní jsou IPCC považovány meteorologické údaje od roku 1850. Kromě pozemních stanic a měření na lodích jsou od roku 1979 k dispozici také data z vesmírných družic. Oproti průměru za léta 1850-1899 byl průměr globálních teplot za roky 2001-2005 vyšší o $0,76 \pm 0,19 \text{ }^\circ\text{C}^{[5]}$. Je nutno mít na paměti, že výpočet průměrné globální teploty^[6] je velmi složitý, protože měřicí stanice nejsou rovnoměrně rozmístěny, měřicí přístroje se v minulosti měnily a v okolí některých stanic docházelo k rozsáhlým změnám využití půdy (např. k urbanizaci). Navíc samotná průměrná globální teplota nemá dostatečnou vypovídací hodnotu.

Oteplování ve 20. století nebylo rovnoměrné. Více se oteplovaly pevninské oblasti než oceány, a to kvůli větší tepelné kapacitě vody a také proto, že moře ztrácí více tepla výparem. Více se oteplila severní polokoule než jižní, neboť má více pevniny a větší rozlohu území pokrytých sezonním sněhem a mořským ledem, která při vyšších teplotách podléhají pozitivní zpětné vazbě. Více rostly teploty v zimě (míněno na severní polokouli, tj. prosinec-únor) a na jaře než v létě. Více se oteplovalo v polárních oblastech než u rovníku. Pozorování ukazují, že ubylo mrazivých dní ve středních zeměpisných šířkách. Ve 2. polovině 20. století na většině pevniny ubylo chladných nocí a přibylo vln veder.^[7] Více se také oteplovala města než okolní volná krajina. Je to způsobeno tzv. efektem městského tepelného ostrova. Tento efekt má však na celkové oteplování planety pouze zanedbatelný dopad (0,02 °C za celé 20. století^[8]).

Přestože globální oteplování je celoplanetární jev, na některých měřicích stanicích se za dobu měření teploty nezvýšily, někde se dokonce ochladilo.^[9]

Oteplování v ČR

Atlas podnebí Česka uvádí, že v období 1961–2000 roční průměrná teplota v ČR (průměr z 311 stanic) silně kolísala, nicméně měla statisticky významný oteplovací trend 0,028 °C.rok⁻¹. Oteplování bylo nejvýraznější v zimě a na jaře, nevýznamné na podzim. Nejteplejším rokem byl rok 2000 s průměrem 9,1 °C. Celkový trend oteplování byl v letech 1961–2000 překryt kratšími výkyvy, takže i v nejteplejším posledním desetiletí tohoto období se vyskytl jeden ze tří nejchladnějších roků celého čtyřicetiletí, rok 1996 s průměrem 6,3 °C. Vlivem lidské činnosti rostl efekt tepelného ostrova Prahy, projevující se celoročním zvýšením nočních teplot a zvýšením průměrných teplot v chladné polovině roku (říjen-březen).^[10] Podle ČHMÚ vzrostla u nás průměrná teplota za celé 20. století o 1,1 – 1,3 °C.^[11]

Další indikátory změny klimatu

Na globální oteplování ukazují nejen přímá měření teploty, ale nepřímo i další jevy. Obecný rostoucí trend teplot doprovázejí úbytky ploch pokrytých sněhem, výšky sněhové pokrývky, tloušťky permafrostu, rozlohy sezonně zamrzlé půdy a zkrácení doby zamrznutí řek a jezer.^[12] Hladina moře rostla v letech 1961–2003, hlavně vlivem teplotní roztažnosti vody a tání ledovců, o 1,8 ± 0,5 mm.rok⁻¹. Satelitní data ukazují, že roční průměrná rozloha arktického ledu se od roku 1978 zmenšovala o 2,7 % ± 0,6 % za desetiletí.^[13]

Indikátory v ČR

V posledních deseti letech poklesly hodnoty všech charakteristik spojených se sněhem. Snižují se počty dní se sněhovou pokrývkou i měsíční a sezonní maxima výšky sněhové pokrývky. Sněhu ubývá v nížinách i na horách. Přitom výskyt sněhu je důležitým předpokladem vytvoření dostatečného množství povrchové i podzemní vody.^[14]

Změny klimatu jsou průkazně pozorovatelné i v živé přírodě.^[pozn. 1] Z pozorování v moravských lužních lesích vyplývá, že v období 1961–2000 se zde posunulo do dřívější doby rašení listů u vybraných druhů stromů a kvetení u vybraných keřů a bylin. U vybraných ptačích druhů pak byl zaznamenán posun začátku hnízdění. U některých druhů rostlin v lužních lesích byl pozorován i nárůst

Příčiny

Podnebí se v minulosti vždy měnilo, přirozené změny klimatu probíhají i dnes a nadále probíhat budou.^[16] Na klima působí různé faktory, jejichž vztah k tepelné bilanci je nelineární. Faktory navíc nejsou nezávislé, ale vzájemně se ovlivňují. Dr. Radan Huth k otázce příčin globálního oteplování říká: „Simulace pomocí globálního klimatického modelu ukazují, že kombinace přirozených a antropogenních vlivů vede k pozorovanému průběhu teploty v průběhu 20. století a že oteplení, které

pozorujeme během uplynulých několika desítek let, je konzistentní s antropogenními a nikoli pouze s přirozenými vlivy. Není rovněž konzistentní s přirozenou proměnlivostí klimatu. Co pozorujeme, je pravděpodobně důsledkem kombinace přirozených a antropogenních vlivů.^[17]

Antropogenní vlivy

Podle IPCC jsou dominantním faktorem radiačního působení^[pozn. 2] (*radiative forcing*) na klima v průmyslové éře narůstající koncentrace různých skleníkových plynů (CO₂, CH₄, N₂O, vodní pára, freony aj.) v atmosféře.^[18] Zvýšení koncentrací skleníkových plynů vede ke zvýšení teploty, to je známo už od 19. století. Je to důsledkem Planckova a Stefan–Boltzmannova zákona, tzv. absorpčních spekter skleníkových plynů v infračervené oblasti (proměřených laboratorně) a zákona zachování energie.^[16] Tomuto jevu se (poněkud nepřesně) říká skleníkový efekt. Bez přirozeného skleníkového efektu by průměrná teplota při povrchu Země byla –19 °C, nyní je +14 °C. Přirozený skleníkový efekt je tedy podmínkou života na Zemi tak, jak ho známe.^[19]

Koncentrace oxidu uhličitého se zvýšila vůči období před začátkem průmyslové revoluce z tehdejších 280 ppm na dnešních 387 ppm.^[20] Jelikož v předcházejících 8000 letech (před rokem 1750) byla hladina CO₂ relativně stabilní, dá se předpokládat, že by se udržela i nadále, nebýt lidského zásahu.^[21] Nárůst množství atmosférického CO₂ je výsledkem lidských aktivit: hlavně spalování fosilních paliv a odlesňování, ale také výroby cementu a dalších změn ve využívání půdy jako je pálení biomasy, rostlinná výroba a přeměny pastvin na ornou půdu.^[22] Průmyslová revoluce narušila přirozený koloběh uhlíku, protože do ovzduší začala dodávat velká množství oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů. Uhlík, který byl před mnoha miliony let uložen do rezervoárů fosilního uhlíku pod zem (a tím i mimo uhlíkový cyklus), se velmi rychle vrací do oběhu v emisích oxidu uhličitého.^[16] Zhruba 2/3 antropogenních emisí CO₂ od roku 1750 pochází ze spalování fosilních paliv a zhruba 1/3 ze změn ve využití půdy. Asi 45 % tohoto dodatečného CO₂ zůstalo v atmosféře, zatímco zbylých 55 % pohltily oceány a pozemská biosféra.^[21]

Od roku 1750 vzrostly koncentrace i dalších přírodních skleníkových plynů: metanu z 700 na 1800 ppb, oxidu dusného z 270 na 320 ppb a troposférického ozonu z 25 na 34 ppb.^[23] Do ovzduší se dostaly i umělé látky, známé pod obchodním označením freony. Jejich koncentrace jsou sice ještě o několik řádů nižší, mají však silný relativní účinek.^[24]

Zdaleka nejsilnějším skleníkovým plynem je vodní pára. Její procentní podíl na přirozeném skleníkovém efektu se udává mezi 36 – 70 %.^[25] Změna její koncentrace v atmosféře je reakcí na změny povrchového klimatu, a proto musí být považována za zpětnou vazbu a nikoliv za radiační působení.^[26] Nelinearita této vazby a existence dalších, negativních zpětných vazeb ale zajišťují, že se teplota na Zemi při tomto procesu nemůže zvyšovat lavinovitě a nemůže samovolně narůst na libovolně vysoké hodnoty. Vodní pára funguje jako zesilovač vlivu ostatních skleníkových plynů.^[16] Přímé emise vodní páry při lidské činnosti přinášejí zanedbatelný příspěvek k radiačnímu působení. Emise vzniklé při zavlažování odpovídají méně než 1 % přírodních zdrojů vodní páry. Vypouštění páry při spalování fosilních paliv je významně nižší než její emise při zemědělské činnosti.^[27]

Přítomnost částecek sazí na sněhu snižuje jeho odrazivost pro sluneční záření a může tak přispět k jeho roztávání. Celkový příspěvek sazí na sněhu ke globálnímu oteplování je ale zanedbatelně malý.^[28]

Přírodní vlivy

Z přírodních faktorů ovlivňujících klima je na prvním místě Slunce jakožto základní zdroj energie pro klimatický systém. Ohledně jeho vlivů stále panují rozsáhlé nejistoty, zejména ohledně mechanismů proměnlivosti sluneční aktivity v dlouhých časových úsecích. I IPCC v tomto směru přiznává nízkou úroveň vědeckého chápání.^[29] Nicméně sluneční aktivita v první polovině 20. století mírně rostla a tomuto nárůstu lze přičíst zhruba 0,3 °C z celkového oteplení v minulém století. Jak ale upozorňuje

Dr. Ladislav Metelka „Zbývajícího půl stupně (většina se odehrála po roce 1970) změnou sluneční aktivity vysvětlit nejde.“^[30]

Dopady

Extrémní jevy počasí

Byla vznesena otázka, zda globální oteplování má dopady na silné tropické bouře (hurikány, tajfuny). O frekvenci a intenzitě tropických cyklon pro období před začátkem satelitních měření (1978) existují pouze omezené informace. Americký úřad NOAA má záznamy o hurikánech od roku 1851.^[31] Z těch vyplývá, že počet ani intenzita hurikánů, jež zasáhly pobřeží USA, nevybočily v posledních desetiletích z průměru.^[32] Navíc ani škody způsobené hurikány nebyly rekordní (a to včetně hurikánu Katrina), přihlídneme-li k inflaci, ke změnám zástavby na pobřeží a osobního blahobytu lidí.^[33] ^[34] Žádný trend v nárůstu počtu tajfunů a tropických bouří nebyl v posledních padesáti letech zaznamenán v severozápadním Pacifiku a v severním Indickém oceánu.^[35] U tropických cyklon ve středním Pacifiku můžeme pozorovat mírný nárůst.^[36] Zpráva Světové meteorologické organizace (WMO) z roku 2006 uvádí: „Hlavním faktorem ovlivňujícím meziroční kolísání počtu cyklon je fenomén El Niño. Není tedy žádný pevný vztah mezi povrchovou teplotou moře a počtem nebo silou cyklon (kromě severního Atlantiku, kde teplota je jedním z faktorů). Žádná jednotlivá událost nemůže být přímo připisována nedávnému oteplení světového oceánu. Nárůst škod následkem cyklon v posledních desetiletích byl z větší části zaviněn nahromaděním populace a pojištěného majetku v pobřežních oblastech a možná také větší zranitelností moderní společnosti vůči narušení infrastruktury.“^[37]

Vliv na ledovce

Globální oteplení vedlo na celém světě k ústupu ledovců. Oerlemans (2005) prokázal podle záznamů od roku 1900 do roku 1980 jednoznačný ústup 142 ze 144 horských ledovců. Od roku 1980 se ústup ledovců značně zrychlil. Podobně Dyurgerov a Meier (2005) zprůměrovali data o velikosti ledovců z hlediska velkých regionů (např. Evropy) a zjistili, že v každém regionu došlo od roku 1960 do roku 2002 k celkovému ústupu ledovců, ačkoli některé lokální regiony (např. Skandinávie) vykázaly nárůsty. Některé ledovce již zmizely zcela^[38] a očekává se, že rostoucí teploty způsobí neustálý ústup i většiny ostatních horských ledovců na světě. U více než 90 % ledovců zaznamenala *Světová služba pro sledování ledovců* od roku 1995 jejich ústup.^[39]

Vlivy na zdraví

Podle WHO (Světová zdravotnická organizace) jsou negativními dopady klimatických změn již dnes pozorovatelné i v Evropě a v současnosti umírají desítky tisíc lidí ročně na celém světě na nemoci a zranění související se změnou klimatu. WHO za varovné příklady dopadů změny klimatu v Evropě považuje změny v geografickém rozložení nemocí přenášených klíšťaty a komáry. Jako hlavní zdroje potenciálních hrozeb pro lidské zdraví v souvislosti se změnou klimatu WHO považuje častější vlny extrémních veder a extrémně studeného počasí, větší výskyt infekčních nemocí, rozšíření podvýživy, zvýšení počtu dýchacích onemocnění a vyšší výskyt nemocí v důsledku kontaminace vody.^[40] ^[41]

Šíření nemocí

Globální oteplení může přispět k lepším podmínkám pro vznik epidemií až pandemií infekčních nemocí^[zdroj?], jako je například malárie, Katarální horečka ovcí která se nedávno rozšířila do severního Středomoří. Během let 2004-2005 se rozšířily ve velkých oblastech Ruska hantavirus, Krymsko-konžská hemoragická horečka, tularémie a vzteklna jako důsledek populační exploze hlodavců. Tato skutečnost však může to být dle některých autorů údajně přičtena chybám ve vládním dohledu na programy týkající se vakcinace hlodavců.^[zdroj?] Podobně navzdory vymizení malárie z většiny teplých regionů se místní druhy komárů^[42], kteří ji přenášeli, nepodařilo v některých oblastech zcela eliminovat. Proto hraje v dynamice přenosu malárie kromě klimatických změn důležitou roli i mnoho

jiných faktorů.^[43] Profesor Jaroslav Kadrnožka (působící na VUT v Brně) zveřejnil v jedné ze svých publikací odhad, že pokud by teplota vzrostla o 3 °C, vzroste území souše potenciálně ohrožené malárií z 25 na 60 %.^[44]

Finanční důsledky

Finanční instituce včetně dvou největších světových pojišťoven Munich Re a Swiss Re varovaly v roce 2002 ve studii^[45], že „narůstající frekvence prudkých klimatických událostí ve spojení se sociálními trendy“ by mohla v následující dekádě každý rok stát téměř 150 miliard US dolarů. Tyto náklady by v důsledku zvýšených nákladů na pojištění a odstraňování následků katastrof zatížily také zákazníci, plátce daní a průmysl.

Podle Asociace britských pojišťoven by omezení emisí oxidů uhlíku mohlo zabránit 80 % předpokládaných dodatečných ročních nákladů v souvislosti s tropickými cyklony do roku 2080.^[46] Podle Choie a Fishera (2003) každé 1 % nárůstu objemu ročních srážek může zvýšit finanční ztráty způsobené katastrofami až o 2,8 %.

Program OSN pro životní prostředí ohlásil, že rok 2005 byl podle záznamů díky špatnému celosvětovému počasí dosud nejnákladnějším^[47], i když neexistuje způsob jak přesně dokázat zda konkrétní hurikán byl nebo nebyl ovlivněn globálním oteplením.^[48] Předběžné odhady prezentované Německou pojišťovací nadací Munich Re vyčíslují ekonomické ztráty na více než 200 miliard USD, přičemž pojištěné ztráty narostly na více než 70 miliard USD.

Někteří ekonomové jako William D. Nordhaus nebo Václav Klaus se však domnívají, že náklady na řešení důsledků globálního oteplování by byly mnohem nižší než náklady na snižování emisí skleníkových plynů. Proto je podle nich zbytečné a neefektivní pokoušet se tyto emise razantně snižovat.

Zpětná vazba

Globální oteplování může uvolnit pochody směřující k podpoře globálního oteplování (kladná zpětná vazba).

- Zvýšená teplota vytváří více vodní páry, která je ještě účinnějším skleníkovým plynem než CO₂.^[49]
- Polární ledová „pokrývka“ planety odráží 90 % slunečního záření. Naopak, mořská voda jej 80 % absorbuje (přijme jeho energii). Čím více ledu odtaje, tím více tepla Země přijme.^[zdroj?]
- Zápornou zpětnou vazbou v důsledku růstu koncentrace oxidu uhličitého a poklesem jeho rozpustnosti ve vodě, bude zvýšený parciální tlak CO₂ v ovzduší, při jehož vyšší koncentraci však jeho rozpustnost mnohem víc vzroste.^[zdroj?]
- Změna teplotních pásem v planetárním měřítku ještě víc polarizuje povrch souše na nehostinná místa a průmyslové oblasti s o to vyšší produkcí oxidu uhličitého. Jako výsledek se z interakce klimat těchto diametrálně odlišných oblastí dá očekávat větší množství nestabilních a divergentních meteorologických jevů.^[zdroj?]
- Migrace živočišných (a rostlinných) druhů povede k tomu, že mnohé nenajdou vhodné podmínky (nebo časovou návaznost v stádiu jiných druhů v rámci symbiózy s nimi) a jejich vyhynutí zintenzivní oslabení biodivergence a rozšíření ostatních druhů s nestabilními a nepředpokládanými důsledky.^[zdroj?]
- Vyšší teplota bude pro lidi zejména vyspělých států důvodem pro zvýšený provoz klimatizací v domácnostech a firmách, což se zpětně promítne na produkci CO₂ i spotřebě energie.^[zdroj?]
- Vyšší teplota v atmosféře vede ke zvýšení teploty v zemské kůře. Vyšší teplota v zemské kůře vede k vyššímu tlaku v zemské kůře (a možná plášti). Vyšší tlak a teplota v zemské kůře (a možná plášti) vede k větší geologické aktivitě. Větší geologická aktivita vede ke zvýšení

podílu pevných částic v atmosféře. Vyšší podíl pevných částic v atmosféře vede ke snížení teploty v atmosféře.^[zdroj?]

Potenciální pozitivní důsledky

Globální oteplování může mít také pozitivní důsledky na rostliny, které jsou základním prvkem biosféry a využívají sluneční energii k přeměně živin a oxidu uhličitého na biomasu (fotosyntéza). Růst rostlin je ovlivňován mnoha faktory včetně úrodnosti půdy, dostatkem vody, teplotou a koncentrací oxidu uhličitého ve vzduchu. Nedostatek oxidu uhličitého může vyvolávat fotorespiraci, při níž se odbourávají dřívě vytvořené sacharidy. Proto může vzrůst teploty a zvýšený obsah oxidu uhličitého v atmosféře stimulovat růst rostlin tam, kde existují tyto omezující faktory.

Modely IPCC však předvídají, že zvýšení koncentrace oxidu uhličitého by povzbudilo růst flóry jen do jistého bodu, protože v mnoha regionech jsou omezujícími faktory dostupnost vody a živin, nikoli teplota a obsah oxidu uhličitého. Přes omezující faktor dostatku vláhy platí, že zvýšená koncentrace oxidu uhličitého má přímý vliv na intenzitu fotosyntézy většiny rostlin, takže rostliny skutečně produkují více biomasy na jednotku spotřebované vody.^[50] Data z družic ukazují, že produktivita severní polokoule skutečně od roku 1982 do roku 1991 vzrostla.^[51] Avšak novější studie shledaly, že rozsáhlá sucha způsobila v létě ve středních a vyšších zeměpisných šířkách severní polokoule pokles letní fotosyntézy. Navíc vzrůst celkového množství vyprodukované biomasy není jednoznačně pozitivní, protože i když menší množství druhů prosperuje, dochází k poklesu biodiverzity^[zdroj?].

Reakce

Hrozba možného globálního oteplení vedla k pokusům tlumit globální oteplování. Primární světovou dohodou o boji se změnou klimatu je Kjótský protokol s dodatkem k United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) - Rámcové konvenci OSN o změně klimatu. Státy, které ratifikovaly tuto dohodu, souhlasily s omezením svých emisí oxidu uhličitého a pěti dalších skleníkových plynů nebo se zavázaly k obchodu s emisemi v případě, že nesníží své emise těchto plynů.

Ačkoli kombinace vědeckého konsensu a ekonomických pobídek stačily k tomu, aby přesvědčily vlády více než 150 států k ratifikaci Kjótského protokolu, pokračuje debata o tom, jak emise skleníkových plynů skutečně ohřívají planetu.

Strategie pro útlum globálního oteplení zahrnují vývoj nových technologií, využití větrné energie, jaderné energie, obnovitelných zdrojů energie, bionafty, elektromobilů nebo hybridních automobilů, palivových článků, úspor energie, uhlíkových daní a sekvestraci uhlíku. Některé ekologické skupiny nabádají k individuálnímu postupu proti globálnímu oteplování založenému změnou chování spotřebitelů.

Adaptační strategie akceptují určité oteplování jako neodvratitelný fakt a zaměřují se na omezení jeho nežádoucích důsledků. Příkladem takových strategií může být obrana proti růstu hladiny moří nebo zabezpečení dostupnosti potravy.

Modely klimatu

Vědci se snaží předvídat změny klimatu na základě matematických modelů. Jednotlivé modely vědecká komunita přijímá pouze tehdy, pokud se prokáže, že dobře popisují známé změny počasí, jako jsou např. rozdíly mezi létem a zimou, Severoatlantickou oscilací nebo jev El Niño. Všechny^[zdroj?] modely klimatu, které prošly těmito testy, předvídají, že výsledným důsledkem zvýšení množství skleníkových plynů bude v budoucnosti teplejší klima. Velikost předpovídaného oteplení se však liší podle zvoleného modelu.

Klimatické modely používané IPCC předvídají mezi lety 1990 až 2100 oteplení v rozmezí od 1,4 do 2,8 °C.^[52] Tyto modely byly také použity k porovnání vlivu jednotlivých přírodních nebo lidských faktorů na změny klimatu.

Současné klimatické modely poskytují dobrou shodu s pozorováním globálního vývoje změn teploty během posledního století. Tyto modely nepřisuzují jednoznačně oteplení, ke kterému došlo zhruba od roku 1910 do roku 1945, přirozenému kolísání nebo lidské činnosti. Ale vyplývá z nich, že od roku 1975 je oteplování způsobováno převážně lidskými emisemi skleníkových plynů^[zdroj?].

Zahrneme-li do matematického modelu schopnosti životního prostředí zpětně pohlcovat oxid uhličitý, vyplývá z něj, že při dalším zvyšování emisí z fosilních paliv se přesto sníží jejich absorpce z atmosféry, což by zvýšilo oteplování klimatu nad předchozí odhady. Přesto „globálně vychází zvýšení teplot na konci 21. století v tomto modelu relativně nízké vzhledem ke svému nízkému vlivu na krátkodobou reakci klimatu a k vzájemnému vyrušení velkých regionálních změn v odezvěch hydrologického systému a ekosystému“.^[53]

Jiným zvažovaným mechanismem, který by mohl vést ke zvýšenému oteplování, je tání permafrostu a ledu ve stále zmrzlých spodních vrstvách půdytundry, v němž se váže ve formě klatrátu velké množství významného skleníkového plynu - methanu, který by se tak uvolnil do ovzduší.^[54]

V existujících modelech je, navzdory jasnému pokroku, stále dominujícím zdrojem nejistoty popis vlivu mraků a oblačnosti.^[55]

Také probíhá diskuse o tom, zda klimatické modely zanedbávají důležitý nepřímý a zpětnovazební vliv variability sluneční činnosti. Dále jsou všechny takové modely omezeny dostupným výpočetním výkonem dnešních superpočítačů, takže mohou přehlédnout změny spojené s procesy probíhajícími v malém měřítku (např. systémy bouří a hurikány). Navzdory těmto a jiným omezením IPCC považuje klimatické modely „za vhodné nástroje pro užitečné projekce budoucího klimatu“.^[56]

V září 2005 Bellouin a spol. v časopise Nature publikoval hypotézu, že odrazivost způsobená atmosférickým znečištěním (aerosoly) byla proti předchozím předpokladům asi dvojnásobná a že tím byla jistá část globálního oteplování maskována. Pokud se to v dalších studiích potvrdí, znamenalo by to, že současné modely velikost budoucího globálního oteplování spíše podceňují.^[57]

Související témata

Vztah k ozónové vrstvě

Ačkoli se ve sdělovacích prostředcích tato témata často propojují, spojení mezi globálním oteplením a ozonovou dírou není silné. Jsou zde tři oblasti vazeb:

- Očekává se, že globální oteplování atmosféry způsobené oxidem uhličitým (poněkud překvapivě) způsobí ochlazení stratosféry. To by vedlo ke ztenčení ozónové vrstvy a zvýšení frekvence výskytu ozónových děr.^[zdroj?]
- Naopak, ozónová vrstva ovlivňuje tok slunečního záření. Působí zde dva protichůdné vlivy: na jednu stranu propustí tenčí ozónová vrstva více záření do troposféry. Na druhou stranu chladnější stratosféra emituje méně dlouhovlnného záření, což troposféru ochlazuje. Všeobecně ochlazování převažuje: IPCC uzavírá, že „pozorované ztráty ozonu ve stratosféře způsobily zmenšení přísunu energie do troposféry o $0,15 \pm 0,10 \text{ W/m}^2$ “^[zdroj?].
- Chemické látky rozkládající ozón jsou současně i skleníkovými plyny reprezentujícími $0,34 \pm 0,03 \text{ W/m}^2$, neboli asi 14 % celkového přírůstku oteplení způsobovaného směsí skleníkových plynů.^[zdroj?]

Vztah ke globálnímu stmívání

Někteří vědci se dnes zabývají hypotézou, že vliv nedávno zjištěného globálního stmívání (na zemský povrch dopadá méně slunečního záření, pravděpodobně kvůli aerosolům) mohl částečně maskovat globální oteplování. Pokud je tomu tak, je nepřímý vliv aerosolu silnější, než bylo dosud odhadováno, což by znamenalo, že citlivost klimatu na skleníkové plyny je silnější. Obavy z vlivu aerosolů na globální klima byly poprvé zkoumány kvůli obavám z globálního ochlazování po roce 1970.

Prehumánní globální oteplování

Někteří geologové zastávají názor, že Země zažila globální oteplování na začátku jurského období, kdy vzrostly teploty o 5 °C. Výzkumy Open University publikované v *Geologii* (32: 157–160, 2004) naznačují, že to vedlo ke zrychlení zvětrávání hornin o 400 %. Zvětralé horniny vážou uhlík do kalcitů (vápenců) a dolomitů, což jsou minerály s proměnným obsahem chemicky vázaného oxidu uhličitého. V důsledku toho následně během asi 150 000 let obsah oxidu uhličitého v atmosféře opět klesl na normál.

Náhlé uvolnění methanu z klatrátových sloučenin je považováno za hypotetickou příčinu minulého globálního oteplování. Dvě s tím spojené události jsou vymírání druhů na rozhraní permu a triasu a tepelné maximum, pozorované na přelomu paleocénu a eocénu.

Paleoklimatologická data za posledních 500 milionů let ukazují, že dlouhodobé změny teploty pouze slabě souvisejí se změnami obsahu oxidu uhličitého (Veizer et al. 2000, *Nature* 408, pp. 698–701). Shaviv and Veizer (2003) toto rozšířili o argumentaci, že největší dlouhodobý vliv na teplotu má ve skutečnosti pohyb celé naší sluneční soustavy kolem středu Galaxie. Dále argumentovali, že v měřítku geologických dob změny koncentrace oxidu uhličitého srovnatelné se zdvojnásobením jeho hladiny od preindustriální éry vedly ke zvýšení teploty pouze přibližně o 0,75 °C a nikoli o 1,5–4,5 °C, předpovídaných klimatickými modely. Naopak Veizerovy současné publikace byly diskutovány a kritizovány na webových stránkách RealClimate.org.

Paleoklimatolog William Ruddiman uvádí (např. *Scientific American*, March 2005), že vliv lidstva na globální klima započal přibližně před 8 000 roky s rozvojem zemědělství. To zabránilo rychlému poklesu koncentrace oxidu uhličitého (a později i methanu), který by jinak přirozeně nastal. Ruddiman uvádí, že bez tohoto efektu by nyní na Zemi nastupovala nebo již dokonce nastoupila další doba ledová. Avšak jiné práce v této oblasti (*Nature* 2004]) namítají, že současný interglaciál je nejvíce podobný interglaciálu před 400 000 roky, který trval přibližně 28 000 let. Pokud tomu tak skutečně je, není třeba předpokládat, že rozvoj zemědělství způsobil odklad nástupu další doby ledové.

Různé pohledy na příčiny globálního oteplování

Názory podporující teorii zásadního vlivu člověka na globální oteplování

V roce 2001 byl vytvořen dokument „Zpráva třetího zasedání IPCC“ (*Mezivládního panelu pro změny klimatu*), který byl v roce 2005 explicitně potvrzen národními akademiemi věd zemí G8, konstatuje, že průměrná globální teplota od konce 19. století vzrostla o $0,6 \pm 0,2$ °C a že je pravděpodobné, že „většinu oteplování pozorovaného během posledních 50 let lze připsat lidským aktivitám“. Lidstvo přispívá k oteplování zvětšováním množství oxidu uhličitého (CO₂) a jiných skleníkových plynů, uvolňovaných při spalování fosilních paliv, mýcením lesů a dalšími aktivitami. Přirozený skleníkový efekt udržuje atmosféru asi o 33 °C teplejší, než by byla bez přítomnosti uvedených plynů v atmosféře.^[zdroj?]

Studie a Globální klimatický model, na které se odkazuje IPCC, předpovídají, že globální teplota v roce 2100 by mohla být o 1,4 až 5,8 °C vyšší než v roce 1990. Nejistota výsledků je z velké

části dána tím, že neznáme objem budoucích emisí oxidu uhličitého. K tomu se navíc přidává nepřesnost klimatických modelů.

Existuje několik „otisků prstů“, jak to nazývá Ben Santer, které na modelech ukazují, že oteplování je způsobováno lidmi. Například vyšší zeměpisné šířky se ohřívají rychleji než nižší, pevnina se ohřívá rychleji než oceán, což lze vyložit jako důsledek lidského vlivu a nikoliv jako důsledek proměnné intenzity slunečního záření.

V dokumentu *Nepříjemná pravda* říká Al Gore ve své přednášce, že z téměř tisícovky vědců nikdo jasně neprokázal opak, tedy že činnost člověka rozhodně nemá vliv na změny klimatu.

V této souvislosti jistě stojí za povšimnutí tzv. "aféra Climategate", tedy zjištění, že si IPCC upravoval, případně zcela vymýšlel údaje podporující tezi, že globální oteplování je způsobeno člověkem.

Odlíšné názory na příčiny a vznik globálního oteplování

Někteří politici, zejména exprezident USA George W. Bush, bývalý ministerský předseda Austrálie John Howard a někteří intelektuálové jako Bjørn Lomborg a Ronald Bailey tvrdí, že cena za útlum globálního oteplování nesmí být příliš vysoká. George W. Bush prohlásil: „Chceme redukovat skleníkové plyny... Ale co se mého názoru týká, jedna věc za druhou. Naše strategie musí zabezpečit, aby pracující lidé v Americe nepřišli o svou práci.“ Právě USA a Austrálie jsou jediné státy světa, kteří Kjótský protokol nepodepsali. Producent, režisér a dokumentarista Martin Durkin v reakci na film *Nepříjemná pravda* natočil dokumentární film „Velký podvod s globálním oteplováním“, který nepopírá globální oteplování, ale zpochybňuje vliv člověka a CO² na tento jev.

Dánský fyzik Henrik Svensmark přisuzuje globální oteplování vlivu kosmického záření na tvorbu mraků.^{[68][69]}

Vliv na klima planety má také postavení Země vůči Slunci, které se cyklicky mění vlivem gravitačního působení planet sluneční soustavy. Tomuto jevu se věnoval srbský vědec Milutin Milanković a jeho práce je dnes známá jako tzv. Milankovićovy cykly, resp. Milankovićova teorie. Podle této teorie jsou klimatické změny způsobeny změnou intenzity slunečního záření, ke kterému dochází vlivem gravitačního působení planet sluneční soustavy. Ke změnám dochází v důsledku tří periodicky se opakujících změn parametrů oběžné dráhy Země kolem Slunce. Jedná se o změnu excentricity (výstřednosti) eliptické dráhy Země, která má dvojitou periodicitu (asi 100 000 a 413 000 let), dále o změnu sklonu osy otáčení s periodicitou asi 40 000 let a o precesi rotační osy Země, která má také dvojitou periodicitu (19 000 a 23 000 let). Výslednice jednotlivých cyklů ovlivňují klima na Zemi od jejího vzniku.

V České republice se mezi největší a nejznámější osobnosti zpochybňující antropogenní vliv na globální oteplování řadí současný prezident Václav Klaus. Své názory vyjádřil mj. v knize *Modrá, nikoli zelená planeta*.

Význam globálního oteplování zpochybňují například fyzik S. Fred Singer, ekonom Petr Mach a ekolog Ivan Brezina ve své stati *Mýtus vědeckého konsenzu o globálním oteplování* (s předmluvou Václava Klause). Vyjadřuje v ní několik myšlenek, například:

- Plnění Kjótského protokolu bude stát svět 150 mld. dolarů ročně. Tyto peníze by mohly být investovány lépe.
- Organizaci Greenpeace jde o „fund-raising“ (zvýšení finanční podpory) v souvislosti s rozvojem větrných elektráren.
- Americká vláda pumpuje 2 mld. dolarů ročně na výzkum klimatu. Klimatologové musejí „šít strach“, aby jim zdroj těchto dotací nevyschl.

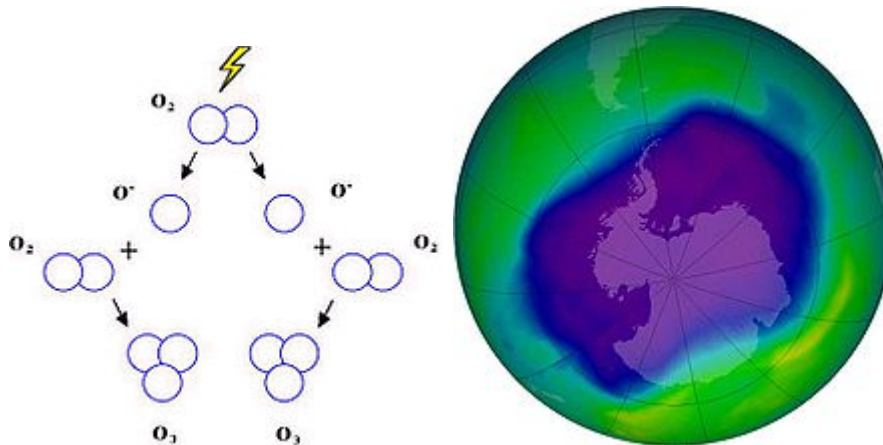
- Nejdůležitějším skleníkovým plynem není oxid uhličitý ale vodní pára (60% z plynů způsobujících skleníkový efekt).
- Příroda plodí řádově víc metanu (močály a mokřady) vodní páry a popílku (sopky) než člověk.
- Větrné elektrárny jsou monstra, která krajinu mění v průmyslovou zónu.

Mezinárodní panel pro změny klimatu (IPCC) by též měl mít část vědců, kteří jsou vůči globálnímu oteplování skeptičtí. Tento názor se poprvé objevil v tzv. Heidelbergově výzvě (Heidelberg's Appeal) v roce 1992 při konferenci v Rio de Janeiro a podle stránek projektu vědy a politiky životního prostředí (SEPP) se k němu připojilo přes 4 000 vědců, včetně 72 nositelů Nobelovy ceny.

Zpochybňovatelé globálního oteplování jsou označováni za *klimaskeptiky*.

Nicholas Stern srovnal popírání oteplování s prohlašováním, že je Země placka. Mnoho významných vědců s ním však nesouhlasí.

Ozonová vrstva a problematika jejího poškozování



Molekuly ozonu

Modrofialová oblast označuje ozonovou díru nad Antarktidou

Ultrafialové záření

Ultrafialové (zkratka UV, z anglického ultraviolet) záření je elektromagnetické záření s vlnovou délkou kratší než má viditelné světlo, avšak delší než má rentgenové záření. Pro člověka je neviditelné, existují však živočichové (ptáci, plazi, některý hmyz), kteří jej dokáží vnímat. Jeho přirozeným zdrojem je Slunce.

Původ označení: Nejtvrdší elektromagnetické záření viditelné člověkem je světlo fialové. UV záření se nachází za jeho hranicí (lat. *ultra* - za).

Objev

Ultrafialové záření objevil německý fyzik Johann Wilhelm Ritter v roce 1801. Pojmenoval ho „dezoxidační“ světlo. Nynější název dostal později v 19. století.

Souvislost s evolucí

Podle moderních modelů evoluce je vznik a evoluce prvotních proteinů a enzymů schopných reprodukce připisován právě existenci ultrafialového záření. To způsobuje, že sousední dvoušroubovicové páry thyminu v DNA se mohou spojit do kovalentní vazby a tím přerušit vlákno, které reproduktivní enzymy nedokáží zkopírovat. To během genetické replikace či syntézy proteinů vede k posunutí proti sobě orientovaných bází DNA, jehož konečným důsledkem je selhání přenosu genetické informace a smrt organismu. První prokaryotické organizmy, které se přibližovaly hladině prehistorických oceánů – před tím, než byla zformována ozónová vrstva, blokuující většinu ultrafialového záření – neustále hynuly. Těch několik málo přeživších si vytvořilo enzymy, které přepracovaly a rozbily thyminové kovalentní vazby (tzv. excision repair enzymes – enzymy opravující vynechání při spirálnízaci). Mnoho enzymů a bílkovin, které se účastní moderní mitózy a meiózy, jsou extrémně podobné enzymům opravujícím vynechání při spirálnízaci a jsou považovány za potomky enzymů, které poprvé přestály působení ultrafialového záření.^[1]

Rozdělení

Název	Zkratka	Vlnová délka v nanometrech
Blízké	NUV	400 nm - 200 nm
UVA , dlouhovlnné, „černé světlo“	UVA	400 nm - 320 nm
UVB , středněvlnné	UVB	320 nm - 280 nm
UVC , krátkovlnné, „dezinfekční“	UVC	pod 280 nm
DUV , hluboké ultrafialové	DUV	pod 300 nm
Daleké , řídkěji „vzduchoprázdné“ (vacuum)	FUV, VUV	200 nm - 10 nm
Extrémní nebo „ hluboké “	EUV, XUV	31 nm - 1 nm

UV záření, jakožto oblast elektromagnetického spektra, se dělí na **blízké ultrafialové** záření o vlnové délce 400 – 200 nm) a **daleké ultrafialové** záření (200 – 10 nm), resp. energií fotonů mezi 3,1 a 250 eV.

Rozdělení na spektrální oblasti (též „typy“) **UVA**, **UVB** a **UVC** je především z hlediska biologických účinků UV záření.

Označení „vzduchoprázdné ultrafialové“ záření (v anglické literatuře vacuum ultraviolet, VUV) naráží na skutečnost, že tento typ záření je při dopadu na zemský povrch pohlcován vzduchem.

Označení „hluboké ultrafialové“ záření (deep ultraviolet, DUV) je používáno ve fotolitografii a technologiích používajících principu laseru.

UVA

Má vlnovou délku od 315 do 400 nm. Asi 99 % UV záření, které dopadne na zemský povrch je ze spektrální oblasti UVA.

UVB

Záření UVB má vlnovou délku v rozsahu od 280 do 315 nm. Je z převážné většiny absorbováno ozónem ve stratosféře, resp. ozónové vrstvě. Z typického slunečního záření 350 - 900 W/m², které dopadá na nejvyšší vrstvy atmosféry neproniká prakticky žádné UV záření s vlnovou délkou pod cca 295 nm; od této hranice se na zemský povrch dostává měkčí UV záření - záření UVA o vlnové délce 400 nm se na zem dostane 550 W/m² (z přibližně 1700 W/m² z horních vrstev atmosféry). Jinými slovy lze říci, že ozón a kyslík propustí na povrch Země zhruba třetinu UV záření.^[2]

Záření UVB je zhoubné pro živé organizmy. Jeho energie je schopná rozkládat nebo narušovat bílkoviny nebo jiné životně důležité organické sloučeniny s vážnými následky pro metabolismus postihnutého jedince, nebo (je-li zasažena DNA) vzniku rakoviny. Např. zvýšení intenzity UVB záření o každá 2 % může znamenat zvýšení výskytu rakoviny kůže o 3-6 %^{[3][4]}. Kromě kůže má UVB největší dopad i na oči (potažmo zrak) - takto tvrdé záření dokáže poničit až zcela spálit tyčinky a čípky, gangliové buňky a nervová zakončení v rohovce (tzv. „sněžná slepota“). Větší dopad má na jednobuněčné organizmy, které dokáže zničit zcela (dokáže změnit molekuly nesoucí genetickou informaci v buněčném jádře na energeticky výhodnější, vyvolat poškození funkcí organel, ovlivnit osmotický tlak nebo spustit lyzi). Proniká i vodou, ale jen do hloubky několika metrů (kde je však soustředěna většina podvodních organismů). UVB záření též negativně ovlivňuje vzrůst zelených rostlin, účinnost fotosyntézy, ale i třeba celkovou plochu jejich listů. U dvou třetin hospodářských plodin byl zjištěn úbytek zemědělské produkce v souvislosti se zvýšeným působením UVB záření (např. u sóji každé jedno procento zvýšení UVB odpovídalo procentuálnímu úbytku úrody^[5]).

Dlouhodobě zvýšené působení UVB záření by vyústilo v nepředvídatelné změny v morfologii biosféry (každý živočišný či rostlinný druh je na UV záření různě citlivý). Trend směřující k dominanci odolnějších druhů nad méně odolnějšími by odstartoval nesmírně složitou síť kauzálních mezidruhových vztahů, jejichž důsledky není možné odhadnout).

UVC

Je nejtvrďší UV záření - jeho vlnová délka je nižší než 280 nm. Toto záření je jedním ze dvou způsobů vzniku ozónu - při dopadu na dvojatomární molekulu kyslíku jí toto záření dodá energii pro vznik ozónu, který je touto reakcí absorbován. Jinak řečeno, plynný kyslík je významný inhibitor dopadu UVC záření na zemský povrch. Záření UVC je prokazatelně zhoubné (karcinogenní) pro živé organizmy. Na rozdíl od UVB, které dokáže proniknout jen několika vrstvami buněk, je penetrace UVC pletivy a tkáněmi živých organismů poměrně větší.

EUUV

Extrémní ultrafialové záření s vlnovými délkami nižšími než 31 nm se podílí na některých chemických procesech ionosféry, zejména její nejsvrchnější vrstvy (vrstvy F).

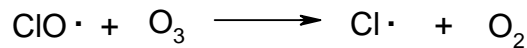
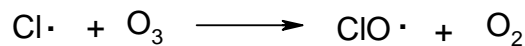
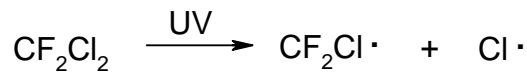
Látky ohrožující ozonovou vrstvu - fluorochloruhlovodíky

Fluorochloruhlovodíky (chlorofluorocarbons CFC), známé pod obchodním označením firmy DuPont Freony, byly dlouhou dobu považovány za prakticky neškodné. Jsou totiž chemicky značně inertní a jejich toxicita je většinou nízká, i když ne zanedbatelná. Pro svoje nevšední vlastnosti našly široké použití jako výborná málo polární rozpouštědla, hasiva, náplně do chladících zařízení a nosné plyny sprejů. Později se ukázalo, že při masovém rozšíření ohrožují zemský ekosystém. Označují se trojčiferným kódovým označením:

Freon **mno** **m** = počet uhlíků -1
 n = počet vodíků + 1
 o = počet fluorů

Freon 12 je tedy difluordichlormethan, Freon 22 difluorchlormethan, Freon 113 1,1,2-trifluor-1,2,2-trichlorethan.

Tyto látky jsou v atmosféře stálé a pomalu (v průběhu 20 až 50 let) difundují až do stratosferických výšek, kde se působením krátkovlnného UV záření rozkládají za vzniku volných radikálů. Volné radikály pak reagují s ozonem za vzniku kyslíku O₂. Jde o řetězovou reakci, takže jeden volný radikál je schopen rozložit tisíce molekul ozonu. Například Freon 12 iniciuje rozklad ozonu tímto způsobem:



Freony se rozkládají (fotolyzují) při vlnové délce UV záření $\lambda < 220$ nm. K rozkladu ozonu dochází ovšem i bez přítomnosti cizorodých CFC. Například oxid dusný, který je přirozenou stopovou složkou atmosféry, se fotolyzuje již při $\lambda < 320$ nm a způsobuje tak odbourávání ozonu. Problém ozonové vrstvy je tedy kvantitativní. Vlivem lidské činnosti se dostává do stratosféry příliš velké množství plynů rozkládajících ozon.

Byly vyvinuty náhrady CFC, které poškozují ozonovou vrstvu méně nebo vůbec ne. Přítomnost vodíku v molekule snižuje významně stabilitu halogenovaných uhlovodíků v atmosféře, neboť takové molekuly snadno odštěpují halogenovodík. Proto jsou fluorchloruhlovodíky obsahující vodík označovány jako CHFC (*chlorohydrogenfluorocarbons*) a fluoruhlovodíky obsahující vodík (HFC, *hydrogenfluorocarbons*) vhodnou náhradou původních CFC z hlediska ohrožení ozonové vrstvy. Pokud neobsahují chlor či brom (jako HFC), nereagují s ozonem za iniciace UV zářením. Pokud obsahují chlor (jako CHFC), sice s ozonem reagují, ale díky své menší stálosti se nedostávají ve významnější míře do stratosféry. Tyto látky (CHFC a HFC) se často označují jako měkké Freony, na rozdíl od tvrdých Freonů (CFC).

Měkké Freony neohrožují ozonovou vrstvu, nejsou však zcela neškodné. Podobně jako jiné halogenuhlovodíky jsou to skleníkové plyny. Absorbují totiž ve větší míře záření od země odražené (terestriální vyzařování) než záření na zem dopadající. Absorbované záření se mění v teplo a ohřívá se tak atmosféra. Vzhledem ke kratší době setrvání v atmosféře (menší persistenci) je i skleníkový efekt měkkých Freonů nižší než u tvrdých Freonů.

Podobné vlastnosti jako Freony mají i některé chlorované uhlovodíky, zejména tetrachlormethan a 1,1,1-trichlorethan. Jsou v atmosféře poměrně stálé a vykazují aktivitu jak při degradaci ozonu, tak při skleníkovém efektu (globálním oteplování).

Modrofialová oblast označuje ozonovou díru nad Antarktidou k 24. září 2006. Oblast má rozlohu 27,3 mil. km² (srovnatelná s rozlohou Afriky)

Ozonová vrstva je část stratosféry ve výšce 25 – 35 km nad zemským povrchem, v níž se nachází značně zvýšený poměr ozonu vůči běžnému dvouatomovému kyslíku. Hraje mimořádně významnou roli pro pozemský život, neboť chrání planetu před ultrafialovým zářením.

Zvýšený poměr ozonu znamená pouhých několik částic v milionu, což je mnohem více, než kolik je ozonu v přízemních vrstvách, ale stále velmi málo v porovnání s hlavními složkami atmosféry. Ozonovou vrstvu objevili roku 1913 francouzští fyzikové Charles Fabry a Henri Buisson. Její vlastnosti podrobně prozkoumal britský meteorolog Gordon Dobson, který také vyvinul jednoduchý spektrofotometr, kterým lze měřit stratosférický ozon z povrchu Země. Mezi roky 1928 a 1958 Dobson založil celosvětovou síť stanic monitorujících ozon, která funguje dodnes. Mírou množství ozonu ve sloupci nad povrchem je dobsonova jednotka, pojmenovaná právě po Dobsonovi.

K nárůstu obsahu ozonu zde dochází při střetu molekul kyslíku s fotony ultrafialového slunečního záření. Při střetu dojde k rozštěpení molekuly na dva atomy, které ihned reagují s okolními molekulami O₂ za vzniku ozonu. Molekula ozonu snadno absorbuje energii jiného UV-fotonu a výsledkem je snížení energie procházejícího ultrafialového záření.

Kdyby zmíněné UV paprsky prošly na zemský povrch bez ztráty energie v ozonové vrstvě, byly by mimořádně nebezpečné pro pozemské organismy, protože vysoká energie fotonů vede ke vzniku různých typů rakovinných nádorů kůže a poškození zraku.

V současné době je často diskutována otázka vlivu lidské činnosti na stav ozonové vrstvy. Je prokázáno, že přítomnost organických halogenovaných sloučenin nebo samotných halogenů fluoru, chloru a bromu blokuje reakce vedoucí ke vzniku ozonu, protože halogenové atomy přednostně reagují s atomárním kyslíkem i s molekulami ozonu.

Monitorováním obsahu ozonu z družic bylo zjištěno, že především v oblasti zemských pólů dochází v posledních letech k značnému poklesu obsahu ozonu. Zároveň byl zaznamenán nárůst případů rakoviny kůže a zrakových onemocnění v oblasti blízkých především jižnímu pólu (Nový Zéland, Patagonie).

Světové společenství se na základě těchto pozorování rozhodlo pro radikální omezení používání těžkých organických chemikálií s obsahem halogenů, především freonů, sloučenin s vysokým obsahem fluoru a chloru v organické molekule (tzv. Montrealský protokol). Freony se používají především jako inertní tlaková náplň sprejů a chladicí médium v chladničkách a klimatizačních jednotkách. Podle posledních měření se zastavil nárůst koncentrace těchto chemikálií ve stratosféře.

Vzhledem ke zpoždění, které vývoj stavu ozonu vykazuje, teprve následující desetiletí ukáží, zda se redukcí používání freonů podaří zastavit oslabování síly ozonové vrstvy.

Freon

Freony je komerční označení pro takovou skupinu halogenderivátů uhlovodíků (podmnožinu chlor-fluorovaných uhlovodíků), které obsahují alespoň 2 vázané halogeny, z nichž jeden musí být fluor.

Vlastnosti a využití

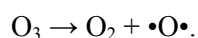
Běžně využívané freony jsou plyny nebo nízkovroucí kapaliny. Jsou bezbarvé, bez zápachu, nehořlavé a při vdechování nejsou toxické. Jsou to výborné izolanty a rozpouštědla.^[zdroj?]

Dříve se freony ve velkém měřítku používaly v chladicích zařízeních, jako hasicí prostředky nebo hnací médium ve sprejích. V dnešní době se od jejich používání upouští pro negativní vliv na ozónovou vrstvu zemské atmosféry.

Škodlivost

V životním prostředí

Freony (např. dichlordifluormethan CCl_2F_2) uvolňují v ozonové vrstvě chlor, který zamezuje vzniku ozónu. Molekula ozónu O_3 se rozpadá na molekulu kyslíku O_2 a biradikál kyslíku:



Důsledkem je úbytek ozonové vrstvy a zvýšené pronikání UV záření na povrch Země, díky čemuž vznikají nemoci, jako je třeba zánět spojivek, rakovina kůže a poškození očí.

Přímé dopady na zdraví člověka

Freony nejsou zvláště toxické, některé mohou při vdechnutí nebo potřísnění dráždit dýchací cesty, oči a kůži. Vysoké koncentrace mohou ovlivnit centrální nervovou soustavu a činnost srdce, v extrémních případech hrozí až smrt. Některé jsou podezřelé mutageny.^[1]

Mezinárodní regulace

Pod patronátem programu OSN na ochranu životního prostředí (UNEP) byla v roce 1985 podepsána Vídeňská úmluva, zavazující signatářské země omezit únik freonů do atmosféry. V roce 1987 byl podepsán prováděcí dokument známý jako Montrealský protokol. V letech 1990 a 1992 byly přijaty dva zpřísňující dodatky (tzv. Londýnský a Kodaňský z roku 1992).

Nejvýznamnější zástupci skupiny

- Freon 13: chlortrifluormethan; R-13; CFC-13
- Freon 12: dichlordifluormethan; CFC-12; R-12
- Freon 11: trichlorfluormethan; CFC-11; R-11
- Freon 112: 1,1,2,2-tetrachlor-1,2-difluor-ethan; R-112; CFC - 112
- Freon 112a: 1,1,1,2-tetrachlor-2,2-difluor-ethan; R-122a; CFC - 112a
- Freon 113: 1,1,2-trichlor-1,2,2-trifluorethan; CFC - 113
- Freon 113a: 1,1,1-trichlor-2,2,2-trifluorethan; CFC - 113a;
- Freon 114: 1,2-dichlor-1,1,2,2-tetrafluorethan; CFC - 114
- Freon 114a: 1,1-dichlor-1,2,2,2-tetrafluor-ethan; CFC - 114a
- Freon 115: chlorpentafluorethan; CFC – 115; R-115