

Ledus un klimata centra apmeklējums Kopenhāģenas Universitātē izvērtās par intelektuālu piedzīvojumu, pateicoties ledus pētniekam **Jirgenam Pīteram Stefensenam**, kurš sausajām temperatūras un citām klimata raksturliķnēm lika atdzīvoties, piepildot tās ar konkrētiem vēsturiskiem notikumiem un klimata pārmaiņu drāmām. Vienlaikus kļuva skaidrs, ka klimata izmaiņas skatāmas plašā vēsturiskā perspektīvā, kurā patreizējā globālā sasilšana ir vien niecīga epizode.

CILVĒKS, KURŠ LIEK LĪKNĒM ATDZĪVOTIES

Ko stāsta ledus?

1964. gadā amerikāņi Grenlandes ledus vairogā izdarīja pirmo dziļo urbumu kā militāru eksperimentu. Aptuveni kopš tā paša laika ledu pēta arī J. P. Stefensena vadītā grupa. Viņš pats 24 sezonas pavadījis Grenlandē, urbjot ledu. Neilgi pirms mūsu apmeklējuma 2008. gada septembrī zinātnieks bija atgriezies no kārtējās ekspedīcijas un uzstājās auditori-

jas priekšā noaudzis ar bārdu un vēju appūstu seju. “Ārā –55° salā salst rokas, tāpēc mēs pamatā strādājam pazemes laboratorijās, kur ir krietni siltāks, tikai –25°,” tā Stefensens.

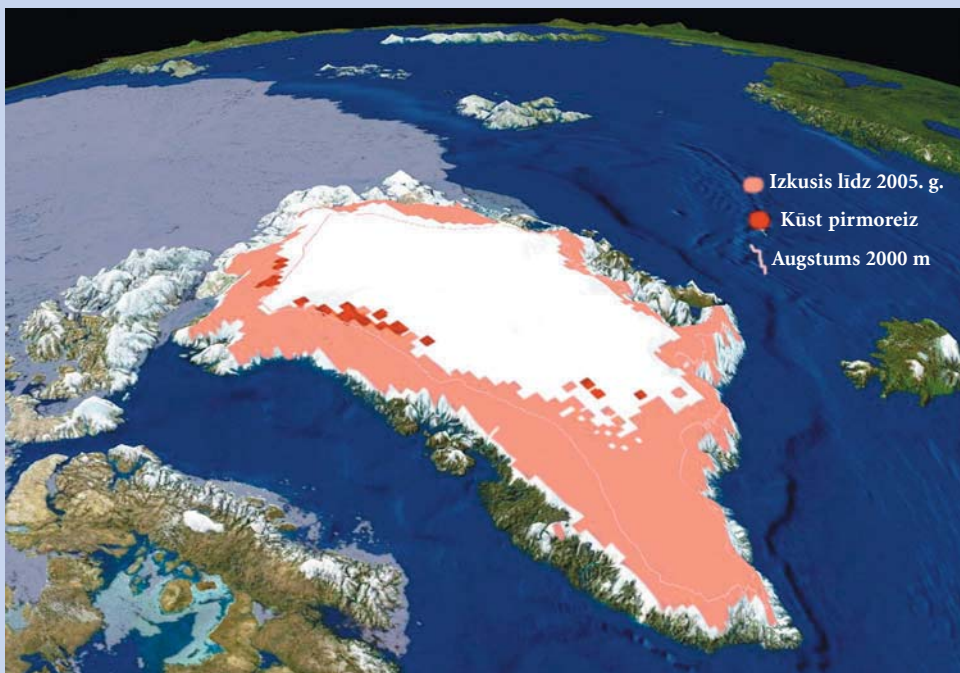
Kā notiek ledus urbšana? Visu urbšanas telpu paceļ vertikāli, ledus urbi pusstundu laiž lejā, desmit minūtes urbj un atkal pusstundu ceļ augšā. Rezultāts ir 3,5 metrus gara serde aptuveni 10 centimetrus diametrā. Sākotnējo apstrādi – marķēšanu un sagatavošanu glabāšanai – veic uz vietas. Šajā procesā jābūt uzmanīgam, jo ledus satur gaisa burbuliņus – senās atmosfēras paraugus. Dziļākajos slāņos ledus ir ļoti saspiests un spiediens burbuliņos sasniedz 300 atmosfēras. Ja ledum spēcīgāk pieduras, virskārtā esošie burbuliņi sprāgst.

Kas tik ledū nav atrodams! Tajā ir dažādi minerāli, putekļi no kontinentiem (dīvaini, bet pārsvarā no Ķīnas teritorijas), vulkāniskie putekļi, mikrometeorīti, gāzes (oglekļa dioksīds, metāns, skābeklis, slāpekļis un citas), bioloģiskie materiāli – gan ziedputekšņi, kas satur DNS, gan augu daļas. Kā smejas pats pētnieks – nevienu ledū iesalušu grenlandieti gan nav gadījis uzurbt. Atrodami arī radioaktīvie izotopi. Īpaši daudz to ir 1963. gada slānī, kad PSRS un ASV veica daudzus atombumbu izmēģinājumus

Slejas augšā – J. P. Stefensens tur rokās ledus serdes gabalu, kurā atrodams arī 1066. gada slānis. Šajā gadā notika vēsturiskā Heistingsas kauja, kurā normaņi iekaroja Angliju.

Grenlandes ledus vairogs

Grenlandes ledus vairogs ir 2400 km garš, platākajā vietā – 1100 km plats. Vidū tā biezums sasniedz 3,1 km. Tas ir otrais lielākais ledus krājums uz zemeslodes pēc Antarktīdas ledus vairoga. Vidējā temperatūra te ir –32 °C, tāpēc sniegs nekad nekūst. Tas tikai krājas kārtu pēc kārtas un zem augšējo slāņu smaguma sablīvējas, pakāpeniski pārvēršoties ledū. Jo dziļāk, jo slāņi ir plānāki (saspiestāki), taču tie nesajaucas. Šis ledus glabā ziņas par līdz pat 120 000 gadu senu pagātnei, kad izveidojās paši pirmie, apakšējie slāņi. Pašlaik vairoga malas kūst un šī kušana dod 10% globālā okeāna līmeņa pieauguma, kas vienāds ar 2–3 mm/gadā. Taču vairoga vidus ir stabils.



Grenlandes ledus vairogs. Ar sarkanu parādīta vasarās kūstošā daļa.

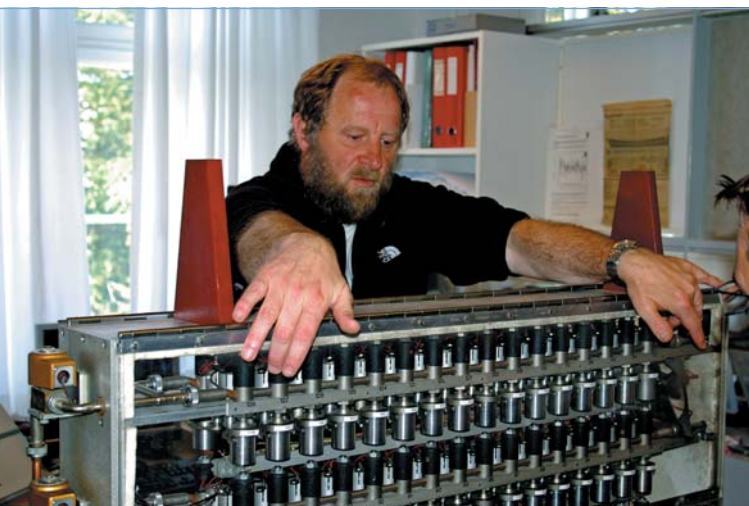


Tabula. Ledus urbumi Grenlandē.

Urbums	Laiks	Dziļums, m
Camp Century	1964–66	1390
DYE-3	1979–81	2037
GRIP	1989–92	3029
GISP2	1989–93	3053
NorthGRIP	1997–2003	3085
NEEM	2007–11	Plānots 2500

atmosfērā. Ledus ir kā mēms cilvēku neapdomīgās rīcības liecinieks.

Pētot ledu, iespējams izsekot arī atmosfēras piesārņojumam. Kopš 1900. gada skābo lietu dēļ ledū sāka palielināties sērskābes saturs, un kādu laiku tas bija pat trīs reizes lielāks par iepriekšējo, dabisko normu. Tagad relatīvais sērskābes daudzums ir aptuveni 1,5. Tas sāka kristies aptuveni 1980. gadā, kad starptautiskā līmenī pieņēma lēmumus par sēra dioksīda izmešu samazināšanu.



Izkausēto ledus paraugu izotopu sastāva analizators, kas konstruēts Kopenhāgenas Universitātē, ir pats ražīgākais pasaulē.

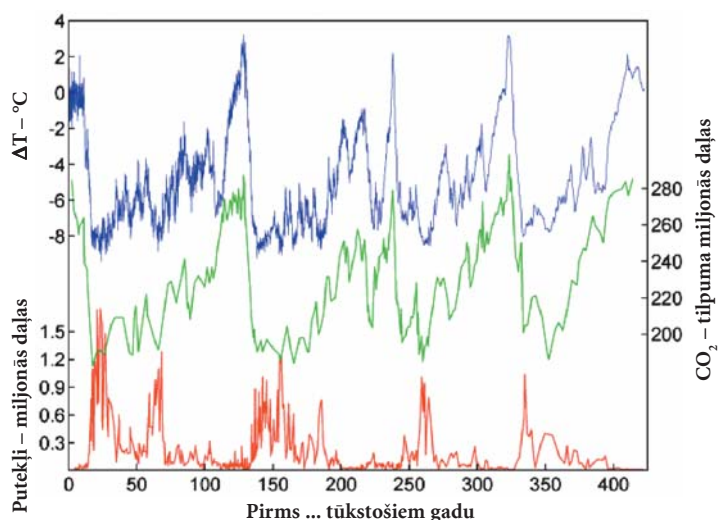
Turpmākiem pētījumiem no serdes visā tās garumā nogriež slāni, bet pārējais paliek "arhīvā". Slāni sadala 85 000 gabaliņos, izkausē un nosaka skābekļa izotopu sastāvu. Ūdens molekulās ietilpstošie skābekļa atomi nav vienādi. Visvairāk ir vieglākā skābekļa izotopa O-16, bet nelielā daudzumā ūdenī sastopams arī smagākais skābekļa izotops O-18. Šo izotopu attiecība dod iespēju aptuveni noteikt okeāna ūdens temperatūru, no kurienes ūdens iztvaikojis, un gaisa temperatūru mākoņos, kuros veidojies sniegs. Neiedziļinoties detaļās, pateiksim tikai, ka tas saistīts ar iztvaikošanas un kondensācijas ātrumu, kas vieglākajām (O-16 saturošajām) un smagākajām (O-18 saturošajām) ūdens molekulām ir atšķirīgs. Tādējādi pēc attiecīgās temperatūras (lasi – izotopu attiecības) var atšķirt ledu, kas veidojies vasarā, no ziemas ledus, un precīzi, gadu pa gadam, datēt visu ledus serdi.

Tabula. "Ledus veikala" asortiments.

Izotopi ledū: O-18, O-17, O-16, H-1, H-2;
 Joni: Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, F⁻, H⁺, K⁺, Na⁺, NH₄⁺, Mg²⁺, Ca²⁺;
 Gāzes: CO₂, CH₄, O₂, N₂, SF₆;
 Radioaktīvie izotopi: Be-10, Cl-36, Pb-210, Si-32, C-14, Cs-137, Sr-90.

Pagātnes klimata liecinieks

Secinājumi par pagātnes klimatu, kas izdarīti ledus pētījumos, ir ļoti interesanti. Ja zinātniekiem nepieciešams "ieskatīties" ļoti tālu pagātnē, tad viņi izmanto arī rezultātus no ledus urbumiem Antarktīdā, kas glabā liecības pat par 800 000 gadu tāliem notikumiem. Ja izpētām liknes, kas raksturo Antarktīdas klimatu pagājušajos 400 000 gadu, tad redzam, ka visas mūsdienu un antikās civilizācijas ir "izvietojušās" pēdējā temperatūras kāpumā (*pa kreisi*), kas sākās pēc pēdējā ledus laikmeta beigām. Iespējams, ka pašlaik mēs virzāmies uz tādu pašu temperatūras maksimumu, kāds bija aptuveni pirms 120 000 gadu.

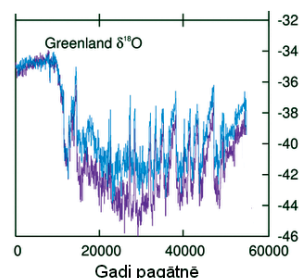


Klimata izmaiņas Antarktīdā pēdējos 400 000 gadu (no stacijas Vostok urbumu datiem). Ar zilu parādītas temperatūras izmaiņas, ar zaļu – oglekļa dioksīda koncentrācija gaisā, ar sarkanu – putekļu saturs gaisā.

Grenlandē pēdējais ledus laikmets beidzās pirms 11 703 gadiem (± 99 gadi). Faktiski silts palika agrāk, aptuveni pirms 15 000 gadiem (*sk. aso pīķi attēlā*). Ledāju atbrīvotajās platībās izauga meži, iedzīvojās dzīvnieki. Bet tad pēkšņi atkal kļuva auksts – meži iznīka un dzīvnieki izmira. Ziemeļu puslodes arktiskajos apgabalos vēl tagad atrod ar šo laika posmu datētus kaulus un augu paliekas. Un tikai pirms 11 700 gadiem iestājās ilgstošs siltuma periods.

Dati rāda, ka dažkārt ir notikušas ļoti straujas temperatūras izmaiņas, pat par 10 grādiem 25 gados. Stefensens domā, ka to cēlonis ir atmosfēras cirkulācijas izmaiņas un, konkrētāk, izmaiņas Indijas okeāna musonu sistēmā. Pēc tam atmosfēras cirkulācija pakāpeniski novirza okeānu straumes un starp Zemes puslodēm pārdalās no Saules saņemtā enerģija, radot pretējus klimatiskos efektus ziemeļu un dienvidu puslodē. Te jāsaprot, ka kopējā mūsu planētas saņemtā enerģija principiāli nemainās.

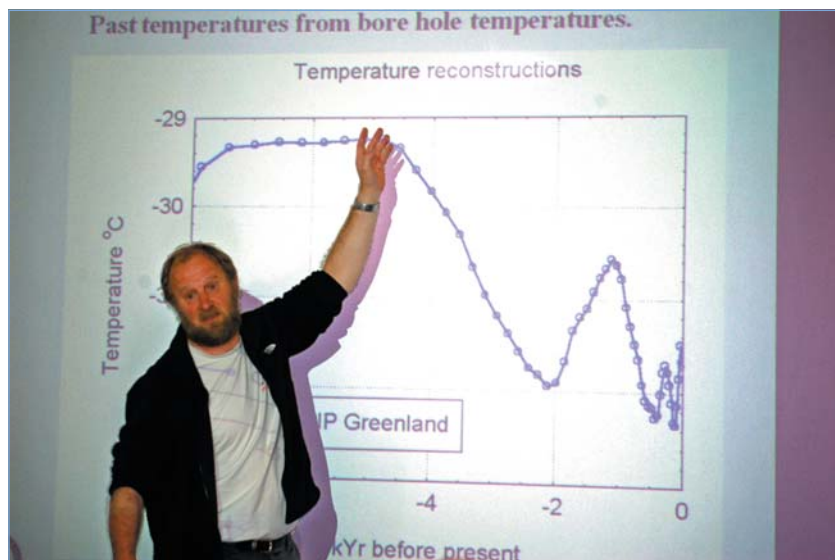
Skābekļa izotopu attiecībai atbilstošā temperatūra Grenlandē pēdējos 50 000 gadu. Pa kreisi – temperatūras kāpums pēc ledus laikmeta. Mazliet pa labi – siltuma pīķis aptuveni pirms 15 000 gadu.



Zinātnei kalpo ne tikai izurbtās ledus serdes, bet arī pāri palikušais caurums. Mērot urbuma temperatūru dažādā dziļumā, iespējams sīkāk rekonstruēt temperatūru pēdējos tūkstošos un simtos gadu (*sk. attēlu*). Iznāk, ka vissiltākais bija akmens laikmetā, bet kopš tā laika temperatūra pakāpeniski pazeminās. Izteikti temperatūras minimumi bija mūsu ēras sākumā un viduslaikos. Protams, pēc tam atkal sekoja temperatūras kāpums. Visaukstākais bija ap 1850. gadu, kad ledāju izmēri bija maksimāli. Tagad ledāji kūst un, Stefensena skatījumā, atgūst normālus izmērus. Taču daudzi pasaulē vaimanā, ka notiek nenormāla ledāju samazināšanās. Un patreizējā vēlme samazināt CO₂ izmešus atmosfērā ir “cenšanās restaurēt 1850. gadu”. Saskaņā ar zinātnieka domām tas ir muļķīgi, darbs ar ledus serdēm viņu pieradinājis domāt daudz plašākos mērogos. *“Regulāri gaisa temperatūras mērījumi notiek kopš 19. gadsimta vidus. Ja kāds uzskata, ka līdz šodienai ir notikušas lielas izmaiņas, tas ir sekls skatījums.”*

Ledus pētnieki saskata lielu līdzību klimata izmaiņās, kas notikušas pirms 400 000 gadu, ar to, kas notiek pašlaik. No tā Stefensens secina, ka nākamais ledus laikmets var iestāties pat tik drīz kā pēc 10 000 gadiem. Konservatīvāks vērtējums ir tāds, ka līdz ledus laikmetam jāgaida vairāki desmiti, varbūt pat simt tūkstoši gadu.

Uz jautājumu par globālo sasilšanu un oglekļa dioksīda ietekmi uz klimatu zinātnieks atbildēja, ka viņaprāt siltumnīcas gāzu izdalīšanās ir sekas, nevis cēlonis. Jau pēc tam,



Pēdējo gadu tūkstošu vidējā gaisa temperatūra Grenlandē, kas noteikta, mērot temperatūru urbumā. Pie zinātnieka rokas sākas temperatūras kritums bronzas laikmetā.

kad klimata izmaiņas ir sākušās, atmosfērā izdalās vairāk oglekļa dioksīda, kas tad rada pozitīvu atgriezenisko saiti – jo vairāk CO₂, jo karstāks; jo karstāks, jo vairāk izdalās CO₂ utt. *“Zinātnieki meklē globālās sasilšanas cēloņus, bet politiķi nolēma, ka cēlonis ir oglekļa dioksīds. Bet nav pat svarīgi, vai tiks pierādīts, ka klimata izmaiņas ir cilvēku radītas. Tās jau būs notikušas un būs par vēlu.”*