

## MLHA JAKO VÝZNAMNÝ JEV V ATMOSFÉŘE

IVA HŮNOVÁ

Český hydrometeorologický ústav, Úsek kvality ovzduší,  
Na Šabatce 17, 143 00 Praha 4 – Komořany  
iva.hunova@chmi.cz

Došlo 12.5.21, přijato 17.5.21.

Klíčová slova: mlha, atmosféra, atmosférická depozice, trendy, znečištění ovzduší

### Obsah

1. Úvod
2. Co je to mlha a jak vzniká
3. Faktory ovlivňující výskyt mlhy
4. Časové trendy ve výskytu mlhy
5. Mlha jako důležitá součást atmosférické depozice
6. Sledování mlhy v České republice
7. Závěr

### 1. Úvod

Mlha je nejen velmi zajímavým a romantickým prvkem v krajině, ale i velmi důležitým a poměrně komplikovaným atmosférickým jevem<sup>1</sup>, úzce propojeným s atmosférickou chemií i fyzikou<sup>2</sup>. Mlha je mediátorem celé řady reakcí atmosférické chemie<sup>3,4</sup>, a prostřednictvím mlhy vstupují do ekosystémů nejen důležité živiny, ale i znečišťující látky z ovzduší, čímž jsou ovlivňovány i biogeochemické cykly<sup>5–7</sup>. V řadě regionů světa pak mlha představuje důležitý vstup vody do jinak aridního prostředí<sup>8</sup>, a leckde je dokonce voda z mlhy shromažďována pomocí různých důmyslných zařízení a používána jako voda pitná. V neposlední řadě pak mlha snižuje dohlednost a její výskyt tak může způsobovat závažné problémy v dopravě<sup>9</sup> a představuje tedy nebezpečí pro společnost.

Z výše uvedených důvodů je mlha – přestože nepatří mezi mainstreamová vědecká témata – studována z různých aspektů, často velmi interdisciplinárně. O jejím významu svědčí i to, že se již od roku 1998 každé tři roky pravidelně pořádá mezinárodní konference „Fog and Dew“ zabývající se sledováním a výzkumem mlhy z různých hledisek. V roce 2016 též byla ustanovena Mezinárodní asociace pro mlhu a rosu (International Fog and Dew Association, IFDA).

Cílem tohoto příspěvku je ve stručnosti seznámit čtenáře se současným stupněm poznání tohoto jevu, a to zejména s faktory ovlivňujícími výskyt mlhy, s trendy

jejího výskytu, s jejím příspěvkem k atmosférické depozici, a se sledováním mlhy v České republice.

### 2. Co je to mlha a jak vzniká

Mlha je v meteorologii definována jako atmosférický aerosol složený z drobkových vodních kapiček rozptýlených ve vzduchu, snižující horizontální dohlednost alespoň v jednom směru pod 1 km (cit.<sup>10,11</sup>). Mlha vzniká tehdy, pokud teplota vzduchu poklesne pod teplotu rosného bodu, nebo se mu při dostatečném počtu účinných kondenzačních jader přiblíží. K tomu může dojít buď ochlazením vzduchu, např. při mlze radiální, advektivní a svahové, nebo dodatečným zvýšením vlhkosti vzduchu, např. u mlhy frontální (z vypařování).

Dvěma základními předpoklady vzniku mlhy jsou přítomnost (i) dostatečné vzdušné vlhkosti a (ii) kondenzačních jader<sup>12</sup>. Při hypotetické absenci kondenzačních jader by musela relativní vlhkost vzduchu překročit 100 %, aby ke spontánní kondenzaci došlo. Nicméně kondenzační jádra v atmosféře jsou přítomna všdycky, a to i v těch nejčistších oblastech<sup>8</sup>. Kondenzačními jádry přírodního původu jsou často vysoce hygrokopické krystalky soli vznikající tříštěním mořských vln, ale kondenzační jádra mohou být i původu antropogenního, a pak se zpravidla jedná o sulfáty  $\text{SO}_4^{2-}$  nebo nitráty  $\text{NO}_3^-$ , součástí tzv. jemného aerosolu. Ty vznikají z prekurzorů, plynného oxidu siřičitého  $\text{SO}_2$  a oxidů dusíku  $\text{NO}_x$  (tj. směsi oxidu dusnatého  $\text{NO}$  a oxidu dusičitého  $\text{NO}_2$ ), které se dostávají do ovzduší zejména v důsledku spalovacích procesů<sup>13</sup>. Zdrojem vody v ovzduší je povrchová voda, ať už z oceánu nebo sladká z řek, jezer, vodních nádrží a rybníků. Ta se do ovzduší dostává buď prostřednictvím přímé evaporace z volné vodní hladiny nebo mokré půdy, nebo transpirací rostlinami a stromy<sup>14</sup>.

Z meteorologického hlediska je mlha oblakem přiléhajícím k zemskému povrchu, nicméně z chemického hlediska je mlha mnohem více mineralizovaná, obsahuje obvykle mnohem vyšší koncentrace iontů než déšť, protože vzniká v bezprostřední blízkosti zemského povrchu, kde je ovzduší více znečištěné než ve vyšších výškách, tedy tam, kde se tvoří oblaka<sup>15</sup>. Kapičky mlhy o průměru 5–50  $\mu\text{m}$  jsou také mnohem menší než kapky deště, které mohou měřit až 6 mm (cit.<sup>16</sup>). Kapičky mlhy tedy mají ve srovnání s kapkami deště mnohem větší poměr mezi povrchem a objemem, a na tomto větším povrchu se mohou lépe zachycovat látky znečišťující ovzduší. Mlha také se svou mnohem nižší střední vertikální rychlostí může být považována za méně dynamický typ oblaku. Obsah kapalné vody (liquid water content, LWC) v mlze bývá mezi 0,05 a 0,2  $\text{g m}^{-3}$ , což je řádově méně než tomu je u oblaků. Mlha obvykle trvá od 2 do 6 hodin, za určitých podmínek

však může trvat déle než 24 hodin nebo dokonce i několik dní<sup>17</sup>.

### 3. Faktory ovlivňující výskyt mlhy

Na výskyt mlhy má vliv celá řada faktorů. Jedná se o faktory meteorologické, geomorfologické a environmentální a svou roli hraje též využití krajiny, tedy land-use<sup>2,18–22</sup>. Nejvíce je studováno chování mlhy v souvislosti s faktory meteorologickými, zahrnujícími ovlivnění jednotlivými meteorologickými parametry či celkovou synoptickou situací<sup>23,24</sup>. Geografické a environmentální faktory jsou studovány mnohem méně často. Velmi dobře je zdokumentována závislost výskytu mlhy na nadmořské výšce<sup>25,26</sup>. Kromě nadmořské výšky hrají roli i orientace svahu a poloha lokality vzhledem k místní a regionální geomorfologii<sup>27</sup>, a konkávnost či konvexnost terénu<sup>28,29</sup>.

Zajímavou a v poslední době často řešenou otázkou je to, zda k poklesu výskytu mlhy v posledních dekádách pozorovaného v mnoha světových regionech přispěla spíše stoupající teplota vzduchu zaznamenávaná v rámci probíhající klimatické změny, nebo spíše zlepšující se kvalita ovzduší, související se sníženým počtem kondenzačních jader, dosahovaná v důsledku snížení emisí z antropogenních zdrojů<sup>30</sup>.

### 4. Časové trendy ve výskytu mlhy

Analýza dlouhodobých záznamů ukazuje, že v řadě regionů světa dochází ke statisticky významnému klesajícímu trendu výskytu mlhy. Tento pokles bývá často spojován, jak již bylo naznačeno výše, se snižujícím se znečištěním ovzduší a tedy s úbytkem kondenzačních jader v ovzduší, nebo s probíhající klimatickou změnou, a tedy s rostoucí teplotou vzduchu<sup>31–33</sup>. Někteří autoři uvádějí jako možnou příčinu poklesu výskytu mlhy i změny v atmosférických cirkulačních systémech<sup>34–36</sup>. Obsáhlá analýza pozorování mlhy za období 1976–2006 ukázala významný pokles dní s mlhou, přičemž ve velké části Evropy se jednalo o pokles až na polovinu původní hodnoty<sup>33,31</sup>.

Spolu s klesajícím výskytem mlhy se v Evropě zlepšuje dohlednost díky snižujícím se koncentracím aerosolu v atmosféře<sup>37,38</sup>. Pro oblast tzv. „Černého trojúhelníku“<sup>39</sup>, v minulosti z hlediska silného znečištění ovzduší nechalné známého regionu na pomezí bývalého Československa, Východního Německa a Polska, se uvádí, že zlepšení kvality ovzduší vedlo mezi roky 1983 a 2008 ke zvýšení horizontální dohlednosti o plných 15 km, zatímco v relativně čisté oblasti došlo k mnohem menšímu zlepšení o 2,5 km (cit.<sup>40</sup>).

Pokles výskytu mlhy ovšem není pozorován zdaleka všude. V některých regionech je tomu právě naopak. Jde zejména o oblast jihovýchodní Asie, dlouhodobě se potýkající s extrémně vysokým znečištěním ovzduší v důsledku populačního boomu a s tím souvisejícím nárůstem intenzity dopravy, průmyslu i zemědělství<sup>41</sup>.

## 5. Mlha jako důležitá součást atmosférické depozice

Mlha je důležitou součástí atmosférické depozice<sup>42</sup>, významného procesu samočištění atmosféry. Tento mechanismus odstraňuje z ovzduší celou řadu látek, které by se zde jinak hromadily, avšak na druhou stranu představuje v rámci biogeochemických cyklů i významný látkový vstup do ostatních složek prostředí<sup>43</sup>. Drobné kapičky mlhy dokáží velmi účinně zachycovat nejrůznější znečišťující látky a odstraňovat je z atmosféry. Znečišťující látky se do mlhy dostávají dvojím způsobem: (i) jako účinná kondenzační jádra se účastní přímo tvorby mlhy, a (ii) zachytávají se na relativně velkém povrchu již vytvořených mlžných kapiček. Mlha bývá v porovnání s deštěm silně mineralizována a mnozí autoři uvádějí vysoký obsah řady iontů, zejména  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{H}^+$  (cit.<sup>16</sup>). Ty bývají označovány jako ionty majoritní a v našich evropských podmínkách se podílejí na celkovém složení mlhy zpravidla 60–80 % (cit.<sup>44</sup>). Měření na Šumavě v období 1994–2003 ukázalo, že iontová vodivost mlžné a oblačné vody je asi šestkrát vyšší než v případě vody dešťové, přičemž faktor nabohacení (poměr koncentrace dané látky ve vodě mlžné a dešťové), různý pro různé látky, se pohybuje mezi 0,1 pro Cu do 12,3 pro  $\text{NH}_4^+$  (cit.<sup>45</sup>).

Atmosférická depozice může prostřednictvím mlhy umožnit vstup znečišťujících látek do ekosystémů, jak bylo popsáno zejména pro oblasti lesů v horských polohách<sup>5,6,46</sup>. Mlha je pokládána i za jeden ze zásadních faktorů poškozujících přírodní prostředí a je považována za jednu z hlavních příčin vedoucích v minulosti k odlesnění částí horských regionů ve střední Evropě, např. v oblasti západních Sudet v Polsku a České republice<sup>27</sup>. Mlha totiž ve středoevropských podmínkách ulpívá na vegetaci až čtyřikrát delší dobu než kapky deště<sup>46</sup>.

Přesto, že panuje všeobecná odborná shoda na tom, že mlha představuje významný příspěvek depozičních toků do ekosystémů, a to zejména v horských a pobřežních regionech, a měla by být tedy rozhodně zohledňována<sup>47–49</sup>, bývá její příspěvek naopak v praxi zpravidla zanedbáván. Důvodem je fakt, že atmosférická depozice z mlhy je velmi obtížně kvantifikovatelná, a to zejména z hlediska zjištění hydrologického podílu mlhy<sup>8</sup>, jinými slovy určení objemu mlžné vody vstupující do ekosystému. Kromě toho, chemické složení mlhy se měřívá jen zřídka, a rozhodně nebývá zahrnuto v pravidelných programech monitorovacích sítí kvality ovzduší, a je o něm tedy relativně velmi málo informací<sup>50</sup>.

## 6. Sledování mlhy v České republice

V České republice se výskyt mlhy sleduje jako součást rutinních pozorování na profesionálních i dobrovolnických meteorologických stanicích Českého hydrometeorologického ústavu. Výsledky ukazují, že mlha se vyskytuje celoročně, nicméně s určitou sezónní variabilitou, maxima jsou pozorována v podzimních a zimních měsících.

Podle Klimatického atlasu Česka, který hodnotí 30leté období pozorování mezi lety 1960 a 1990, se u nás mlha v průměru vyskytuje v širokém rozmezí od pouhých 28 dnů v roce (stanice Kralovice, okres Plzeň-sever) až po plných 297 dní (stanice Praděd, Hrubý Jeseník). Obecně lze říci, že výskyt mlhy roste s rostoucí nadmořskou výškou, kromě lokalit se specifickým typem terénu<sup>51</sup>.

Kromě rutinních meteorologických sledování výskytu mlhy, její intenzity a délky trvání, se u nás mlha jako významný atmosférický jev studuje z různých aspektů a v rozdílných souvislostech. Jako příklad lze uvést studium mlhy jako (i) významného prvku hydrologické bilance v horských lesích<sup>52–54</sup>; (ii) významné součásti atmosférické depozice<sup>55–60</sup>, (iii) důležitého procesu samočištění atmosféry<sup>61</sup>. Bridges a spol.<sup>55</sup> ve své studii prováděné v polovině devadesátých let minulého století v oblasti znečištěných Krušných hor, exponovaných kouřovým vlečkám z velkých elektráren v Podkrušnohoří spalujícím nekvalitní hnědé uhlí domácí provenience<sup>39</sup>, odhadují příspěvek mlhy k celkové atmosférické depozici u sulfátů na plných 32 %, u nitrátů na 26 % a u amonných iontů na 17 % (cit.<sup>55</sup>). Hůnová a spol.<sup>60</sup> ve studii aplikující geostatistický model využívající naměřených dat odhadují, že na 85 % zalesněného území České republiky přispívá mlha k celkové atmosférické depozici dusíku z nitrátů i amonných iontů 0,25–1 g m<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup>, což rozhodně není vzhledem k měřené celkové depozici u nás<sup>39</sup> zanedbatelné množství. Obdobný model aplikovaný na síru<sup>59</sup> odhadl pro rok 2008, že na 68 % zalesněného území ČR přispívá mlha k celkové depozici síry 0–0,5 g m<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup>, na 25 % 0,5–1 g m<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup>, na 3,5 % 1–1,5 g m<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup>, a na 0,7 % více než 1,5 g m<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup> (cit.<sup>59</sup>).

Pomocí pokročilých statistických metod, konkrétně zobecněných aditivních modelů, byly u nás analyzovány i dlouhodobé časové trendy výskytu mlhy<sup>62</sup> a studována asociace výskytu mlhy a znečišťujících látek v ovzduší a klimatických charakteristik<sup>63</sup>. Imisní koncentrace SO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>, které jsou plynnými prekurzory SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> a NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ovzduší, se na vybraných lokalitách ČR ukázaly jako statisticky významné proměnné vysvětlující pravděpodobnost výskytu mlhy<sup>63</sup>.

S cílem kvantifikovat hydrologický podíl mlhy na Šumavě, v Krkonoších a Jizerských horách bylo využito i měření stabilních izotopů <sup>18</sup>O a <sup>2</sup>H (cit.<sup>64</sup>), které jsou pokládány za velmi užitečný nástroj při studiu řady environmentálních procesů zahrnujících atmosférickou vodu<sup>65,66</sup>.

Chemické složení mlhy sleduje dlouhodobě na několika lokalitách Ústav pro hydrodynamiku Akademie věd ČR a Ústav fyziky atmosféry Akademie věd ČR, přičemž jsou pro odběry vzorků mlhy používána odběrová zařízení vlastní konstrukce<sup>67</sup>. Konkrétně jde o odběry na Šumavě, v Krkonoších, Jizerských horách, v Kopistech a na Milešově<sup>52,57,68</sup>. Jejich dlouhodobá měření ukazují měnící se koncentraci měřených iontů v mlze a zejména zásadní změnu hlavní znečišťující látky, kterou byla koncem devadesátých let minulého století a počátkem tohoto století síra. Ta byla, po významném odsíření velkých emisních zdrojů a plynofikaci řady měst a obcí u nás nahrazena du-

síkem<sup>67</sup>. Jde o trend, který se ukazuje i jinde v Evropě nejen v mlze, ale i v depozici vertikální, tedy v padajících srážkách, dešti a sněhu<sup>39</sup>.

## 7. Závěr

Mlha je všeobecně vnímána zejména ve spojitosti s nebezpečím, které představuje pro veškeré druhy dopravy, a tím i pro lidskou společnost. Mlha je však především velmi pozoruhodným a přitom značně komplikovaným atmosférickým jevem, a jako takový se ho snaží tento příspěvek přiblížit ve světle současných odborných poznatků, se zřetelem zejména na jeho propojení s chemickými procesy v atmosféře.

Závěrem je možné konstatovat, že přestože v posledních dvou dekadách bylo celosvětově dosaženo v oblasti měření i modelování mlhy v atmosféře značného pokroku, stále zůstává řada nejistot o chemii i fyzice mlhy, o její hydrologii i ekologické roli v ekosystémech, a to po stránce kvalitativní i kvantitativní.

*Článek byl připraven s finanční podporou Technologické agentury České republiky (TACR) v rámci projektu SS 02030031 ARAMIS poskytnutého Českému hydrometeorologickému ústavu (ČHMU).*

## LITERATURA

1. Eugster W.: *Erde* 139, 1 (2008).
2. Croft P. J., v knize: *Encyclopedia of Atmospheric Sciences* (Holton J. R., Pyle J. A., Curry J. A., ed.), str. 777. Academic Press, London 2003.
3. George C., Ammann M., D'Anna B., Donaldson D. J., Nizkorodov S. A.: *Chem. Rev.* 115, 4218 (2015).
4. Herrmann H., Schaefer T., Tilgner A., Styler S. A., Weller C., Teich M., Otto T.: *Chem. Rev.* 115, 4259 (2015).
5. Thalmann E., Burkard R., Wrzesinsky T., Eugster W., Klemm O.: *Atmos. Res.* 64, 147 (2002).
6. Błaś M., Polkowska Z., Sobik M., Klimaszewska K., Nowiński K., Namieśnik J.: *Atmos. Res.* 95, 455 (2010).
7. Weathers K. C., Ponette-González A. G., Dawson T. E.: *Ecosystems* 23, 217 (2020).
8. Buijnzeel L. A. S., Eugster W., Burkard R., v knize: *Encyclopedia of Hydrological Sciences* (Anderson M. G., ed.), kap. 38, str. 559. John Wiley, Bridgewater 2005.
9. Hao W., Moghimi B., Yang X., Kamga C., Wang Y., Xiao L., Liu Z.: *Case Stud. Transp. Policy* 5, 627 (2017).
10. Česká meteorologická společnost [online]: *Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS)*. <http://slovník.cmes.cz>, staženo 24. 4. 2021.
11. WMO ICA: *International Cloud Atlas*, 2017. <https://cloudatlas.wmo.int/en/home.html>, staženo 7. 9. 2020.
12. Gültepe I. a 12 spoluautorů: *Pure Appl. Geophys.* 164,

- 1121 (2007).
13. Seinfeld J. H., Pandis S. N.: *Atmospheric Chemistry and Physics, From Air Pollution to Climate Change*. J. Wiley, New York 1998.
  14. Katul G. G., Oren R., Manzoni S., Higgins C., Parlange M.B.: *Rev. Geophys.* 50, RG3002 (2012). doi.org/10.1029/2011RG000366.
  15. Acker K., Beysens D., Moller D.: *Atmos. Res.* 87, 200 (2008).
  16. Pérez-Díaz J. L., Ivanov O., Peshev Z., Alvarez-Valenzuela M. A., Valiente-Blanco I., Evgenieva T., Dreischuh T., Gueorguiev O., Todorov P. V., Vaseashta A.: *Water* 9, 807 (2017).
  17. Sigg L., Stumm W., Zobrist J., Zurcher F.: *Chimia* 41, 159 (1987).
  18. Willet H. C.: *Mon. Weather Rev.* 56, 435 (1928).
  19. Sachweh M., Koepke P.: *Theor. Appl. Climatol.* 58, 87 (1997).
  20. Kim C. K., Yum S. S., Kim H., Kang Y.: *Pure Appl. Geophys.* 176, 4623 (2019).
  21. Hůnová I., Brabec M., Geletič, J., Malý M., Dumitrescu A.: *Sci. Total Environ.* 781, 146675 (2021).
  22. Hůnová I., Brabec M., Malý M., Dumitrescu A., Geletič, J.: *Sci. Total Environ.* 768, 144359 (2021).
  23. van Oldenborgh G. J., Yiou P., Vautard R.: *Atmos. Chem. Phys.* 10, 4597 (2010).
  24. Singh A., Bloss W. J., Pope F. D.: *Atmos. Chem. Phys.* 17, 2085 (2017).
  25. Igawa M., Matsumura K., Okochi H.: *Environ. Sci. Technol.* 36 (1), 1 (2002).
  26. Zimmermann L., Zimmermann F.: *J. Hydrol.* 256, 166 (2002).
  27. Błaś M., Sobik M., Quiel F., Netzelt P.: *Atmos. Res.* 64, 19 (2002).
  28. Bendix J.: *Atmos. Res.* 64, 3 (2002).
  29. Belorid M., Lee C. B., Kim J., Cheon T.-H.: *Theor. Appl. Climatol.* 122, 699 (2015).
  30. Klemm O., Lin N.-H.: *Aerosol Air Qual. Res.* 16, 1131 (2016).
  31. Vautard R., Yiou P., van Oldenborough G. J.: *Nat. Geosci.* 2, 115 (2009).
  32. Giulianelli L., Gilardoni S., Tarozzi L., Rinaldi M., Decesari S., Carbone C., Facchini M. C., Fuzzi S.: *Atmos. Environ.* 98, 394 (2014).
  33. Maurer M., Klemm O., Lokys H. L., Lin N.-H.: *Aerosol Air Qual. Res.* 19, 896 (2019).
  34. LaDochy S., Witiw M.: *Pure Appl. Geophys.* 169, 1157 (2012).
  35. Syed F. S., Körnich H., Tjernström M.: *Clim. Dyn.* 39, 2993 (2012).
  36. Liu Q., Cao Z., Sheng L., Diao Y., Wang W., Zhou Y., Qiu J.: *Theor. Appl. Climatol.* 132, 1117 (2018).
  37. Doyle M., Dorling S.: *Atmos. Environ.* 36, 3161 (2002).
  38. Van Beelen A. J., van Delden A. J.: *Weather* 37, 21 (2012).
  39. Hůnová I.: *Atmosphere* 11, 214 (2020).
  40. Stjern C., Stohl A., Kristijansson J. E.: *Geophys. Res.: Atmos.* 116, D02212 (2011).
  41. Srestha S., Moore G. A., Peel M. C.: *Agric. For. Meteorol.* 259, 118 (2018).
  42. Prošková J., Hůnová I.: *Meteorol. Zpr.* 59, 151 (2006).
  43. Amodio M., Catino S., Dambruoso P. R., de Gennaro G., Di Gilio A., Giundato P., Laiola E., Marzocca A., Mazzone A., Sardaro A., Tutino M.: *Adv. Meteorol.* 2014, 161730.
  44. Michna P., Werner R. A., Eugster W.: *Atmos. Res.* 151, 31 (2015).
  45. Tesař M., Šír M.: *Vodohospodářský bulletin* (2015). [https://www.researchgate.net/publication/308528255\\_Pu1\\_stoleti\\_hydrologickeho\\_a\\_ctvrt\\_stoleti\\_hydroekologickeho\\_vyzkumu\\_na\\_Su\\_mave](https://www.researchgate.net/publication/308528255_Pu1_stoleti_hydrologickeho_a_ctvrt_stoleti_hydroekologickeho_vyzkumu_na_Su_mave), staženo 9. 5. 2020.
  46. Lange C. A., Matschullat J., Zimmermann F., Sterzik G., Wienhaus O.: *Atmos. Environ.* 37, 3731 (2003).
  47. Rogora M. a 14 spoluautorů: *Hydrobiologia* 562, 17 (2006).
  48. Schmid S., Burkard R., Frumau K. F. A., Tobón C., Bruijnzeel L. A., Siegwolf R., Eugster W., v knize: *Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management* (Bruijnzeel L. A., Scatena F. N., Hamilton L. S., ed.), kap. 31, str. 302. Cambridge University Press, Cambridge 2011.
  49. Blaš M., Sobik M., Polkowska Ž., Cichaiak-Kamrowska K., Namieśnik J.: *Pure Appl. Geophys.* 169, 1067 (2012).
  50. Schemenauer R. S., Cereceda P.: *J. Appl. Meteorol.* 33, 1313 (1994).
  51. Tolasz R., Miková T., Valeriánová A., Voženílek V. (ed.): *Klimatický atlas Česka*. ČHMÚ, Praha 2007.
  52. Elias V., Tesar M., Buchtele J.: *J. Hydrol.* 166, 409 (1995).
  53. Křeček J., Palán L., Stuchlík E.: *iForest* 10, 680 (2017).
  54. Palán L., Křeček J.: *Environ. Process.* 5, 727 (2018).
  55. Bridges K. S., Jickells T. D., Davies T. D., Zeman Z., Hůnová I.: *Atmos. Environ.* 36, 353 (2002).
  56. Bridgman H. A., Davies T. D., Jickells T., Hůnová I., Tovey K., Bridges K., Surapipith V.: *Atmos. Environ.* 36, 3375 (2002).
  57. Fisak J., Tesar M., Rezacova D., Elias V., Weignerova V., Fottova D.: *Atmos. Res.* 64, 75 (2002).
  58. Zapletal M., Kuňák D., Chroust P.: *Water Air Soil Pollut.* 186, 85 (2007).
  59. Hůnová I., Kurfürst P., Maznová J., Coňková M.: *Erdkunde. Arch. Sci. Geogr.* 65, 247 (2011).
  60. Hůnová I., Kurfürst P., Vlček O., Stránek V., Stoklasová P., Schovánková J., Srbová D.: *Environ. Pollut.* 213, 1028 (2016).
  61. Zíková N., Ždímal V.: *Tellus* 68 (B), 27343 (2016).
  62. Hůnová I., Brabec M., Malý M., Valeriánová A.: *Sci. Total Environ.* 711, 135018 (2020).
  63. Hůnová I., Brabec M., Malý M., Valeriánová A.: *Sci. Total Environ.* 636, 1490 (2018).
  64. Hůnová I., Hanusková D., Jandová K., Tesař M., Květoň J., Kukla J.: *Eur. J. Environ. Sci.* 10, 89 (2020).

65. Sharp Z., 2007. *Principles of Stable Isotope Geochemistry*. [https://digitalrepository.unm.edu/unm\\_oer/1/](https://digitalrepository.unm.edu/unm_oer/1/), staženo 20. 6. 2020.
66. Šantrůček J., Šantrůčková H. (ed.): *Stabilní izotopy biogenních prvků. Použití v biologii a ekologii*. Academia, Praha 2018.
67. Fišák J., Tesar M.: *Akademický bulletin* 6, 19 (2014).
68. Tesar M., Fottová D., Eliáš V., Šír M.: *Silva Gabreta* 4, 87 (2000).

**I. Hůnová** (*Czech Hydrometeorological Institute, Prague*): **Fog, an Important Atmospheric Phenomenon**

Fog is an important and complex atmospheric phenomenon, closely related to atmospheric chemistry and physics, studied widely from various points of view. The aim of this review paper is to provide a brief summary of up-to-date scientific findings and results on (i) fog formation, (ii) factors affecting fog, (iii) long-term trends, (iv) fog relevance for atmospheric deposition, and (v) observation of fog incidence and chemical composition in the Czech Republic. The emphasis is put namely on those aspects of fog that are related to atmospheric chemistry.

Keywords: fog, atmosphere, atmospheric deposition, trends, ambient air pollution

*Acknowledgement*

*This paper has been partly supported by the Technological Agency of the Czech Republic (TACR), joint grant no. SS 02030031 ARAMIS to the Czech Hydrometeorological Institute.*