

IIIT® premieňa vzduch, ktorý dýchame, na objav, ktorý môžeme vidieť

Vzduch okolo nás obsahuje množstvo častíc a procesov, ktoré bežne nevidíme. Projekt IIIT® umožňuje tieto neviditeľné procesy zachytiť do kondenzátu, ktorý sa dá pozorovať. Vďaka tomu môžu žiaci aj verejnosť pracovať s reálnou vzorkou vzduchu a premýšľať o tom, čo sa v prostredí okolo nás deje.

Bc. Adriána Vroničová

autorka koncepcie, technického riešenia a projektu IIIT®

Predslov ku kapitole „Čierny dážď“

Niektoré javy v atmosfére si všímame až vtedy, keď sa objavia v mimoriadne silnej alebo nezvyčajnej podobe. V takých chvíľach sa zrazu zdá, že ide o niečo výnimočné alebo ojedinelé.

V skutočnosti však mnohé z týchto procesov prebiehajú v atmosfére neustále. Rozdiel je iba v intenzite a v tom, či si ich vieme alebo nevieme všimnúť.

Atmosféra je dynamické prostredie plné častíc, aerosólov, chemických látok a reakcií. Vietor prenáša prach z krajiny, priemyselné emisie sa miešajú so vzduchom, kvapky vody zachytávajú mikroskopické častice a v ovzduší prebiehajú procesy kondenzácie aj miešania. Väčšina týchto dejov prebieha v mierke, ktorú človek bežne nevníma.

Keď v atmosfére vznikne špecifická situácia - napríklad intenzívne emisie, požiare, vojenské udalosti alebo silná koncentrácia aerosólov - môžu sa tieto procesy prejavieť výraznejšie. Zrážky potom môžu niesť viditeľné množstvo materiálu a vznikajú javy, ktoré si opisujeme napríklad ako „čierny dážď“. Takéto situácie pripomínajú dôležitú vec: to, čo vnímame ako výnimočný jav, je často iba osobitná verzia procesov, ktoré v atmosfére prebiehajú neustále.

Práve preto má podobné udalosti z vedeckého hľadiska význam priebežne skúmať. Umožňujú lepšie pochopiť transport častíc, kondenzáciu, interakcie medzi aerosólmi a vodnými kvapkami. Tieto mechanizmy sú predmetom odbornej literatúry aj atmosférickej fyziky a environmentálnych vied.

Nasledujúca kapitola uvádza príklady zdokumentovaných situácií, v ktorých sa tieto procesy prejavili vo výraznejšej podobe - napríklad vo forme tmavých alebo znečistených zrážok označovaných ako „čierny dážď“.

Čierny dážď - vznik a chemické zloženie

Úvod

Takzvaný „čierny dážď“ nie je samostatný meteorologický typ zrážok. Ide o bežné zrážky, ktoré počas svojho vzniku alebo pádu zachytávajú vysoké množstvo aerosólov, sadzí a ďalších častíc z atmosféry. Tento jav sa v atmosférickej chémii označuje ako mokrá depozícia (wet deposition), teda proces, pri ktorom zrážky odstraňujú plynné a aerosólové znečistenie z atmosféry.

Mechanizmus vzniku

Vznik čierneho dažďa je spojený s vysokou koncentráciou častíc v atmosfére. Pri veľkých požiaroch, výbuchoch alebo priemyselných emisiách sa do vzduchu uvoľňuje veľké množstvo sadzí, prachu a ďalších chemických zložiek.

Kvapky vody v oblakoch vznikajú na drobných časticiach, ktoré sa správajú ako kondenzačné jadrá. Ak sú tieto častice tvorené sadzami alebo produktmi spaľovania, kvapky dažďa ich počas svojho rastu alebo pádu zachytávajú a prenášajú na zem. Tento proces sa označuje ako scavenging aerosólov zrážkami.

Chemické zloženie

Podľa Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) môžu jemné častice vo vzduchu obsahovať napríklad sulfáty, nitráty, amoniak, chlorid sodný, black carbon (sadze), minerály, kovy a vodu.

Pri spaľovaní ropy, uhlia, plynu, dreva alebo odpadov vznikajú aj polycyklické aromatické uhľovodíky (PAH). Podľa Agentúry pre toxické látky a register chorôb (ATSDR) vznikajú PAH pri neúplnom spaľovaní organických materiálov a často sa nachádzajú v sadziach a produktoch spaľovania.

Pri silných požiaroch alebo priemyselných únikoch môže dym obsahovať aj oxidy síry, oxidy dusíka a rôzne uhľovodíky. Tieto látky sa môžu následne viazať na aerosóly a byť odstránené z atmosféry zrážkami.

Aktuálny prípad - Irán

Podľa slovenského portálu iMeteo sa po útokoch na ropné sklady v Teheráne objavili hlásenia o tmavých zrážkach obsahujúcich dym a rôzne zložky. Medzinárodné médiá zároveň informovali o rozsiahlych požiaroch ropných skladov, ktoré uvoľnili veľké množstvo toxického dymu do atmosféry.

Je však dôležité zdôrazniť, že bez laboratórnej analýzy konkrétnych vzoriek dažďovej vody nie je možné presne určiť chemické zloženie každej zrážky. Možno však vedecky vysvetliť mechanizmus jej vzniku na základe známych procesov atmosférického diania.

Záver

Čierny dažď vzniká v situáciách, keď zrážky zachytávajú veľké množstvo aerosólov a produktov spaľovania prítomných v atmosfére. Ide o prirodzený proces mokrej depozície, pri ktorom sú z atmosféry odstraňované častice a chemické látky. Medzi hlavné zložky takýchto zrážok môžu patriť sadze (black carbon), minerálny prach, sulfáty, nitráty a organické zvyšky vznikajúce pri spaľovaní ropy alebo dreva.

Zoznam použitej literatúry

- ATSDR. 2015. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Dostupné na: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>
- iMeteo.sk. 2026. Dážd, ktorý padá, je čierny. Po útokoch padajú v okolí hory a veľké množstvá zrážok. Dostupné na: <https://www.imeteo.sk/spravy/dazd-ktory-pada-je-cierny-po-utokoch-padaju-v-okoli-velke-zrazky>
- TIME. 2026. Tehran Shrouded in Toxic Smoke After Israel Strikes Fuel Depots. Dostupné na: <https://time.com/7539799/tehran-toxic-smoke-israel/>
- US EPA. 2025. Air-Surface Exchange Process Overview. United States Environmental Protection Agency. Dostupné na: <https://www.epa.gov/euga/air-surface-exchange-process-overview>
- WHO. 2024. Ambient (outdoor) air pollution. World Health Organization. Dostupné na: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-pollution](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-pollution)

Kolektor emisií III T® - vedecké vysvetlenie funkčných mechanizmov

Úvod

Kolektor emisií III T® je zariadenie určené na zachytávanie obsahu ovzdušia a plyných emisií do kvapalnej fázy - kondenzátu. Takto vzniknutý kondenzát umožňuje ďalšie vizuálne pozorovanie a následnú analýzu zachytených látok. V tomto dokumente je jeho funkcia vysvetlená na základe všeobecne známych procesov atmosférickej chémie a fyziky aerosólov. Opis sa opiera o vedecky zdokumentované javy, ako sú kondenzácia, nukleácia a depozícia aerosólov.

Základné fyzikálne procesy využívané pri záchyťte látok

Vo vzduchu sa nachádza široké spektrum plynov, pár a pevných častíc rôznych veľkostí. Podľa Svetovej zdravotníckej organizácie môžu jemné častice PM obsahovať sulfáty, nitráty, amoniak, minerálny prach, organický uhlík, black carbon a stopové kovové prvky.

Pri zmene teploty alebo tlaku môže časť látok prechádzať z plynnej fázy do kvapalnej alebo pevnej. Tento proces sa označuje ako kondenzácia. Kondenzácia je jedným zo základných fyzikálnych mechanizmov vzniku oblakov, rosy alebo hmly.

Ak sa v prúde plynu nachádzajú častice alebo mikroskopické nerovnosti povrchu, môžu pôsobiť ako kondenzačné jadrá. Na týchto jadrách sa následne môže zrážať vodná para alebo iné kondenzovateľné látky.

Aerosóly ako kondenzačné jadrá

V atmosfére existujú drobné častice nazývané aerosóly. Tieto častice môžu byť pevné alebo kvapalné a ich veľkosť sa môže pohybovať od niekoľkých nanometrov po niekoľko mikrometrov. Aerosóly často slúžia ako kondenzačné jadrá pre vznik kvapiek.

Podľa NOAA sú takéto častice označované ako cloud condensation nuclei (CCN), na ktorých sa môže kondenzovať vodná para a vytvárať kvapky vody. Rovnaký mechanizmus môže fungovať aj pri kondenzácii rôznych organických alebo anorganických látok z plynov.

Zachytávanie látok kondenzáciou a na povrchoch

Pri kontakte plynov so studeným povrchom môže dôjsť ku kondenzácii pár a k zachyteniu niektorých prchavých látok. Tento proces je dobre známy napríklad pri tvorbe rosy alebo pri priemyselných kondenzačných výmenníkoch.

Podľa US EPA sa rôzne atmosférické zlúčeniny môžu z atmosféry odstraňovať depozíciou alebo kondenzáciou na povrchoch.

Pri ochladzovaní plynov sa môžu kondenzovať napríklad:

- voda
- organické uhľovodíky
- niektoré kyseliny alebo oxidy
- rôzne polárne organické zlúčeniny

Na základe všeobecne známych procesov atmosférickej chémie je možné očakávať, že kondenzačný záchyt časti aerosólov môže zahŕňať aj tieto typy látok:

- vodná para
- organické uhl'ovodíky a ich oxidované formy
- polycyklické aromatické uhl'ovodíky (PAH)
- sadze (black carbon)
- minerálne prachové častice
- oxidy dusíka a s nimi viazané aerosóly
- stopové kovové prvky viazané na častice

Polycyklické aromatické uhl'ovodíky vznikajú najmä pri neúplnom spaľovaní organických látok, ako sú ropa, uhlie alebo drevo. Tieto zlúčeniny sa často nachádzajú viazané na sadze alebo aerosóly a môžu byť prenášané ovzduším.

Vznik kvapalného extraktu (kondenzátu)

Ak sú plyny ochladzované alebo prevedené do prostredia, kde dochádza ku kondenzácii, môžu sa niektoré zložky atmosféry alebo emisií postupne viazať do vznikajúcej kvapalnej fázy. Takto vzniknutý kondenzát môže obsahovať rozpustené plyny, organické zlúčeniny aj mikroskopické častice.

Takýto kondenzát následne predstavuje koncentrovanejší extrakt látok, ktoré boli pôvodne rozptýlené vo vzduchu.

Záver

Funkciu kolektora emisií IIT® je možné vysvetliť pomocou všeobecne známych procesov atmosférickej fyziky a chémie. Medzi najdôležitejšie mechanizmy patrí kondenzácia pár, zachytávanie aerosólov na povrchoch a tvorba kondenzačných jadier. Tieto procesy umožňujú prevod rozptýlených látok z plynnej fázy do kvapalného kondenzátu, ktorý je možné následne analyzovať alebo pozorovať.

Zoznam použitej literatúry

ATSDR. 2015. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Dostupné na: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf> EPA.
2025. Air-Surface Exchange Process Overview. United States Environmental Protection Agency. Dostupné na: <https://www.epa.gov/euga/air-surface-exchange-process-overview>
NOAA. 2023. How Clouds Form - Condensation and Cloud Condensation Nuclei. National Oceanic and Atmospheric Administration. Dostupné na: <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/weather-atmosphere/how-clouds-form>
WHO. 2024. Ambient (outdoor) air pollution. World Health Organization. Dostupné na: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-pollution](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-pollution)

