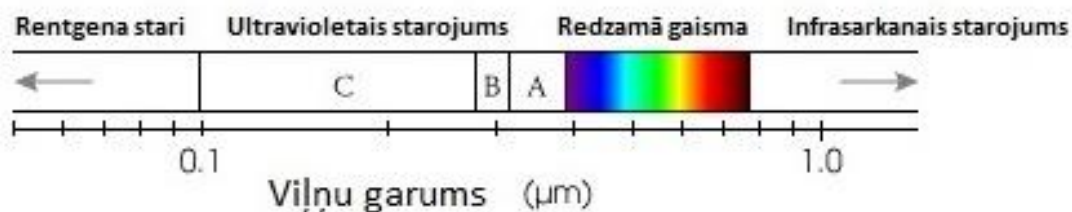


Ultravioletā radiācija: kā tā ietekmē dzīvību uz Zemes?

Saule izstaro radiāciju plašā viļņu garuma diapazonā un lielākā daļa no tiem ar cilvēka aci nav saskatāmi. Jo īsāks ir viļņu garums, jo spēcīgāks ir to starojums un līdz ar to pastāv lielāks potenciālais apdraudējums. Ultravioletais starojums, kas sasniedz Zemes virsmu, ir viļņu garumā no 290 līdz 400 nm (nanometru – metra miljardā daļa). Tas ir īsāks par redzamās gaismas garumu, kas ir 400 – 700 nm.



Elektromagnētiskā starojuma spektrs. Robert Simmone ilustrācija

Saules radītajam UV starojumam vienmēr ir bijusi būtiska nozīme, un tas ietekmē gandrīz visus dzīvos organismus, tāpēc ir veidojušies dažādi pielāgojumi. UV starojums dažādos viļņu garumos atšķiras pēc ietekmes un mums ir jāspēj sadzīvot gan ar tā kaitīgo ietekmi, gan pozitīvo.

Starojumam ar lielāku viļņu garumu 320-400 nm, ko sauc par **UV-A**, ir noderīga un būtiska loma D vitamīna sintēzē ādā, bet tam ir arī kaitīga loma - tas izraisa ādas apdegumus un kataraktu acīs.

Starojums ar mazāku viļņa garumu – 280-320 nm, ietilpst elektromagnētiskā spektra **UV-B** daļā. UV-B starojums nodara kaitējumu molekulu līmenī un ietekmē dezoksiribonukleīnskābi jeb DNS.

Visu Zemi no pārmērīga UV starojuma pasargā ozona slānis, kas atmosfēras augšējās slāņos absorbē UV starojumu un neļauj lielākajai daļai sasniegt Zemes virsmu. Kopš 70-to gadu vidus cilvēku darbības rezultātā ir radušās izmaiņas ozona slānī, kuru dēļ ir palielinājies UV starojuma daudzums, kas sasniedz Zemes virsmu, it īpaši polos un to tuvumā. Ja šāds slānis stratosfērā nebūtu, tad uz Zemes arī dzīvība, kādu pazīstam, nevarētu pastāvēt. Zinātnieku bažas par ozona slāņa noārdīšanos ir rosinājušas dažādus pētījumus par to, kādu kaitējumu dzīvībai uz Zemes nodara paaugstināts UV-B starojuma līmenis. Daži efekti ir zināmi, taču atlicis vēl daudz nezināma.

UV-B starojuma ietekme uz biosfēru

Šis ir sarežģīts jautājums, kas atkarīgs no dažādiem faktoriem, piemēram, no sugu atšķirīgās jutības, un liela daļa no šiem faktoriem vēl nav pilnībā izprotami. Viens un tas pats organisms dažādu vides faktoru ietekmē var atšķirīgi reaģēt uz UV-B starojumu, piemēram, jūras organismi atšķirīgā dziļumā, kā arī starojuma radītās sekas var atšķirties citu stresu ietekmē, piemēram, ūdens vai barības vielu trūkuma dēļ. Ir zināms, ka pastiprinātai UV-B starojumaam ir ietekme uz cilvēka veselību, kultūraugiem, sauszemes un ūdens ekosistēmām un bioģeoķīmiskajiem cikliem, piemēram, oglekļa un enerģijas apriti.

UV-B starojuma ietekme uz cilvēka ādu ir plaša un daudzveidīga. UV-B starojums izraisa vēzi, izraisot mutācijas DNS un traucējot imūnsistēmas darbību. Mati un apģērbs pasargā cilvēkus no UV-B starojuma, taču acis ir mazāk aizsargātas. Pārmērīgs UV-B starojums izraisa dažādas acu slimības, piemēram, kataraktu un tā saucamo sniega aklumu, kas novērojamas kā cilvēkiem, tā dzīvniekiem. Viens no veidiem, kā pasargāt acis, ir izmantot kvalitatīvas saulesbrilles, taču arī tās nodrošina tikai daļēju aizsardzību.

Daudzu sugu augiem UV-B starojuma ietekmē pasliktinās fotosintēzes process. Pārmērīga starojuma iedarbība samazina kultūraugu, piemēram, dažādu graudaugu, kokvilnas un sojas, produktivitāti un kvalitāti. UV-B starojuma ietekmē palielinās arī augu uzņēmība pret slimībām. Dažas sugas ir jutīgākas pret UV-B starojuma ietekmi kā citas, tāpēc starojuma daudzuma pieaugums var novest pie izmaiņām sugu izplatībā un daudzveidībā dažādās ekosistēmās. Tā kā šis starojums ietekmē organismus, kas nodrošina barības vielu un enerģijas plūsmu ekosistēmās, ir iespējams sagaidīt izmaiņas to darbībā, piemēram, fitoplanktona populāciju samazināšanās ievērojami ietekmētu globālo oglekļa ciklu, jo fitoplanktons okeānā uzkrāj milzīgu daudzumu oglekļa. Jau tagad ozona slāņa bojājumu dēļ novērojams 6-12% fitoplanktona fotosintēzes samazinājums.

Augu, dzīvnieku un mikroorganismu sabiedrības varētu būt izturīgākas nekā mums šķiet. Neraugoties uz paaugstināto UV starojuma iedarbību virs Antarktīdas pēdējās desmitgadēs, katastrofālas izmaiņas ekosistēmu līmenī nav notikušas. Iemesls tam visdrīzāk slēpjas tajā, ka ozona bojājumi novērojami tikai no septembra līdz decembrim un aptver salīdzinoši nelielu ģeogrāfisku reģionu. Ja pieaugtu laika periods, kurā ozona slāņa bojājumi novērojami vai pieaugtu tā lielums, tad agri vai vēlū būtu novērojamas būtiskas izmaiņas ekosistēmās.

Kas nosaka to, cik liels ultravioletais starojums sasniedz Zemes virsmu?

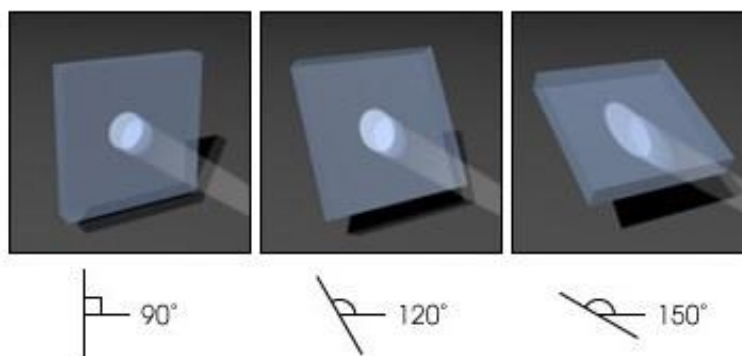
UV starojuma apjoms, kas sasniedz Zemes virsmu, būtiski atšķiras dažādās vietās un gada laikā, jo to ietekmē vairāki būtiski faktori.

Būtiska nozīme ir mākoņu segai. Ik piliens, kas veido mākoņus, atstaro UV starojumu atpakaļ kosmosā. Pateicoties tam, bieza mākoņu sega spēj gandrīz pilnībā pasargāt visu uz Zemes esošo no UV starojuma. Jo lielāka daļa debesu ir klāta ar mākoņiem, jo mazāks UV starojums sasniedz Zemi. Tomēr tikai uz mākoņiem nevaram paļauties, jo pārāk plāna mākoņu sega vai nepilnīgi nosegtas debesis var radīt maldinošu priekšstatu, un saulēšanās bez aizsarglīdzekļiem šādā laikā var radīt smagus ādas apdegumus.

Stratosfēras ozons ir dabiskas izcelsmes gāzes slānis, kas pasargā Zemi no ienākošā UV starojuma, taču, šim slānim sarūkot, tas kļūst caurlaidīgāks, un Zemi sasniedz arvien lielāks UV starojuma apjoms. Straujāk pieaug tieši kaitīgā UV-B starojuma apjoms. Zinātnieki var precīzi noteikt UV-B starojuma daudzumu uz virsmas, izmantojot globālos datus no satelītiem, piemēram, NASA TOMS (*Kopējais ozona kartēšanas spektrometrs*), GOME (*Globālais ozona monitoringa eksperiments*) un Aura (pēta ozonu, aerosolus un klimatu ietekmējošās gāzes).

Ozona slāņa noārdīšanās ir izteiktāka augstākos platuma grādos (virzienā uz ziemeļu un dienvidu poliem) un nenozīmīga zemākajos platuma grādos (starp 30°Z un 30°D). Taču pilsētas, kas atrodas tuvāk ekvatoram, parasti saņem vairāk Saules gaismas, līdz ar to saņemtais UV starojuma līmenis tur ir augstāks pat bez ozona slāņa bojājumiem.

Saules staru krišanas leņķis. Saules gaismas stari lielāko daļu Zemes jebkurā laikā sasniedz slīpā leņķī. Tādā veidā UV fotoni tiek izkliedēti plašākā virsmas laukumā, samazinot ienākošā starojuma daudzumu. Turklāt atmosfēras daudzums, ko Saules stari šķērso, atrodoties slīpā leņķī, ir lielāks, nekā, ja tie krīt taisni, līdz ar to samazinās UV-B starojuma iedarbība uz Zemi.



Saules staru krišanas leņķa ietekme uz virsmu. Robert Simmone ilustrācija

Aerosoli, piemēram, putekļi un dūmi, atšķirībā no mākoņiem, ne tikai izkliedē, bet arī absorbē UV-B starojumu. Parasti aerosoli UV starojumu samazina tikai par dažiem procentiem, taču biezu dūmu vai putekļu gadījumā aerosolu daļiņas var absorbēt vairāk kā 50% starojuma.

Ūdens dziļuma pieaugums strauji samazina UV-B starojuma iedarbību. Ūdens un tā piemaisījumi spēcīgi absorbē un izkliedē ienākošo UV starojumu.

Reljefa pacēlums ietekmē to, cik lielu daudzumu starojuma organismi parasti saņem – jo lielāks augstums, jo lielāks saņemtais starojums. Tas notiek tāpēc, ka lielā augstumā UV-B starojums iziet cauri mazākam atmosfēras slānim, līdz tas sasniedz Zemi, un tam ir mazāka iespēja saskarties ar radiāciju absorbējošiem aerosoliem vai ķīmiskām vielām, piemēram, ozonu un sēra dioksīdu.

Zemes virsmas atstarošana. Sniegs kā ļoti atstarojoša viela dramatiski palielina UV-B iedarbību netālu no Zemes virsmas, jo tas atstaro lielāko daļu starojuma atpakaļ atmosfērā, kur to atkal aerosoli un gaisa molekulas izkliedē pret virsmu. Svaiga sniega sega var atstarot pat 94% no UV starojuma, bet zeme bez sniega segas parasti atstaro tikai 2-4% un okeāna virsma 5-8%.

Cik daudz UV-B starojuma mēs saņemam?

Zinātnieki nosaka saņemtā UV-B starojuma daudzumu 2 veidos – mērot to tieši uz Zemes ar mērinstrumentiem vai veicot aprēķinus, kas balstīti uz satelītdatiem par ozona slāņa biezumu, mākoņu segu un citiem to ietekmējošiem faktoriem. Veicot mērījumus tieši uz Zemes, precīzi nosakāms starojuma daudzums, kāds virsmu sasniedz konkrētajā vietā. Tā kā šādu mērījumu skaitu ierobežo mērinstrumentu skaits, izmaksas un apgrūtināta pieejamība dažādās vietās, tad vairāk paļaujamies uz satelītdatiem. Tieši dati no satelītiem ievērojami veicina zinātnieku izpratni par UV starojuma ietekmi.

Lai saprastu kā pētnieki nonāk pie aprēķina, cik liels daudzums UV-B starojuma sasniedz Zemes virsmu, var iztēloties gaisa kolonnu, kas sniedzas no Zemes līdz satelītam virs atmosfēras. Mērinstrumenti, kas atrodas satelītos, nosaka kolonnā esošā ozona, mākoņu segas un aerosolu daudzumu. Balstoties uz iegūtajiem datiem, pētnieki spēj precīzi noteikt, cik liels daudzums UV-B starojuma sasniedz Zemes virsmu un tad to attēlot globālās datu vizualizācijās. Šādiem satelītu mērījumiem ir būtiska nozīme izpratnes radīšanai par globālām izmaiņām, piemēram, UV starojuma pieaugumu. Taču, lai dati būtu pēc iespējas precīzāki, ir nepieciešams tos salīdzināt ar uz Zemes stratēģiski izvietotu mērinstrumentu veiktiem mērījumiem.



Radiometrs UV-B starojuma mērīšanai Belltsvillē, Mērilendā. Jeannie Allen fotogrāfija

Avots <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/UVB>