



Prudce jedovatý ochránce života

Toxický plyn funguje jako štít proti ultrafialovému záření

JAN KOTEK

V předpovědích počasí pravidelně slyšíme o ozónu – hrnou se na nás údaje o jeho koncentracích ve vzduchu, o jakési díře v ozónové vrstvě, o jeho vlivu na oteplování planety a podobně. Nezasvěcenec se může v těchto údajích snadno ztratit – často netušíme, zda televizní rosničkou avizovaná změna v koncentraci ozónu je pro nás dobrou, nebo špatnou zprávou. Pojdme se tedy na tento plyn podívat trochu blíže.

MODRÝ A PÁCHNOUCÍ

Za běžných podmínek je ozón plyn, jehož molekuly tvoří tři atomy kyslíku –

O_3 (běžný kyslík má molekuly dvouatomové – O_2). První zmínky o ozónu pochází z konce 18. století, kdy vědci při pokusech s elektrickými výboji ve vlhkém vzduchu zaznamenali štiplavý zápach. Stejnou vůni občas cítili při bouřce, a laboratorní příprava vlastně byla jen takovou malou bouřkou nad sklenicí vody. Podle typického zápachu dostal i své jméno – ozein znamená v řečtině „páchnout“. Zpočátku byl považován za nový prvek a jeho pravá podstata byla odhalena roku 1865.

Ozón je velmi reaktivní plyn, mnohem reaktivnější než samotný kyslík, čehož

chemici využívají pro různé oxidační reakce. Na rozdíl od kyslíku, který je v plynném stavu bezbarvý, má plynný ozón barvu modrou. Díky těžší molekule jej lze zkapalnit snadněji než kyslík – kondenzuje při $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ a tvoří temně modrou kapalinu.

V této podobě ho však měl možnost spatřit jen málokdo – práce s kapalným ozónem vyžaduje přísná bezpečnostní opatření, neboť při příliš rychlém odpaření už při teplotě varu vybuchuje. Modrá barva ozónu ovšem nijak nesouvisí s modrou barvou oblohy,

◀ **Ozón vzniká mimo jiné i při výboji blesku, jehož vysoká energie způsobuje rozštěpení molekul kyslíku O_2 .** *Zdroj Flickr.com, autor Kelly DeLay*

blankytná modř oblohy je výsledkem tzv. Rayleighova rozptylu slunečního záření na náhodných shlucích molekul plynů ve vzduchu.

ODKUD SE BERE

Kromě bouřek, kdy ozón přirozeně vzniká při blescích i v přízemních vrstvách atmosféry (v tzv. troposféře), se vyvíjí i ve vrchnější vrstvě, stratosféře, která sahá až do výšky cca 50 km. Ve stratosféře vzniká ozón účinkem krátkovlnné složky slunečního záření na molekuly kyslíku. Fotony s velmi krátkou vlnovou délkou v rozsahu zhruba 160–240 nm (tzv. velmi tvrdé ultrafialové záření, UV-C) jsou totiž schopné rozrušit dvojnou vazbu v molekule kyslíku a rozštěpit ji na dva atomy. (Pozn.: Energie fotonu je nepřímo úměrná jeho vlnové délce.)

Volné atomy kyslíku pak reagují s molekulou kyslíku za vzniku molekuly ozónu: $O + O_2 \rightarrow O_3$. Vzniklý ozón je v atmosféře zastoupen nejvíce v nadmořské výšce kolem 20–30 km. Proto se tato část stratosféry označuje jako „ozónová vrstva“, nicméně obsah ozónu je i v ní velmi malý – ve středu pásu ozónové vrstvy dosahuje maximálně hodnot kolem 0,0008 % (8 ppm, parts per million, milióntin). Pro srovnání – běžného kyslíku je ve vzduchu kolem 21 % (210 000 ppm).

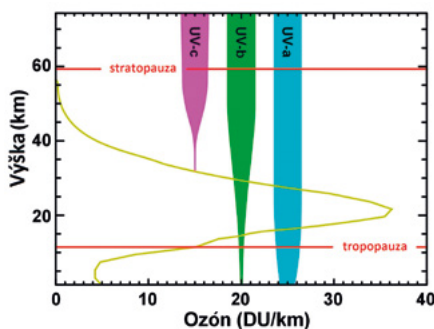
▶ **Přestože je koncentrace O_3 v atmosféře velmi nízká, spolehlivě zastaví tvrdé UV-C záření. K povrchu naopak pronikne část UV-B a většina UV-A. Jeho působením může vznikat tzv. fotochemický smog.** *Zdroj wikimedia Commons, NASA, volné dílo.*

KŘEHKÁ ROVNOVÁHA

Pokud bychom všechen ozón soustředili do jedné plynné vrstvy za běžného atmosférického tlaku, činila by tloušťka této vrstvy jen několik milimetrů. I z tohoto důvodu nemá ozón žádný vliv na barvu oblohy. I takto malý obsah ozónu ve vrchních vrstvách atmosféry je však zcela zásadní pro život – ozón na rozdíl od kyslíku pohlcuje ultrafialové záření i s delší vlnovou délkou, v rozsahu zhruba 200–320 nm (oblast UV-C a UV-B). Toto záření má dostatečnou energii k vytržení elektronu z organických molekul. V živých organizmech proto vytváří radikály, což může vést například k poškození DNA, usmrcení buněk nebo k vyprovokování rakovinného bujení. Díky ozónu však na zemský povrch dopadne jen asi 1 % UV záření a zbytek je pohlcen ve stratosféře.

Ozón za tuto službu zaplatí životem – při interakci molekul O_3 s UV zářením dojde k jejich rozkladu na $O_2 + O$. Atomární kyslík pak může opět s molekulou kyslíku O_2 vytvořit další molekulu ozónu, ale může též reagovat s ozónem za vzniku kyslíku, $O + O_3 \rightarrow 2 O_2$. V minulosti tím byla dána rovnovážná koncentrace ozónu, kdy se rychlost jeho přirozeného vzniku vyrovnala s rychlostí jeho zániku.

Do této rovnováhy však vstoupil člověk, když do atmosféry začal vypouštět látky, které rovněž reagují s ozónem a snižují tak jeho koncentraci. Kvůli



tomu vznikly v ozónové vrstvě „díry“, které propouští více ultrafialového záření, což má na živé organizmy neblahý dopad. Znáмым příkladem látek rozrušujících ozónovou vrstvu jsou tzv. freony, které byly v minulosti masově používány například jako hnací plyny v tlakových sprejích nebo jako chladicí média ve výměnících ledniček. Jejich používání bylo proto koncem 80. let minulého století zakázáno tzv. Montrealským protokolem.

OZÓNOVÝ SMOG

S ozónem se můžeme běžně setkat při používání laserových tiskáren a kopírek. Každý, kdo tisknul v nepříliš větrané místnosti, si asi vzpomene, že jej po chvíli začaly pálit oči, štípat v nose a štiplavá vůně jej nutila ke kašli. K těmto účinkům stačí už velmi malý obsah ozónu ve vzduchu. Mnohem větším problémem, než jsou zmíněné kancelářské přístroje, jsou ovšem druhotné reakce zplodin z motorů automobilů. Výfukové plyny totiž obsahují malý podíl oxidů dusíku, které za slunečního dne (za působení UV-A, tzv. měkkého UV záření o délce 320–400 nm, jež není zachycováno ozónovou vrstvou a dopadá na povrch Země) mohou reagovat s kyslíkem za vzniku ozónu.

Jeho přízemní koncentrace pak při tzv. „fotochemickém“ (též nazývaném jako „suchém“) smogu roste a může vést ke zdravotním problémům obyvatel velkých měst. I při velmi malých koncentracích může mít totiž vdechování ozónu při častějších expozicích neblahé zdravotní následky, například vznik různých zánětlivých onemocnění. A pozor – pro živé organizmy je ozón velmi jedovatý, srovnatelně třeba s kyanovodíkem. Odhaduje se, že pro člověka je smrtelným už hodinový pobyt v atmosféře obsahující 50 ppm ozónu. ●

AUTOR PRACUJE NA KATEDŘE ANORGANICKÉ CHEMIE.