Aerozolių, debesų ir klimato sąveika

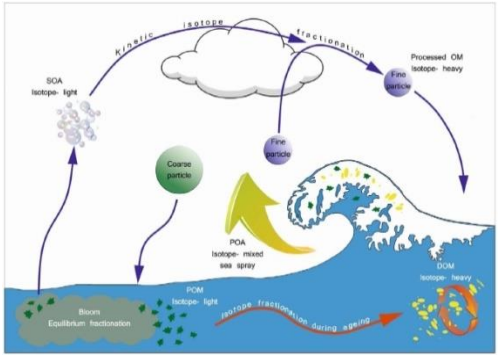
Aerosol-Cloud-Climate Interactions

Darius Čeburnis, Jurgita Ovadnevaitė, Colin D. O'Dowd
School of Physics and Centre for Climate and Air Pollution Studies, National University of Ireland Galway, Galway, Ireland
darius.ceburnis@nuigalway.ie

Jūrinis aerozolis yra ypatingai svarbi globalinės atmosferos sudedamoji dalis, nes vandenynai dengia 70% Žemės paviršiaus, o dėl vandenynų tamsaus paviršiaus iš kosmoso pusės aerozoliai bei dėl jų susidarantys debesys žymiai keičia Saulės spinduliuotės sklaidą bei atspindį. Priklausomai nuo jų sudėties, aerozoliai veikia Žemės šiluminį balansą ir klimatą tiesiogiai, sklaidydami Saulės šviesą atgal į kosmosą, arba netiesiogiai, lemdami debesų susidarydamą bei jų gyvavimo trukmę, tokiu būdu šaldydami klimatą. Jūrinis aerozolis susidaro vandens paviršiuje, veikiamas vėjo, tačiau biologiniai procesai ir jų sąveikos keičia jų susidarymo procesą, t.y. šaltinio funkciją.

Prieš daugiau nei dešimtmetį nustatėme, kad organinės medžiagos yra ženkli sudedamoji jūrinio aerozolio dalis, kuri keičia aerozolio klimatines savybes [1]. Organinės medžiagos patenka į aerozolio sudėtį tiesiogiai, formuojantis oro burbuliukams, arba netiesiogiai, kuomet lakios dujinės organinės medžiagos besijungdamos į klasterius formuoja aerozolio daleles. Buvo nustatyta, kad jūrinio aerozolio organinės medžiagos yra ne tik unikalios savo sudėtimi (sudarytos iš ilgagrandininių angliavandenilių, tokių kaip lipopolisacharidai, baltymai ir amino rūgštys), bet ir sudėtingai keičiančios aerozolio fizines savybes – higroskopiškumą bei debesų kondensacinių branduolių susidarymą – priklausomai nuo biologinio aktyvumo pasauliniame vandenyne. Organinės medžiagos pasižymi ryškiu dualizmu – menkai absorbuoja vandenį neįsotintoje vandens garais aplinkoje, bet puikiai virsta debesų lašeliais persotintoje vandens garais aplinkoje [2]. Toks dualizmas buvo užfiksuotas ir pirminiame aerozolyje, susidarančiame lūžtant bangoms, ir antriniame aerozolyje, susidarant dalelėms iš dujinės fazės bei prieštaravo visuotinai pripažintai kappa-Kohler'io teorijai, numatančiai, kaip aerozoliai virsta debesų lašeliais. Skystų fazių atsiskyrimo termodinaminės pusiausvyros modelis (Liquid-Liquid Phase separation) labai gerai paaiškino proceso vyksmą bei atitiko eksperimentinius rezultatus. Skystų fazių atsiskyrimo metu netirpios organinės medžiagos koncentruojasi dalelės paviršiuje, ženkliai mažindamos paviršiaus įtempimo jėgas, tačiau beveik nepaveikdamos tirpalo savybių ir Raoult'o efekto, o fazių atsiskyrimas išsilaiko debesų lašelio augimo metu, net kai organinių medžiagų monosluoksnis nebedengia viso paviršiaus [3]. Fazių atsiskyrimo efekto pasekoje, esant konkrečiam debesų persotinimo laipsniui, debesų kondensacinių branduolių skaičius padidėja iki 10 kartų, lyginant su kappa-Kohlerio teorija ir, tuo būdu, žymiai keičia debesų susidarymą bei jų gyvavimo trukmę.

Izotopiniais matavimo metodais pavyko atskleisti organinių medžiagų susidarymo ir virsmų dėsningumus pasauliniame vandenyne [4]. Stabilios anglies izotopinio santykio kaita turi ryškią vandenyno paviršiaus temperatūrinę priklausomybę, rodančią fotosintezės reakcijų poveikį izotopiniam santykiui bei organinių medžiagų praturtinimui aerozolio dalelėse. Eksperimentinių rezultatų paaiškinimui buvo sukurtas pusiau-empirinis modelis, kuriame tuo pat metu koegzistuoja ir netolygiai pasklidusios netirpios organinės medžiagos, susidarančios iš jūrinio planktono sąveikų su bakterijomis ir virusais bei sąveikų aukštesnėse mitybinėse grandinėse, bei tirpių organinių medžiagų, kurios yra galutinis sąveikų produktas bei yra tolygiai pasklidusios vandenynuose, o abiejų tipų organines medžiagos dinamiškai keičia viena kitą priklausomai nuo vandenyno paviršiaus temperatūros ir vėjo greičio, sąlygojančio pirminio aerozolio susidarymą. Tuo pat metu, minėtų sąveikų metu vyksta ir dujinių medžiagų emisija į jūrinę atmosferą, iš kurių vėliau susidaro antriniai aerozoliai. Po visų šių transformacijų aerozoliai su krituliais grįžta į vandenynų paviršių, taip užbaigdami organinių medžiagų apykaitos ciklą (1 pav.).



1 pav. Organinių medžiagų jūros vandenyje bei atmosferoje apykaitos ciklas, atskleistas izotopiniais matavimais [4].

Reikšminiai žodžiai: aerozolis, jūrinė atmosfera, organinės medžiagos, izotopai, fazių atskyrimas, debesų konsaciniai branduoliai.

Literatūra

[1] C.D. O'Dowd et al., Nature, **431**, 676-680 (2004).
[2] J. Ovadnevaitė et al., Geophys. Res. Lett., **38**, L21806 (2011)
[3] J. Ovadnevaite et al., Nature, **546**, 637-641 (2017)
[4] D. Ceburnis et al., Scientific Reports, **6**, 36675 (2016)