

SAM KEAN

Paskutinis Cezario atodūsis

Mus supančio oro paslaptys

Iš anglų kalbos vertė
Dalia Janušaitienė



eugrimas

Vilnius 2020

Versta iš knygos:

CAESAR'S LAST BREATH:

Decoding the Secrets of the Air Around Us

By Sam Kean

Leidinio bibliografinė informacija pateikiama
Lietuvos nacionalinės Martyno Mažvydo bibliotekos
Nacionalinės bibliografijos duomenų banke (NBDB)

TEISĖS GINAMOS.

Šį leidinį draudžiama atgaminti bet kokia forma ar būdu, viešai skelbti, įskaitant viešą prieinamumą kompiuterių tinklais (internete), išleisti ir versti, platinti jo originalą ar kopijas parduodant, nuomojant, teikiant panaudai ar kitaip perduodant nuosavybėn.

Draudžiama šį kūrinių, esančių bibliotekose, mokymo įstaigose, muziejuose arba archyvuose, mokslinių tyrimų ar asmeninių studijų tikslais atgaminti, viešai skelbti ar padaryti viešai prieinamą kompiuterių tinklais tam skirtuose terminaluose tų įstaigų patalpose.

Iš anglų kalbos vertė

Dalia Janušaitienė (HESI GROUP)

Redagavo ir korektūrą atliko

Regina Dobelienė

Maketuotojas

Ernestas Vinickas

Viršelį adaptavo

Eglė Raubaitė

ISBN 978-609-437-414-2

Copyright © 2017 by Sam Kean

© Leidykla „Eugrimas“, 2020

© Lietuvos mokslų akademija, 2020

*Išvysk pasaulį smiltelėje,
Dangų – lauko gėlėje.
Sutalpink begalybę saujoje,
O amžinybę – valandoje.*

VILJAMAS BLEIKAS
„NEKALTYBĖS PRANAŠYSTĖS“

TURINYS

	<i>Įvadas</i>	9
	I. ORO ATSIRADIMAS	
	Pirmosios keturios Žemės atmosferos	
Pirmas skyrius:	Pirmykštės Žemės oras	21
	<i>Intarpas. Sprogęs ežeras</i>	44
Antras skyrius:	Piktoji oro dvasia	49
	<i>Intarpas. Dujinis pjoviklis – pavojingas ginklas</i>	73
Trečias skyrius:	Deguonies prakeikimas ir palaiminimas	78
	<i>Intarpas. Baisiau, nei rašė Dikensas</i>	104
	II. ORO PAŽABOJIMAS	
	Žmogaus santykis su oru	
Ketvirtas skyrius:	Stebuklingos džiaugsmo dujos	113
	<i>Intarpas. Le Pétomane (Pirdalius)</i>	139
Penktas skyrius:	Kontroliuojamas chaosas	145
	<i>Intarpas. Plienas ir tragedija</i>	168
Šeštas skyrius:	Į dangaus žydrynę	177
	<i>Intarpas. Nakties šviesos</i>	203
	III. RIBOS	
	Naujieji dangūs	
Septintas skyrius:	Radioaktyviųjų dulkių pasekmės	211
	<i>Intarpas. Albertas Einšteinas ir liaudies šaldytuvas</i>	235

Aštuntas skyrius:	Orų karai	243
	<i>Intarpas. Triukšmas Rosvelyje</i>	264
Devintas skyrius:	Nežemiško oro prisimatavimas	273
	<i>Padėka</i>	293
	<i>Pastabos ir įvairenybės</i>	295
	<i>Cituoti leidiniai</i>	321
	<i>Rodyklė</i>	327

ĮVADAS

PASKUTINIS ATODŪSIS

Atlikime nedidelį eksperimentą. Pabandykite keletą sekundžių sutelkti dėmesį į savo iškvėpiamą orą, tarsi tai būtų paskutinis atodūsis jūsų gyvenime. Kiek iš tiesų žinote apie šį orą? Pajuskite, kaip jis išeina iš plaučių ir jie subliūkšta krūtinės ląstoje. Kas ten iš tikrųjų vyksta? Pridėkite ranką prie burnos ir pajuskite, kaip iškvėpiamos dujos pakito jūsų organizme – tapo šiltesnės, drėgnesnės, galbūt įgijo kvapą. Kokia alchemija tai sukėlė? Ir nors mūsų lytėjimas nėra toks jautrus, įsivaizduokite, kaip į jūsų pirštus atsitrencia ir visur aplink išsilaksto dujų molekulės, primenančios mažyčius svarmenis. Kiek jų ir kur jos pasideda?

Dalis jų toli nenuskrenda. Jums vėl įkvėpus, jos grįžta atgal į plaučius kaip bangos, išsiliejančios ant kranto ir įtraukiamos atgal į jūrą. Kitoms pavyksta nulėkti šiek tiek toliau ir net pasiekti kitą kambarį, tačiau galiausiai jos vis tiek grįžta į jūsų plaučius kaip miniatiūriniai sūnūs palaidūnai. Tačiau dauguma jų prisijungia prie galybės anoniminių atmosferos molekulių ir toliau sklinda po visą pasaulį. Tačiau net ir tada, galbūt po keleto mėnesių, kelios molekulės, kaip pavargę piligrimai, gali grįžti pas jus. Per tą laiką galite būti labai pasikeitę, tačiau praeities atodūsių šmėklos nuolat skrajoja aplink, primindamos kiekvieną praėjusią dieną.

Žinoma, su tuo susiduriate ne tik jūs, bet ir visi kiti žmonės Žemėje. Be to, jūsų šmėklos beveik neabejotinai susipynusios su jų, nes jie taip pat įkvėpė ir iškvėpė tas pačias molekules po jūsų arba prieš jus. Tiesą sakant,

jei šią knygą skaitote viešojoje vietoje, kvėpuojate aplink jus esančių žmonių iškvėptu, t. y. „naudotu“, oru. Jūsų reakcija į šį faktą tikriausiai priklausys nuo to, kokie žmonės jus supa. Kartais mėgaujamės tokiu oro mišiniu, pavyzdžiui, jausdami mylimojo ar mylimosios kvėpavimą ant savo kaklo. Kartais tuo bjaurimės, pavyzdžiui, sėdėdami lėktuve greta plepaus kaimyno, kuris pietums prisivalgė česnakų. Tačiau aplink save esančio oro išvengti negalime, nebent naudotumės deguonies balionu. Nuolat kvėpuojame aplinkinių ir net toli esančių kitų iškvėptu oru. Kaip mūsų akyse gali atsispindėti tolimų žvaigždžių šviesa, taip vėjo gūsiai gali atnešti kokio nors nepažįstamojo iš Timbuktu iškvėptą orą.

Dar nuostabiau tai, kad mūsų kvėpavimas susieja mus su istorine praeitimi. Kai kurios molekulės, kurias dabar įkvėpsite, gali būti atkeliavusios iš rugsėjo 11-osios įvykių ar Berlyno sienos griūties, mačiusios Pirmąją pasaulinį karą arba virš Makhenrio forto plazdančią milžinišką JAV vėliavą¹. O jei leisime vaizduotei nukeliauti dar toliau erdve ir laiku, galime sugalvoti įdomiausių scenarijų. Pavyzdžiui, ar gali būti, kad dabar įkvėpsite dalį to paties oro, kurį mirdamas iškvėpė Cezaris?

Tą istoriją turbūt žinote. Roma, 44 metai pr. Kr., kovo idos*. Julijus Cezaris – didysis pontifikas, diktatorius iki gyvos galvos, pirmasis romėnas, kurio atvaizdas buvo iškaldintas ant monetų jam dar gyvam esant ir kurio garbei buvo pavadintas liepos² mėnuo – įžengia į Senato posėdžių salę, atrodydamas stebėtinai guvus po sunkios nakties. Dieną prieš tai, vakarieniaujant svečiuose, pokalbis pakrypo keista linkme – apie geriausią būdą numirti. (Cezaris pareiškė, kad pageidautų staigios ir netikėtos mirties.) Kamuojamas epilepsijos, jis tą naktį prastai miegojo, o jo žmona sapnavo košmarus, kaip sugriūna jų namai ir ji laiko apkabinusi kruviną Cezarį.

Dėl visų šių aplinkybių tą rytą jis ketino likti namie. Tačiau paskutinę minutę įsakė tarnams ruošti neštuvus. Keliaudamas į forumą, jis galiausiai atsipalaidavo ir ėmė laisviau kvėpuoti. Pakeliui net paerzino žynį, kuris

¹ 1812-ųjų Didžiosios Britanijos ir JAV karo metu virš Makhenrio forto buvo iškelta didžiulė JAV vėliava. Šio vaizdo įkvėptas, Frensis Skotas Kėjus (Francis Scott Key) parašė eilėraštį „Defence of Fort McHenry“, vėliau tapusį JAV himno tekstu. (Čia ir toliau – *vert. past.*)

* Kovo idos – terminas, romėnų kalendoriuje apibūdinantis kovo 15 d. Apskritai, idos buvo tradicinio romėnų kalendoriaus kovo, gegužės, liepos ir spalio 15 d. bei kitų mėnesių – 13 dienomis. Šio pavadinimo nebeliko įsigalėjus Julijaus kalendoriui, tačiau jis dar ilgą laiką naudotas nusakyti mėnesio viduriui. (*Red. past.*)

² Lot. *Iulius*, angl. *July* – liepa.



Vinčenco Kamučinio (Vincenzo Camuccini) paveikslas „Cezario mirtis“.

prieš mėnesį Cezariui buvo išpranašavęs mirtį iki kovo vidurio. Cezaris įkvėpė pilnus plaučius oro ir sušuko: „Kovo idos jau atėjo!“ Žynys rimtai atsiliepė: „Taip, Cezari, bet dar nepraėjo.“

Cezariui įėjus į salę, šimtai senatorių atsistojo iš savo vietų. Ten greičiausiai buvo tvanku, nes jie jau kurį laiką šildė orą savo kvėpavimu ir kūnų šiluma. Cezariui dar nespėjus įsitaisyti aukso soste, prie jo priėjo senatorius vardu Cimbras, prašydamas suteikti malonę savo broliui. Cimbras žinojo, kad Cezaris jo prašymo nepatenkins, tačiau tai buvo tik pretekstas. Cimbras maldavo, o Cezaris vis atmetinėjo jo prašymus. Tuo tarpu šešiasdešimt kitų senatorių pamažu artinosi prie Cezario, tarsi palaikydami Cimbrą. Cezaris oriai sėdėjo viduryje ir vis labiau irzo. Jis bandė nutraukti pokalbį, bet Cimbras, tarsi maldaudamas, uždėjo rankas jam ant pečių ir trūktelėjo jo purpurinę togą žemyn, atidengdamas Cezario krūtinę.

„Tai smurtas!“ – sušuko Cezaris. Jis dar nežinojo esąs visiškai teisus. Po akimirkos senatorius vardu Kaska puolė Cezarį ir perrėžė jam kaklą. „Kaska, niekše, ką darai?“ – šūktelėjo Cezaris, labiau sutrikęs nei supykęs. „Malonės prašytojų“ minia glaudžiai apsupo Cezarį. Kiekvienas jų šiek tiek patraukė savo togą į šalį ir atidarė odinį maišelį ant diržo, kuriame paprastai buvo laikoma rašymo lazdelė. Tačiau vietoj šešiasdešimties raši-

klių jie išsitraukė šešiasdešimt geležinių durklų. Cezaris pagaliau suprato. *Sic semper tyrannis*³.

Iš pradžių Cezaris priešinosi, tačiau po kelių dūrių marmuro grindys po jo kojomis tapo slidžios nuo kraujo. Netrukus jis susipainiojo savo drabužyje ir parkrito. Žudikai puolė jį badyti – iš viso Cezaris patyrė dvidešimt tris dūrius. Vėliau apžiūrėjęs kūną gydytojas nustatė, kad dvidešimt dvi žaizdos buvo paviršutiniškos. Kiekvienas dūris organizmui kėlė vis didesnę stresą, ir dėl patirto šoko kraujas suplūdo į pagrindinius organus, kad palaikytų deguonies tiekimą jiems. Pasak gydytojo, Cezaris būtų išgyvenęs, jei ne viena žaizda – vienintelis dūris į širdį.

Remiantis dauguma pasakojimų, prieš sukiubdamas ant grindų, Cezaris susisupo į togą ir mirė be menkiausios dejonės. Tačiau pasak vieno pasakojimo, kuris du tūkstančius metų labiausiai žavėjo klausytojus, prieš nukrisdamas Cezaris pajuto dūrį į kirkšną. Nusibraukęs nuo akių kraują, tarp žudikų jis pamatė savo globotinį Brutą, laikantį krauju žvilgantį durklą. „Ir tu, mano vaike?“ – pusiau paklausė, pusiau konstatavo Cezaris. Tada prisidengė, kad išsaugotų bent kiek orumo, ir susmuko ant žemės, paskutinį kartą skausmingai atsidusdamas.

Taigi kas nutiko tam atodūsiui? Iš pirmo žvilgsnio atsakymas atrodo akivaizdus – jis išnyko. Cezaris mirė taip seniai, kad net pastato, kuriame jis mirė, nedaug tėra išlikę, ką jau kalbėti apie jo kūną, kuris buvo sudegintas ir virto pelenais. Greičiausiai net ir tie geležiniai durklai jau surūdiję ir suirę į dulkes. Tai kaip galėtų būti išlikęs toks efemeriškas dalykas kaip iškveptas oras? Pagaliau, juk atmosfera tokia plati, kad paskutinis Cezario iškveptas oras jau tikrai bus išsisklaidęs ir išnykęs eterije. Juk nesitikime, kad žmogui nukraujavus vandenyne, po dviejų tūkstančių metų bangos į krantą išmes puslitrį kraują.

Paskaičiuokime. Kiekvieną kartą iškvepiant jūsų plaučiai išstumia apie pusę litro oro. Orą gaudantis Cezaris greičiausiai iškvepė visą litrą, t. y., maždaug trylikos centimetrų pločio baliono tūrį. Dabar palyginkime tą balioną su visos atmosferos dydžiu. Priklausomai nuo to, kur nustatysime jos ribą, didžioji atmosferos dalis sudaro maždaug šešiolikos kilometrų storio sluoksnį aplink Žemę. Pagal tokius matmenis, šio sluoksnio tūris yra daugiau kaip aštuoni milijardai kubinių kilometrų. Palyginti su visa atmos-

³ Pažodžiui – „tironams taip visada“, t. y. tironai visada sulaukia atpildo.

fera, vieno litro iškvėpimas sudaro vos 0,00000000000000000001 procento viso Žemėje esančio oro. Tai ištis labai mažai. Įsivaizduokite vienoje vietoje visą šimtą milijardų kada nors gyvenusių žmonių, įskaitant jus, mane, visus Romos imperatorius, popiežius ir Doktorą Kas. Jei visi tie milijardai žmonių atitiktų atmosferą ir sumažintume mūsų populiaciją tokiu procentu, liktų vos 0,00000000001 žmogaus – kelių šimtų ląstelių gumulėlis, ištis paskutinis atodūsis. Palyginti su atmosfera, Cezario atodūsis atrodo tarsi apvalinimo paklaida, beveik nulinis dydis, ir tikimybė dabar susidurti su jo dalele atrodo niekinė.

Tačiau prieš atmesdami šią galimybę pagalvokime, kaip greitai sklinda dujos. Per maždaug dvi savaites vyraujantys vėjai būtų apnešę Cezario paskutinį atodūšį aplink visą pasaulį palei tą platumą, kurioje yra Roma – per Kaspijos jūrą, pietinę Mongoliją, Čikagą ir Menkių kyšulį. Per maždaug du mėnesius iškvėptas oras būtų pasklidęs po visą Šiaurės pusrutulį, o per metus ar dvejus – po visą Žemės rutulį. (Žinoma, tas pat pasakytina ir šiandien – priklausomai nuo jūsų buvimo vietos, bet koks iškvėpimas, atsi-raugėjimas ar išmetamųjų dujų gūsis pasieks jus per maždaug dvi savaites, du mėnesius ar vienus–dvejus metus.)

Tačiau juk tie vėjai būtų taip išsklaidę iškvėptą orą, kad jo beveik ne-likėtų? Juk taip plačiai pasklidęs jis išnyktų? Galbūt ir ne. Pirmiau apie Cezario iškvėptą orą kalbėjome kaip apie vientisą masę, vieną daiktą. Tačiau jei pasigilinsime, šią oro masę sudaro atskiros molekulės. Nors tam tikru lygiu (t. y. žmogaus lygiu) atrodo, kad paskutinis Cezario atodūsis išnyko atmosferoje, mikroskopiniu lygiu jis tikrai neišnyko, nes jį sudariusios molekulės vis dar egzistuoja. (Nors oras atrodo „minkštas“, dauguma oro molekulių gana atsparios – jų atomus jungiantys ryšiai vieni stipriausių gamtoje.) Taigi klausdamas, ar ką tik įkvėpėte dalį paskutinio Cezario atodūσιο, turiu omenyje molekules, kurias jis tuo metu iškvėpė.

Žinoma, atsakymas priklauso nuo to, apie kokią molekulių kiekį kalbame. Pasitelkę bazines chemijos žinias, galime apskaičiuoti, kad esant normaliai temperatūrai ir slėgiui viename litre oro yra apie dvidešimt penki sekstilijonai (25 000 000 000 000 000 000 000) molekulių. Tai stulbinamas ir sunkiai suvokiamas skaičius. Įsivaizduokite, kad Bilas Geitsas (Bill Gates) išsigrynina visą savo aštuoniasdešimties milijardų dolerių turtą, išsikeičia jį vieno dolerio banknotais ir sukiša juos visus po čiužiniu. Tada traukia po

vieną dolerį ir kiekvieną jų panaudoja naujai programinės įrangos įmonei įkurti. Įsivaizduokite, kad kiekviena iš aštuoniasdešimties milijardų tokių įmonių pasiekia didžiulę sėkmę ir pati duoda aštuoniasdešimt milijardų pelno. Sudėkite visus tuos pinigus: aštuoniasdešimt milijardų kart aštuoniasdešimt milijardų – ir tai dar bus keturis kartus mažiau už kiekvieną kartą įkvepiamų molekulių skaičių. Jokiuose pasaulio keliuose, kanaluose ar oro uostuose niekada nebuvo tokio intensyvaus „eismo“, koks kiekvieną sekundę vyksta jūsų plaučiuose. Šiuo požiūriu paskutinis Cezario atodūsis atrodo nesuskaičiuojamai didelis, tad beveik neišvengiama, kad įkvėpsite bent keletą jo molekulių.

Taigi kuris skaičius laimi? Milžiniškas Cezario iškvėptų molekulių skaičius ar nereikšmingas vieno iškvėpimo dydis palyginti su visa atmosfera? Bandydami atsakyti į šį klausimą, apsvarstykime analogišką situaciją – pabėgimą iš kalėjimo ir nusikaltėlių gaudynes.

Tarkime, kad trys šimtai Alkatraso kalinių (Al Kaponė, Robertas Strodas Paukštininkas, Džordžas Kelis Kulkosvaidis ir dar 297 geri draugai) įveikė prižiūrėtojus, užgrobė kelis laivus ir išplaukė į žemyną. Gudrūs bėgliai neliko San Fransiske ir, kad nebūtų nutverti, pasklido po visas Jungtines Valstijas (panašiai kaip ir dujos). Įsivaizduokime, kad jums šiek tiek neramu dėl šios situacijos, todėl norite žinoti, ar koks bėglys neatklys į jūsų miestelį. Ar jūsų baimė pagrįsta?

Na, Jungtinių Amerikos Valstijų plotas – apie 9,8 milijono kvadratinų kilometrų. Kadangi kalinių trys šimtai, vienam bėgliui tenka apie 32 500 kvadratinį kilometrų. Mano gimtasis miestas Pietų Dakotoje užima apie 195 kvadratinis kilometrus prerijų. Taigi, tikimybė, kad jame pasirodys pabėgėlis iš Alkatraso, yra 0,006 (195 padalyta iš 32 500). Kitaip tariant, nulinė. Negalime būti tikri, kad ji visiškai nulinė, nes koks vienas bėglys vis dėlto gali atsitiktinai užklysti. Tačiau Alkatrase paprasčiausiai nebuvo tiek kalinių, kad jie galėtų taip užtvindyti šalį, jog mano gimtasis miestelis taptų tikėtina priebėga.

Bet yra ir didesnių kalėjimų nei Alkatrasas. Įsivaizduokite panašų scenarijų Kuko apygardos kalėjime, kuriame gyvena dešimt tūkstančių kalinių. Kadangi į šalį patektų daugiau pabėgusių kalinių, tikimybė, kad vienas jų atkeltų į mano gimtąjį miestelį, išaugtų iki maždaug dvidešimties procentų. Tikimybė vis dar maža, bet jau imčiau prakaituoti. Tačiau jei

vieną metų pabėgtų visa JAV kalėjimų populiacija (net 2,2 milijono žmonių), tikimybė dar labiau išaugtų. Tokiu atveju pabėgusių kalinių skaičius mano miestelyje būtų keturiasdešimt trys – ne 43 procentų tikimybė, o keturiasdešimt trys kaliniai. Kitaip tariant, įvykus pabėgimui iš Alkatraso, mano mažas gimtasis miestelis plačiose Jungtinėse Valstijose liktų saugus. Tačiau įvykus masiniam pabėgimui iš visų šalies kalėjimų, miestelio mažumas nebeturėtų reikšmės, nes bėglių skaičius būtų milžiniškas ir bent keli jų tikrai atsidurtų mano miestelyje.

Turėdami tai omenyje, dar kartą prisiminkime paskutinį Cezario atodūį. Iš plaučių iškvepiamos molekulės yra tarsi kaliniai, pabėgę iš kalėjimo. Bėglių sklaida po šalį primena dujų molekulių sklaidą atmosferoje. Tikimybė, kad kalinys atkeliaus į santykinai mažytį konkretų miestelį, tokia pat, kaip tikimybė, kad su kitu santykinai mažyčiu įkvėpimu į jūsų plaučius pateks tam tikra molekulė. Taigi, dabar klausimas toks: ar Cezario paskutinis atodūsis lygintinas su pabėgimu iš Alkatraso, todėl jame buvo per mažai molekulių, kad sudarytų reikšmingesnį skirtumą? Ar jis panašesnis į masinį pabėgimą iš visų JAV kalėjimų, kai susidūrimas su bėgliu tampa statistiškai neišvengiamas? Kažkur per vidurį. Panašiai kaip susidūrus materijai ir antimaterijai, 25 000 000 000 000 000 000 000 molekulių ir 0,00000000000000000001 procento dalis atmosferoje beveik atsveria viena kitą. Paskaičiavę nustatytume, kad su kitu įkvėpimu į jūsų plaučius pateks maždaug viena „Cezario oro“ dalelytė. Šis skaičius gali šiek tiek sumažėti priklausomai nuo daromų prielaidų, tačiau labai tikėtina, kad ką tik įkvėpėte keletą tų pačių atomų, kuriuos iškvėpė Cezaris, priekaištaudamas Brutui. O per dieną tikrai įkvepiate tūkstančius tokių atomų.

Pagalvokite apie tai. Net ir esant tokiam dideliame laiko ir erdvės nuotoliui, kelios jo plaučiuose buvusios molekulės dabar sukasi jūsiškiuose. O atsižvelgiant į tai, kaip dažnai įkvepiame ir iškvepiame (kas keturias sekundes), tai kartojasi dvidešimt tūkstančių kartų per dieną. Ilgainiui kai kurios jų net gali tapti jūsų organizmo dalimi. Iš Julijaus Cezario kūno neliko nieko – nei kieto, nei skysto. Tačiau jūs su Julijumi esate beveik kaip giminės. Perfrazuojant poeto eilėraštį, jo kvėpavimo atomai priklauso jums⁴.

⁴ Volto Vitmeno (Walt Whitman) eilėraštis „Song of Myself“, perfrazuota eilutė „kiekvienas man priklausantis atomas priklauso ir tau“.

*

Beje, Cezaris nėra kuo nors išskirtinis. Esu girdėjęs „paskutinio Cezario atodūsi“ klausimo variantą su Jėzaus paskutiniu atodūsiu ant kryžiaus (lankiau katalikišką mokyklą). Iš tiesų galite pasirinkti bet kurį žmogų, patyrusį skausmingą mirtį – Pompėjų gyventojus, Džeko Skerdiko aukas, per Pirmąjį pasaulinį karą nuo dujų uždusčius karius. Arba galite pasirinkti savo lovoje mirusį žmogų, kurio paskutinis atodūsis buvo ramus. Fizika nuo to nesikeičia. Po galais, galite pasirinkti net Rin Tin Tiną arba milžinišką cirko dramblių Džiumbo. Visų kada nors gyvenusius kvėpuojančių suvėrimų – nuo bakterijų iki mėlynųjų banginių – paskutinį kartą iškvėpto oro dalis dabar jau cirkuliuoja jūsų plaučiuose arba netrukus ten pateks.

Taip pat nereikėtų apsiriboti tik kvėpuojančiais organizmais. Pratiemas „kiek molekulių buvo X paskutiniame iškvėpime“ chemijos ir fizikos studijose jau yra tapęs klasikiniu. Tačiau išgirdęs ką nors postringaujant apie to ar ano paskutinį atodūšį, nerimdavau vietoje. Kodėl negalvojame drąsiau? Kodėl neiname toliau ir neatsekame daug didesnių ir gaivališkesnių reiškinių išskirtų molekulių? Kodėl nekalbame apie visas dujas, kurias įkvepiame?

Matote, visi reikšmingi Žemės istorijos etapai – nuo pirmųjų Hadėjaus eono ugnikalnių išsiveržimų iki sudėtingos gyvybės atsiradimo – iš esmės priklausė nuo dujų elgsenos ir evoliucijos. Dujos ne tik suteikė mums orą, bet ir pakeitė žemynus bei vandenynus. Žemės istorija – tai jos dujų istorija. Tą patį galima pasakyti ir apie žmonijos istoriją, ypač pastaruosius kelis šimtmečius. Kai pagaliau išmokome pažaboti fizinę dujų jėgą, staiga atsirado galimybė gaminti garo variklius ir akimirksniu susprogdinti milijardo metų senumo kalnus. Išmokę pasinaudoti dujų cheminėmis savybėmis, pradėjome gaminti plieną dangoraižiams, be skausmo atlikti operacijas ir užauginti pakankamai maisto visam pasauliui. Kaip ir paskutinis Cezario atodūsis, istorija supa jus kiekvieną sekundę – kiekvieną kartą vėjui sušlamėjus medžiuose, virš galvos skrendant karšto oro balionui, pajutus nežinia iš kur sklindantį levandų ar mėtų aromatą arba tiesiog pagadinus orą. Dar kartą pridėkite ranką prie burnos ir pajuskite – viename kvėptelėjime telpa visas pasaulis.

Toks ir yra šios knygos tikslas – papasakoti tą nežinomą ir nematomą dujų istoriją, kad regėtumėte ją taip aiškiai, kaip savo kvėpavimą žvarbų

lapkričio rytmetį. Įvairiuose knygos skyriuose plaukiosime vandenyne drauge su radioaktyviomis kiaulėmis ir medžiosime takso dydžio vabzdžius. Stebėsime Albertą Einšteiną (Albert Einstein), besistengiantį išrasti geresnį šaldytuvą, ir skrisime kariniuose lėktuvuose greta pilotų, naudojančių itin slaptą „klimatinę ginklą“ Vietname. Žygiuosime su įniršusia minia ir pateksime į tokių karštų garų srautą, kad žmonių smegenys užvirs jų kaukolėse. Visos šios istorijos susijusios su nuostabiu dujų veikimu. Dujų, sklindančių iš lavos duobių ir mikrobų vidurių, iš mėgintuvėlių ir automobilių variklių; dujų, turinčių visos periodinės lentelės elementų. Daugeliu šių dujų iki šiol kvėpuojame, o kiekviename knygos skyriuje pasakojama apie kartais tragišką, kartais komišką kurių nors dujų vaidmenį žmonijos istorijoje.

Pirmojoje knygos dalyje „Oro atsiradimas: pirmosios keturios Žemės atmosferos“ kalbama apie gamtoje esančias dujas, įskaitant ir pačios mūsų planetos susidarymą iš kosmoso dujų debesies prieš keturis su puse milijardo metų. Vėliau, ugnikalniams pradėjus spjaudytis dujomis iš Žemės gelmių, mūsų planetoje susiformavo tikra atmosfera. Tada atsiradusi gyvybė, sukeldama vadinamąją deguonies katastrofą (kuri mums, kaip gyvūnams, buvo labai naudinga), pakeitė šią pirminę atmosferą. Apskritai pirmojoje dalyje aiškinama, iš kur radosi oras ir kaip veikia dujos įvairiose situacijose.

Antrojoje dalyje „Oro pažabojimas: žmogaus ryšys su oru“ nagrinėjama, kaip per paskutinius kelis šimtmečius žmonės pažabojo ypatingas įvairių dujų savybes. Paprastai negalvojame, kad oras turi didelę masę ar svorį, tačiau būtent taip ir yra. Jei aplink Eifelio bokštą nubrėžtume įsivaizduojamą cilindrą, jo viduje esantis oras svertų daugiau nei visas bokšto metalas. O kadangi oras ir kitos dujos turi svorį, jos gali kelti, stumti ir net nužudyti. Dujos sukėlė pramonės revoliuciją ir išpildė seną žmonijos svajonę skraidyti.

Trečiojoje knygos dalyje „Sienos: nauji dangūs“ analizuojama, kaip vystėsi žmonijos santykis su oru per kelis pastaruosius dešimtmečius. Visų pirma, mes pakeitėme paties oro, kuriuo kvėpuojame, sudėtį. Jūsų įkvėpiamas oras nebėra toks pat, kokiu jaunystėje kvėpavo jūsų seneliai, ir smarkiai skiriasi nuo oro, kuriuo žmonės kvėpavo prieš tris šimtus metų. Taip pat pradėjome tyrinėti už mūsų Saulės sistemos ribų esančių planetų

atmosferą, atverdami galimybę savo ainiams palikti Žemę ir apsigyventi kitoje planetoje, pilnoje dujų, kurių dar net negalime įsivaizduoti.

Be šių didžiųjų istorijų, knygoje yra keletas tarpų, kurie papildo pagrindinių skyrių temas bei idėjas ir paaiškina dujų reikšmę įvairiems reiškiniams – šaldytuvo veikimui, namų apšvietimui ir pilvo pūtimui. (Įdomumo dėlei keliuose tarpuose nuklystama ir į gan nekasdieniškas temas, pavyzdžiui, savaiminį užsidegimą ir Rosvelio „ateivių invaziją“.) Daugelio šioje knygoje aptariamų dujų ore aptinkama tik pėdsakų, t. y. vos kelios milijonosios ar milijardosios dalys įkvėptame ore. Tačiau šiame kontekste „pėdsakai“ nėra nereikšmingas dydis. Pagalvokime apie taurę vyno. Devyniasdešimt devynis procentus vyno sudaro vanduo ir alkoholis, tačiau vien vanduo ir alkoholis nėra vynas. Be to, vynas esti daugybės skonio atspalvių – odos, šokolado, muskuso, slyvos ir t. t. Panašiai ir dujų pėdsakai ore prideda niuansų orui, kuriuo kvėpuojame, ir istorijoms, kurias galime pasakoti.

*

Jei gatvėje paklaustumėte žmonių, kas yra oras, gautumėte labai skirtingų atsakymų, priklausomai nuo to, apie kurias dujas žmonės daugiau galvoja ir ar apie orą kalba mikroskopiniu ar makroskopiniu lygiu. Nieko blogo čia nėra – oro pakankamai daug, kad tilptų visi tie požiūriai. Iš tiesų tikiuosi, kad knyga paskatins jus persvarstyti savąjį oro vaizdinį. Manau, kad skaitant skyrių po skyriaus jūsų supratimas apie orą vis keisis ir galiausiai susidarysite labiau holistinį vaizdą.

Be to, verta savęs paklausti, ką žinau apie orą, nes šiuo metu oras – pats svarbiausias dalykas jūsų aplinkoje. Be maisto, t. y. kietųjų medžiagų, galite išgyventi keletą savaičių. Be vandens, t. y. skysčių, galite išgyventi keletą dienų. Be oro, t. y. be dujų, geriausiu atveju išgyventumėte keletą minučių. Tačiau galiu lažytis, kad mažiausiai galvojate apie tai, kuo kvėpuojate. Šia knyga noriu tokią padėtį pakeisti. Grynas oras bespalvis, (idealiu atveju) bekvapis ir pats savaime neskleidžia jokio garso. Tačiau tai nereiškia, kad jis nebylus. Jis dega noru papasakoti savo istoriją. Štai ji.

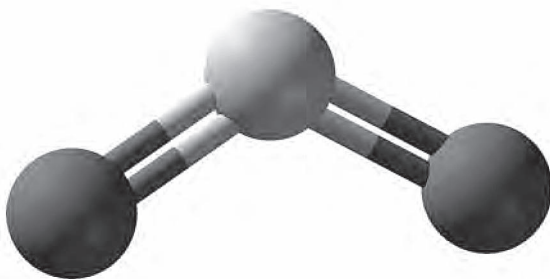
I. ORO ATSIKIRADIMAS

PIRMOSIOS KETURIOS ŽEMĖS ATMOSFEROS

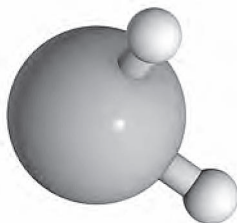
Dalyje apie oro atsiradimą nagrinėsime du pagrindinius su oru susijusius klausimus – iš kur atsirado atmosfera ir kokios svarbiausios jos sudedamosios dalys. Apskritai per savo istoriją Žemė yra turėjusi keletą skirtingų atmosferų, kurių kiekviena buvo unikalūs dujų derinys. Didžioji tokių dujų dalis išsiskyrė iš ugnikalnių, o kai kurių rūšių dujos atsirado ankstyviausiais mūsų planetos laikais, daug anksčiau nei gyvybė. Tačiau vėliau gyvybė įvairiais būdais pakeitė ir perdarė atmosferą, ypač pridėdama į ją deguonies.

PIRMAS SKYRIUS

PIRMYKŠTĖS ŽEMĖS ORAS



Sieros dioksidas (SO_2) – šiuo metu jo ore yra 0,00001 milijonoji dalis.
Kiekvieną kartą įkvėpdami įtraukiate 120 milijardų molekulių.



Vandenilio sulfidas (H_2S) – šiuo metu jo ore yra 0,000005 milijonoji dalis.
Kiekvieną kartą įkvėpdami įtraukiate 60 milijardų molekulių.

Baimindamasis būti nužudytas, Haris Trumenas (Harry Truman) 1926-aisiais apsigyveno Šv. Elenos kalno papėdėje. Ne tas Haris Trumenas⁵, apie kurį pagalvojote. Tačiau šis Trumenas – Haris Rendalas (Randall) Trumenas – gerbė savo bendravardį. „Jis drąsus seniokas, – kalbėjo Trumenas apie Trumeną, – garantuotai taps vienu geriausių prezidentų.“ Mūsiškis Trumenas išties žinojo, ką reiškia būti drąsiu senioku. Būdamas trisdešimties, jis paspruko į Vašingtono valstiją, kur praleido penkiasdešimt ketverius metus, kęsdamas atšiaurias žiemas, atskiriančias nuo viso likusio pasaulio, virš galvos stūksant Šv. Elenos ugnikalniui. Ir netgi 1980-ųjų pavasarį, ugnikalniui pradėjus rūkti, purkštauti ir riaumoti, jis atsisakė iš ten pasitraukti, kol galiausiai neišlėkė tiesiai į atmosferą.

Miško kirtėjų Trumenų šeima į Vašingtono valstiją gyventi persikėlė jam dar esant vaikui. Baigęs vidurinę, per Pirmąjį pasaulinį karą Haris išėjo į kariuomenę ir tapo orlaivių mechaniku. (Būdamas talentingas pasakorius, Trumenas vėliau tvirtino skraidęs į kovines misijas užsienyje, už nugaros plazdant baltam šalikui atviroje tuomečio lėktuvo kabinoje.) Grįžęs iš tarnybos, jis vedė lentpjūvės savininko dukterį ir tapo automobilių mechaniku, tačiau tiek santuoka, tiek pastovus darbas jam pasirodė nuobodūs. Tada bandė ieškoti aukso, tačiau tai buvo dar nuobodžiau, vienas vargas.

Paskelbus sausąjį įstatymą, jis ėmėsi kontrabandos – šis darbas labiau pritiko jo temperamentui. Žaidimai su teisėsauga kuteno jausmus, o ir greitai pinigai jam buvo prie širdies. Be to, jis mėgo kartkartėmis išgerti ir negalėjo pakęsti, kad jam kas nors aiškintų apie viskio žalą. Galiausiai jis susidėjo su gangsteriais iš Šiaurės Kalifornijos ir pradėjo prekiauti naminuke palei visą pakrantę, aprūpindamas ja viešnamius ir nelegalius prekybos taškus. Visa tai jam baisiai patiko, tačiau 1926-aisiais kažkas jį išgąsdino. Jis niekada taip ir neprasitarė, kas. Galbūt pernelyg susiburkavo su kieno nors mergužele arba bandė įsibrauti į kokio nors gangsterio teritoriją. Kad ir kas tai buvo, Trumenas pradėjo nešiotis automatą.

O tada vieną dieną pasiėmęs žmoną ir dukterį jis ir paspruko į miškus prie Šv. Elenos kalno.

Pragyvenimui jis įsigijo degalinę ir parduotuvę už penkių kilometrų į šiaurę nuo viršukalnės, pamažu išplėtė verslą iki stovyklavietės su nuo-

⁵ 33-iasis JAV prezidentas.



Niekada neužičiaupiantis Haris Rendalas Trumenas, geriantis stiklinę „panteros myžalo“ savo numylėtoje trobelėje Šv. Elenos kalno papėdėje.

(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS JAV MIŠKŲ TARNYBAI)

mojamais nameliais ir valtimis. Vieta sulaukė populiarumo. Jo namą supo nuostabios eglės, kai kurios net apie septyniasdešimt penkių metrų aukščio ir pustrečio metro storio. Stovyklavietėje telkšojo ir Dvasių ežeras – 4 kilometrų ilgio vandens ruožas, šaltas ir skaidrus kaip atšaldytas džinas. Vieta buvo nuošali, tad Trumenas galėjo ir toliau gabenti kontrabandą ir miške buvo išslapstęs keletą statinių naminio viskio, kurį vadino „panteros myžalu“.

Tačiau jo žmoną izoliacija erzino. Be to, jai nepatiko būti atskirtai nuo dukters, kuri mokėsi internatinėje mokykloje už kelių kilometrų. Tikriausiai buvo neišvengiama, kad ketvirtojo dešimtmečio pradžioje Trumenas su žmona išsiskyrė. Netrukus (1935-aisiais) jis vėl vedė, tačiau su antrąja ponia Trumen, kuri buvo tokia pat irzli ir kaprizinga kaip ir pats Trumenas, jis taip pat ilgai netvėrė. (Santuokai galėjo pakenkti tai, kad bandydamas „laimėti“ ginčą, Trumenas įmesdavo savo žmoną į Dvasių ežerą, o ji nemokėjo plaukti.) Taigi Haris bandė iš naujo – iš pradžių mergino vietinę

panelę, vėliau susidomėjo jos seserimi Edna. Ne itin romantiška pradžia, bet įsimylėjęs Edę, Trumenas nebegalėjo išrauti jos iš savo širdies.

Edė tikriausiai irgi karštai mylėjo Trumeną, nes neatrodė, kad jis būtų itin sugyvenamas vyras. Auštant, kol jis dirbdavo ryto darbus, ji atsikeldavo ir paruošdavo jo mėgstamus pusryčius – keptas jaučių smegenis ir stiklinę pasukų užsigerti. „Tai padeda išsaugoti vyriškumą“, – krizendavo Trumenas. Be to, Edė turėjo taikstyti su jo keikūniška kalba. Jis kalbėdavo greitai, todėl žmonės kartais jo nesuprasdavo, bet keiksmazodžiai visada būdavo aiškiai girdimi. Draugus jis vadino „senais šikniais“, mažiau pažįstamus žmones – „kvailais kalės vaikais“. (Kartą iš savo žemės jis išvyjo Aukščiausiojo Teismo teisėją Viljamą Daglasą (William Douglas), nes šis jam pasirodė esąs bailys, bet vėliau jiedu tapo draugais.) Trumenas buvo dar ir visažinis. Jei apsilankydavo fotografas, norintis nufotografuoti Šv. Elenos kalną, Trumenas įkišdavo trigrašį: „Įdėk žmogų į nuotrauką. Sumautai visuomenei įdomiausia žiūrėti į žmogų.“ Praėjus keliems dešimtmečiams po Trumeno išgarsėjimo klausantis interviu su juo buvo galima pagalvoti, kad mėgstamiausias jo žodis buvo „pypt“.

Nuomodamas valtis Dvasių ežere, gerą dieną Trumenas galėjo uždirbti apie pusantro tūkstančio dolerių. Pinigus jis atiduodavo Edei, dirbusiai jų kavinėje, įsipildavo didelę taurę savo mėgstamo „panteros myžalo“ – viskio „Schenley“, sumaišyto su kola – ir šnekučiuodavosi su svečiais. Kartais jie paišlaidaudavo tokiems dalykams, kaip Hario rožinis 1956-ųjų kadilakas. Tai nebuvo automobilis, tinkamas važinėti kalnų keliais, bet Haris jį mylėjo beveik taip pat kaip Edę. Visgi dažniausiai jiedu investuodavo pinigus į stovyklavietę ir kavinę arba taupydavo sunkiems žiemos mėnesiams, kai pridrėbdavo iki trijų metrų sniego ir kai kas sakydavo, kad pinigai „užsiraukė kaip jaučio subinė“. Tačiau net ir tada Trumenas negalėdavo atsidžiaugti, kad ten gyvena. „Tik pažiūrėkite! – sakydavo jis, rodydamas į Šv. Elenos kalną. – Visame sumautame pasaulyje nerasite gražesnio dalyko už šį seną kalną.“

Nors Trumeno jausmai visiškai suprantami – Šv. Elenos kalnas iš tiesų buvo nuostabiai gražus, tikras kalno idealas su snieguota viršukalne, tačiau geologiniu požiūriu jis buvo neteisus. Pats kalno kupolas visiškai nesenas – Cezario laikais dar net nebuvo susiformavęs. Gal ir neįtikėtina, kad vos per kelis tūkstančius metų iškilo kelių kilometrų aukščio kalnas, tačiau

Šv. Elenos kalnas yra aktyvus ugnikalnis, o šie greitai auga, ant savo šlaitų vis klodami lavos sluoksnius. Nors Ugnies kalnas (kaip jį vadino vietiniai indėnai) nuo 1857-ųjų nebuvo išsiveržęs, net ir nepatyrusi akis galėjo visur aplink pastebėti ankstesnių išsiveržimų požymių – senais pelenais nubarsyti pėsčiųjų takai ir vulkaninės kilmės pemzos akmenys, tokie koryti, kad įmesti į Dvasių ežerą neskęsdavo. Be to, lankytojai kartkartėmis pajusdavo ir nedidelį žemės virpėjimą. Tačiau pavojus tik dar labiau traukė Trumeną.

Kai viskas prasidėjo, Šv. Elenos kalno papėdėje jis buvo nugyvenęs beveik penkiasdešimt metų. Vieną 1975-ųjų rugsėjo vakarą Edė pasijuto prastai ir anksti atsigulė. Pas Trumeną tą vakarą turėjo apsilankyti draugai iš miesto. Jis jiems paskambino ir paprašė atvežti jam butelį „Schenley“, o Edei pradžiuginti – vazoninę gėlę. Kai tik gėlė buvo atvežta, jis nunešė ją viršun, į miegamąjį, ir tuoj pat nulėkė laiptais žemyn. Jis kalbėjo dar greičiau nei įprastai, tad buvo beveik neįmanoma jo suprasti. „Edei blogai! Edei blogai!“ – draugams pavyko suprasti tik tiek. Iš tiesų Edė jau buvo mirusi nuo širdies smūgio, tačiau jis dar valandą maldavo žmonių jai padėti.

Po Edės mirties Trumeno viduje atsivėrė tuštuma. Jis retai kada besišypsodavo, o draugai, anksčiau džiaugdavęsi jo žvitrumu bei sveikata ir sakydavę, kad jis „tvirtas kaip jautis“, dabar pastebėdavo, kad jis atrodo pavargęs ir kad visų septyniasdešimt devynerių metų našta tapo akivaizdi. Vasaromis, dirbdamas stovyklavietėje, jis bent galėjo užsimiršti. Tačiau žmonės nerimaudavo dėl jo tomis ilgomis, šešis mėnesius trunkančiomis žiemomis, kai kartais ištisas savaites jo vienintelis kompanionas būdavo Šv. Elenos kalnas – dvi vienišos figūros, žvelgiančios viena į kitą per mišką.

Tačiau ši izoliacija ilgai netruko. Maždaug tuo metu, kai mirė Edė, keli geologai, tyrinėję uolienas aplink Šv. Elenos kalną, paskelbė, jog praeityje būta daug šio ugnikalnio išsiveržimų. 1978-aisiais jie net apibūdino jį kaip „aplinkinėse valstijose aktyviausią ir stipriausiai išsiveržiantį ugnikalnį per pastaruosius 4 500 metų“. Kokie pranašiški žodžiai. Gamtoje gražūs dalykai dažnai būna mirtinai pavojingi, tačiau tas nuostabus kalnas buvo tikra parako statinė.

Šv. Elenos kalnas tapo rimčiausia geologijos pamoka per visą Amerikos istoriją. O įdomiausia, kad jis leido pažvelgti į ankstyvąsias mūsų planetos dienas ir mūsų atmosferos susikūrimą. Paprastai negalvojame, kad oras kažkaip susiformavo – atrodo, jog jis tiesiog yra, tačiau visos pla-

netos savo atmosferas turėjo „pasigaminti nuo nulio“. Ir nors ugnikalnių dūmai gali atrodyti bjaurūs, jie parūpino pagrindines Žemės atmosferos sudedamąsias dalis. Taigi, norint geriau suprasti orą, reikia suprasti tuos lavos ir dujų sproгимus, o geriausia, nuo ko dera pradėti – nuodugniausiai išnagrinėtas ugnikalnio išsiveržimas istorijoje ir keistas herojus, padėjęs jį išgarsinti.

*

Šv. Elenos kalno grėsmę galima atsekti iki pat pirmųjų mūsų planetos dienų. Maždaug prieš keturis su puse milijardo metų kosmose sprogo supernova, nuo kurios pasklido smūgio banga. Ji atsitrenkė į netoliese buvusią vandenilio dujų jūrą ir kažką joje išjudino – ši ėmė banguoti ir suktis į verpetą aplink savo centrą. Dėl gravitacijos 99,9 procento dujų galiausiai susitelkė į vieną vietą ir iš jų susidarė nauja žvaigždė (mūsų Saulė). Didžioji likusių dujų dalis buvo išstumta į šios besiformuojančios Saulės sistemos pakraščius, kur iš jų susidarė dujų milžinės – Jupiteris ir Saturnas.

Nedidelis dujų debesis liko tvyroti tarp Saulės ir dujų milžinių. Šiame debesyje buvę elementai (deguonis, anglis, silicis, geležis ir kiti) savaime ėmė jungtis – iš pradžių į mikroskopinius tašelnius, tada į riedulius ir asteroidus, dar vėliau – į žemyno dydžio uolienos gabalus. Gravitacija – uoli šlavėja, tad smulkūs akmenėliai į dideles mases buvo sušluoti gan greitai – kai kuriais duomenis, per milijoną metų. Susijungus pakankamam kiekiui uolienu, atsirado kelios kietosios planetos, tarp jų ir Žemė. Visa, kas jus supa, net ir visiškai kietos medžiagos – grindys po jūsų kojomis, knyga jūsų rankose ir net jūsų kūnas – kadaise buvo dujos. Jūs esate buvusios dujos.

Nors ir neįtikėtina, kad Žemė – kietasis kūnas – kažkada buvo dujos, viskas tampa daug aiškiau pasigilinus į kietųjų medžiagų ir dujų sudėties esmę. Kietųjų medžiagų molekulės turi pastovią vietą ir ne itin gali iš jos pajudėti, todėl kietosios medžiagos gerai išlaiko savo formą. Skysčių molekulės liečiasi ir trinasi tarpusavyje, tačiau jos turi daugiau energijos ir judėjimo laisvės. Tai paaiškina, kodėl skysčiai takūs ir įgyja talpos formą. Dujų molekulės apskritai nesiliečia tarpusavyje, tarp jų yra dideli tarpai. Susidūrusios dujų molekulės atšoka skirtingomis kryptimis, kaip chaotiškai lakstantys biliardo kamuoliukai. 22 °C temperatūroje vidutinė oro molekulė lekia maždaug pusantro tūkstančio kilometrų per valandą greičiu.

Tam tikra prasme kietosios medžiagos, skysčiai ir dujos atrodo visiškai skirtingi, todėl ankstyvieji mokslininkai vandenį, ledą ir garą laikė skirtingomis medžiagomis. Šiandien žinome, kad taip nėra. Pašildžius kietą ledą, molekulių grandinės nutrūksta ir jos vėl ima judėti kaip skysčiai. Pakaitinus dar labiau, skysčio molekulės išlekia į orą ir tampa dujomis. Tai ta pati medžiaga, tik kitu pavidalu. Tokią transformaciją gali patirti ir kitos medžiagos. Paprastai negalvojame, kad, pavyzdžiui, uolienose esantys geležis, silicis ar uranas gali pavirsti garais, tačiau pakankamai pakaitinta, kiekviena periodinės lentelės medžiaga gali tapti dujomis. Toks pat ir atvirkštinis procesas. Atvėsinkite dujas, ir jos kondensuosios į skystį. Dar labiau atvėsinus, susidarys kietoji medžiaga. Didelis slėgis taip pat gali suspausti dujų molekules į stabilesnę formą.

Pirmąkart Žemėje medžiagų būsenos nuolat maišėsi kunkuliuojančioje masėje, kuri nė iš tolo nepanaši į dabartinę tvarkingą planetą. Kietosioms kosmoso uolienoms pradėjus jungtis tarpusavyje ir formuoti pirmąją planetą, dėl didžiulio gravitacijos slėgio dauguma jų išsilydė. Didesnio tankio skysčiai (pavyzdžiui, išsilydžiusi geležis) nugrimzdė į Žemės centrą, o lengvesni iškilo į paviršių, kur susidūrę su kosmoso šalčiu sustingo. Ši planeta priminė kiaušinį su geležies tryniu, jį supančia klampia mantija ir plonu juodų uolienų lukštu. Nuo dabartinės ji skyrėsi tuo, kad tas lukštas buvo sueižėjęs ir pro įtrūkius sunkėsi skysta lava. Pirmąkart Žemėje naktimis iki galo nesutemdavo, nes visur žioravo oranžinė lava, o šen bei ten kaip pragaro fontanai iš po žemių trykšdavo jos čiurkšlės.

Ši Žemė jau turėjo atmosferą (jei skaičiuojate – pirmąją), bet ji buvo tokia nestabili, kad vargu ar galima ją taip vadinti. Didžiumą jos sudarė tarp Saulės ir Jupiterio užsilikęs vandenilis ir helis. Vos spėjusi susiformuoti, ji išnyko – Saulės vėjas (iš šiaurės rytų pučiantis Saulės protonų ir elektronų srautas) išpuštė šias dujas į kosmosą. Didelė dalis tų dujų atomų iš Žemės atmosferos „pabėgo“ patys. Vienas dujų dėsnių teigia, kad mažos molekulės juda daug didesniu greičiu nei didelės, sunkios. Vandenilis ir helis yra periodinės elementų lentelės viršuje – tai lengviausi ir greičiausi elementai. Kiekvieną dieną dalis jų viršydavo antrąją kosminę greitį, t. y. 11,2 km/s, ir pasprukdavo iš Žemės gravitacijos lauko. Kaip trilijonai raketų „Saturn“, jie atsiveikindavo su pragarišku Hadėjaus eono peizažu ir išlėkdavo į šaltą kosmoso tylą.

Vietoj pirmosios netrukus susiformavo antroji atmosfera, atsiradusi iš pačios Žemės gelmių. Kaip kraujyje būna ištirpusio deguonies, o šampane – anglies dioksido, magmoje (požeminėje lavoje) yra ištirpusių dujų. Ir lygiai taip, kaip atkimšus šampano butelį anglies dioksidas šnypšdamas veržiasi lauk, magma, pasiekusi įtrūkį Žemės plutoje, staiga sumažėjus slėgiui, išleidžia tas dujas. Geologai dėl to iki galo nesutaria, bet greičiausiai didžiąją šių išsiveržiančių dujų dalį sudarė vandens garai ir anglies dioksidas; būta ir kitų dujų. Jei jums kada nors teko būti prie vulkaninio rifto (Žemės plutos lūžio), greičiausiai galite atspėti, kokios tai dujos – sieros junginiai, skleidžiantys supuvusių kiaušinių ir parako kvapą (atitinkamai vandenilio sulfidas ir sieros dioksidas). Taip pat išsiskirdavo šiek tiek karštų metalo garų, pavyzdžiui, aukso ir gyvsidabrio atomų. Nuostabu būtų visu tuo kvėpuoti, ar ne?

Kai kurie geologai teigia, kad visos šios dujos iš po žemės išsiveržė vienu kartu, vadinamojo „Didžiojo raugtelėjimo“ metu. Visų pasaulio nebrendylų liūdesiui, Didžiojo raugtelėjimo greičiausiai nebuvo. Panašu, kad Žemė leido dujoms sunktis pamažu. Deja, net ir tokiu atveju ji nebuvo patraukli gyventi. Garai būtų nuplikę odą, sieros dujos būtų rietusios nosį, o rūgštys ir amoniakas būtų suėdę plaučius. Slėgis taip pat nebuvo malonus. Tuo metu magma daug labiau burbuliavo, joje buvo daug didesnė dujų koncentracija – kasdien jų išsiskirdavo milijardai tonų. Dėl to oro slėgis tikriausiai buvo apie šimtą kartų didesnis nei dabartinis – nuo jo kaukolė sprogtų, o kūnas susispaustų į kamuoliuką. Lengviausias vėjo dvelktelėjimas tokiame tankiame ore nuridentų jus į magmos balą.

Dėl kelių priežasčių ši antroji atmosfera nebuvo tas pats oras, kuriuo kvėpuojame šiandien. Pagrindinė tuomečio oro sudedamoji dalis buvo garai, kurie galiausiai kondensuodavosi į lietų, tad Žemės paviršiuje pradėjo kauptis vanduo, sudarydamas ežerus ir jūras. Jūrų ir ežerų susiformavimas taip pat turėjo reikšmingų pasekmių, nes antroji sudedamoji oro dalis buvo anglies dioksidas, kuris lengvai tirpsta vandenyje ir, reaguodamas su jame esančiais mineralais, sudaro kietas nuosėdas. Tokiu būdu anglies dioksidas dingsta iš apytakos ciklo.

Dar viena priežastis, dėl ko negyvename esant tūkstančių kilogramų slėgiui, yra ta, kad į planetą vis atsitrenkdavo paklydę asteroidai (ir kometos), kurie vis išmesdavo tą pirmąją orą į kosmosą. Žinoma, ne kiekvienas

susidūrimas buvo katastrofiškas. Mažesni asteroidai į mūsų atmosferą, ko gero, net atnešė kitų dujų, įstrigusių juose garų pavidalu. Tačiau kiekvienas didesnis susidūrimas būdavo sunki energijos tvermės dėsnio pamoka. Nukritus asteroidui, didžioji dalis jo kinetinės energijos pavirsdavo šiluma, nuo kurios užvirusios atmosferos dujos išlėkdavo į kosmosą. Likusi kinetinės energijos dalis sukeldavo milžinišką smūgio bangą, kuri išstumdavo dar daugiau oro. Kai kurie geologai teigia, kad tokie smūgiai ne kartą visiškai sunaikino mūsų atmosferą, palikdami planetą nuogą. Jei tai tiesa, iš ugnikalnių dujų susidariusią atmosferą turėtume vadinti ne antrąja, o 2a, 2b, 2c ir t. t. Kiekviena jų buvo sudaryta iš tokių pat dujų mišinio, bet asteroidai ir kometos nuolat jas sunaikindavo.

Vienas tokių atvejų nusipelnė ypatingo dėmesio, nes dėl jo atsirado mūsų Mėnulis. Tiesą sakant, mūsų Mėnulis gan keistas. Visų kitų mums žinomų planetų palydovai yra tarsi aplink jas skriejantys uodai, daug mažesni už pačią planetą. Tuo tarpu mūsų Mėnulis yra nelyginant albatrosas, kurio dydis siekia ketvirtį Žemės dydžio. Šiai anomalijai paaiškinti dvidešimtajame amžiuje astronomai sukūrė keletą teorijų. Vieni teigė, kad mūsų Mėnulis susiformavo savarankiškai kaip atskira planeta, tačiau kartą, skriedamas pro šalį, pateko į Žemės gravitacinį lauką. Kiti, remdamiesi Čarlzo Darvino (Charles Darwin) sūnaus, astronomo Džordžo (Georg) Darvino, pasiūlyta mintimi, teigė, kad Mėnulis kažkoku būdu atskilo nuo Žemės, kol ji dar nebuvo kieta, panašiai kaip dukterinė ląstelė atsiskiria nuo motininės.

1969-aisiais paimti Mėnulio uolienų mėginiai galiausiai atsakė į šį klausimą ir parodė, kad tiesa kažkur per vidurį. Be kita ko, nustatyta, jog Mėnulio uolienose mažiau lakiųjų dujų nei Žemės uolienose. Tai reiškia, kad Mėnulio dujos veikiamos karščio išgaravo. Tačiau tam, kad iš tokio didelio kūno kaip Mėnulis išgaruotų visos dujos, reikalingas milžiniškas šilumos kiekis. Vadinasi, turėjo įvykti sunkiai įsivaizduojamo dydžio susidūrimas. Atlikę skaičiavimus, astronomai nustatė, jog tas hipotetinis kūnas, su kuriuo susidūrė Žemė (dabar vadinamas Tėja), buvo maždaug Marso dydžio. Tėja greičiausiai susiformavo kaip atskira planeta kitoje Žemės orbitos vietoje, keletą mėnesių „prieš“ mūsų planetą arba „už“ jos tame pačiame kelyje aplink Saulę. Tačiau gravitacijai, kuri amžinai kišasi ne į savo reikalus, nepatiko, kad toje pačioje orbitoje sukasi dvi planetos, ir maždaug

po penkiasdešimties milijonų metų nuo jų susiformavimo ji nusprendė jas žiebtį vieną į kitą. Astronomai tai vadina „Didžiuoju tēkštēlėjimu“ (angl. *Big Thwack*).

Jei galvojate, kad tai susidūrimas, panašus į tą, kuris išnaikino dinozaurus, galvokite iš naujo. Žinoma, tas susidūrimas taip pat sukėlė ugnies stulpus, panašius į minimą Išėjimo knygoje, o pakilusios dulkės Saulę temdė kelerius metus. Tačiau pati Žemė nė nemirktelėjo. Žvirbliui atsitrenkus į priekinį stiklą, automobilis važiuoja toliau. Susidūrimas su Tėja buvo panašesnis į susidūrimą su briedžiu, sugadinantį pačią struktūrą. Susidūrimas ne tik išlakdino mūsų atmosferą į kosmosą, bet greičiausiai užvirino vandenynus ir išgarino ištisus uolinius žemynus. Tėja giliai įsirėžė į Žemės mantiją, ir ši liko pakrypusi, lyg kas kumščiu būtų trenkęs į gaublį. Pati Tėja išgaravo, o didžioji dalis dujų pradėjo kilti į kosmosą ir suktis aplink Žemę, suformuodamos planetos žiedą. Tačiau ne taip, kaip Saturno žiedai, kuriuos daugiausia sudaro ledas ir uolienos, mūsų karštų dujų žiedas galiausiai atvėso ir susitraukė į vieną kūną – Mėnulį.

Ilgalaikėje perspektyvoje susidūrimas su Tėja mums davė daug visokių poetiškų dalykų – mėnulio pilnatį ir net pavasarį bei rudenį, nes išmuštos iš vertikalios ašies Žemės paviršius gauna nevienodai Saulės šviesos, todėl radosi metų laikai. Tačiau trumpuoju laikotarpiu dėl susidūrimo mūsų planeta tapo dar nesvetingesnė nei anksčiau. Kitaip tariant, susidarė atmosfera, net karštesnė ir pavojingesnė už ankstesniąją vulkaninę atmosferą. Šią atmosferą, kuri egzistavo gal tūkstantį metų, daugiausia sudarė sivilinčiai karštas silicis (įsivaizduokite garais pavirtusį smėlį), kurį skrodavo geležies „lietūs“. Negana to, dėl natrio chlorido garų ji turėjo sūrų prieskonį. Įsivaizduokite, kad kiekvienas įkvėpimas – lyg druskos lyžtelėjimas.

Mūsų šviežiai iškeptas Mėnulis stebėjo visa tai iš vos 24 tūkstančių kilometrų aukščio. Danguje jis atrodė keliolika kartų didesnis nei dabartinė Saulė, o jo išsilydęs ir ugnimi tvoskiantis paviršius žioravo kaip pamušta, krauju pasrūvusi akis. Šiame Mėnulyje galbūt irgi būta poetiškumo, tačiau jis greičiau priminė Dantės nei Frosto kūrinčius.

Galiosiai Saulės sistemoje sumažėjo asteroidų, ir jie nustojo nuolat bombardavę Žemę. Dėl to atmosferoje susikaupusios dujos, užuot nuolat išmetamos į kosmosą, galėjo likti Žemėje. Taip pat labai reikšminga, kad

atsirado tikri ugnikalniai. Pirmykštėje Žemėje ugnikalniai tikriausiai nebuvo dažnas reiškiny, nes magma dujas lengviau išleisdavo pro pusiau išsilydžiusio išorinio apvalkalo plyšius. Tačiau asteroidams nustojus tranžkyti Žemę, planeta atvėso ir susiformavo kieta paviršiaus pluta, kurioje buvo daug mažiau įtrūkių. Tad magma pradėjo kauptis į požeminius telkinius. Joje vis dar buvo ištirpusių dujų, tad tokių tvenkinių slėgis dažnai pakildavo iki pavojingo lygio. Ilgainiui jis tiek padidėdavo, kad lava ir karštos dujos išsiverždavo pro paviršiaus uolienas, nusvilindamos viską savo kelyje.

Nors magma nebėra tokia aktyvi kaip anksčiau, šis milijardų metų senumo ciklas, kai slėgis kaupiasi po žeme ir išsiveržia viršun, nesiliauja iki šiol. Tiesą sakant, 1980-aisiais būtent tai ir nutiko su Šv. Elenos kalnu.

*

Edės mirtis pribaiė Trumeną. Dienos ir savaitės slinko tarsi letarge, darbe jis tapo išsiblaškęs ir aplaidus. Jo paties kertamas medis nuvirto jam ant galvos. Ranka pateko į sniego valymo mašiną. Jis nukrito nuo savo verandos ir atsipeikėjo sniege vienais apatiniais. Stovyklavietė taip pat nukentėjo. Edei nebeklojant lovų svečiams, nameliai atrode nevalyvi. Virėjo talentu Trumenas taip pat nepasižymėjo. Tiesa, Edės patiekalai kavinėje taipogi nebuvo įvertinti „Michelin“ žvaigždute; be kitų delikatesų, ji siūlė dešrainius ir mėsainius su suzmekusia balta duona. Tačiau Trumenas valgytojams sukeldavo kulinarinę traumą. Pietums galėjote tikėtis sumuštinio su riešutų sviestu ir svogūnais, o vakarienei – „vištienos nugarėlių sriubos“, t. y. vištienos kaulų, išvirtų su dvidešimt penkiomis skiltelėmis česnako. Gali atrodyti, kad jis specialiai stengėsi atbaidyti klientus.

Nors Trumenas jautėsi prislėgtas, šalimais stūksantis kalnas dėl po juo esančių žemyninių plokščių poslinkių kas mėnesį darėsi vis gyvybingesnis. 1980-aisiais geologai buvo vos spėję apsiprasti su terminais „žemynų dreifas“ ir „plokščių tektonika“. Vos penkiolika metų anksčiau jie vargu ar būtų galėję numatyti tokį dalyką. Žemynų dreifo teoriją pirmasis pasiūlė vokiečių meteorologas Alfredas Vėgeneris (Wegener), XX amžiaus pradžioje bandęs įminti mįslę, kodėl Pietų Amerikos ir Afrikos žemynų kraštai sutampa kaip sudužusios puodynės šukės. Jis taip pat pastebėjo, kad abiem žemynams būdingos panašios fosilijos. Tad Pirmojo pasaulinio karo metu

sužeistas į gerklę, jis nusprendė sveikdamas rašyti knygą, kurioje iškėlė mintį, kad žemynai laikosi ant didelių plokščių, kurios laikui bėgant kažkaip pasislinko.

Geologai Vėgenerio teoriją priėmė taip pat maloniai, kaip Amerikos Valstijų Konfederacijos pajėgos Atlantoje pasitiko generolą Šermeną⁶. Geologai negalėjo pakęsti plokščių tektonikos teorijos ir net mėgavosi ta neapykanta. Tačiau XX amžiaus penktajame ir šeštajame dešimtmetyje randantis vis daugiau įrodymų, žemyninių plokščių dreifo teorija jau nebeatrodė tokia kvaila. Galutinis lūžis įvyko septintojo dešimtmečio pabaigoje, ir iki 1980-ųjų praktiškai visi geologai buvo priėmę Vėgenerio idėjas – tai vienas įspūdingiausių nuomonės apsivertimų mokslo istorijoje. Toji teorija taip įsitvirtino, kad šiais laikais net nebeįvertiname jos svarbos. Panašiai kaip natūralios atrankos teorija tapo biologijos mokslo pamatu, taip plokščių tektonikos teorija surinko įvairius padrikus faktus apie žemės drebėjimus, kalnus, ugnikalnius ir atmosferą į vieną daiktą ir tvarkingai sudėliojo į lentynėles.

Žemyninės plokštės kartais staiga pasislenka stipriau, ir tai vadiname žemės drebėjimais. Tačiau dažniausiai jos lėtai slenka viena palei kitą, judėdamos maždaug tokiu greičiu, kaip auga nagai. (Kitą kartą kirpdami nagus prisiminkite, kad per tiek pat laiko priartėjome prie megadrebėjimo⁷.) Vienai plokštei slenkant po kita (šis procesas vadinamas subdukcija), trintis sukuria šilumą, dėl kurios apatinė plokštė lydosi ir virsta magma. Dalis jos nusileidžia į Žemės gelmes, tačiau lengvesnioji iškyla viršun, išsiveržia pro įvairius plutos įtrūkius ir išplaukia į paviršių. (Todėl pėmsos, t. y. vulkaninės uolienos gabalėliai, vandenyje neskęsta – ji sudaryta iš labai mažo tankio medžiagos.) Trinties šiluma iš besilydančios plutos taip pat išlaisvina anglies dioksidą ir nedidelį kiekį vandenilio sulfido, sieros dioksido ir kitų dujų bei šiek tiek azoto.

Magmai kylant aukštyn pro tuos pačius plutos įtrūkius žemyn smelkiasi Žemės plutos vanduo. O čia jau darosi pavojinga. Faktas apie dujas, kurį dažnai minėsime – šildomos jos plečiasi. Be to, dujinės būsenos me-

⁶ Viljamas Tekumsė Šermanas (William Tecumseh Sherman) – Sąjungos armijos generolas JAV pilietinio karo metu.

⁷ Kalifornijos valstija plyti nestabilių tektoninių lūžių zonoje, kurios dalyje jau seniai nebuvo stiprių žemės drebėjimų, todėl teigiama, kad bet kuriuo metu ten gali įvykti itin stiprus žemės drebėjimas.

džiaga užima daug daugiau vietos, nei ta pati kietosios ar skystosios būsenos medžiaga. Taigi, žemyn besisunkiantis vanduo, susidūręs su įkaitusia aukštyn kylančia lava, akimirksniu virsta garais ir išsiplečia su galinga jėga – staiga užima 1 700 kartų didesnę tūrį nei iki tol. Ugniagesiai ne veltui bijo šio reiškinių – pilant vandenį į karštas, šnypščiančias liepsnas, garų „sprogimas“ uždaroje erdvėje gali juos nuplikyti. Panašus ir ugnikalnių poveikis. Mes išsižioję spoksime į šlaitais tekančią oranžinę lavą, tačiau sprogimus sukelia ir daugiausia žalos pridaro dujos.

Visame pasaulyje bet kurią akimirką aktyviai veikia maždaug šeši šimtai ugnikalnių. Dauguma jų išsidėstę garsiajame Ugnies žiede Ramiojo vandenyno pakrantėje, kur susiduria kelios nestabilios plokštės. Ties Šv. Elenos kalnu Šiaurės Amerikos plokštė susieina su Chuano de Fu kos (Juan de Fuca) plokšte, esančia į rytus nuo Vašingtono valstijos. Jos trina si viena į kitą maždaug pusantro šimto kilometrų gylyje po žeme. Kadangi tai vyksta taip giliai, virš magmos telkinių lieka storas uolienų sluoksnis, neleidžiantis nuolat veržtis nuodingiems garams. Tačiau vienai tokių gilių kišenių pratrūkus, visos tos uolienos pažyra skeveldromis.

*

1980-ųjų kovo 20 dieną Šv. Elenos kalną supurtė 4 balų stiprumo žemės drebėjimas. Toje vietovėje buvo įprasta kartkartėmis jausti žemės virpesius, tačiau šį kartą ji nesiliovė drebėjusi. Paprastai per penkerius metus ties Šv. Elenos kalnu gali įvykti apie keturiasdešimt žemės drebėjimų. Per savaitę nuo kovo 20-osios jų ten įvyko net šimtas.

Mokslininkai atsidūrė labai nepatogioje padėtyje. Jie nenorėjo gąsdinti žmonių paskelbdami apie ugnikalnio išsiveržimą, kuris galbūt taip ir neįvyks. Vos prieš penkerius metus apokaliptinės prognozės dėl Beikerio kalno į šiaurę nuo Sietlo nepasitvirtino, ir geologai apsikvailino. Tačiau Šv. Elenos kalnas nenurimo. Kovo 27 dieną pro viršukalnę išsiveržęs dūmų stulpas pakilo į dviejų tūkstančių metrų aukštį ir juodai nudažė sniegą. Netrukus valstybės pareigūnai užbarikadavo visus kelius aplink Šv. Elenos kalną. Dar daugiau, jie ėmė priverstinai evakuoti gyventojus. Jaunas šviesiaplaukis geologas Deividas Džonstonas (David Johnston) tokio elgesio priežastis žurnalistams paaiškino taip: „Stovime prie dinamito statinės. Sprogdiklis jau uždegtas, tik nežinome, kokio jis ilgio.“

Tačiau vienas evakuojamos zonos gyventojas nusprendė, kad vyriausybė pati nesupranta, ką paisto. Haris Trumenas, gyvenęs vos už penkių kilometrų nuo to nuostabiai gražaus, tačiau mirtinai pavojingo kalno, pirmąjį žemės drebėjimą „nurašė“ kaip paprasčiausią laviną. Net ir besikartojant drebėjimams, jis atsisakė patikėti, kad jam gresia pavojus. Didžiąją gyvenimo dalį ir geriausius savo metus su Ede jis praleido kalno papėdėje, tad nusprendė, kad „jei kalnas ką nors ir padarys, geriau jau mirsiu čia, su juo“.

Žinia apie „Žmogų, kuris atsisako palikti Kalną“, netruko pasklisti, ypač tarp žurnalistų, kuriems situacija su ugnikalniu jau buvo pakyrėjusi. Be Džonstono citatos apie dinamito statinę, patikimos informacijos ieškantiems žurnalistams sunkiai sekėsi išpešti žodį iš geologų, kurie vengė tiesiai atsakyti į klausimus apie prognozes. Taigi daugumoje publikuojamų istorijų buvo vos vienas kitas mokslinis faktas – kur kas daugiau buvo kalbama apie vietinių žmonių nuotaikas. Kaip Trumenas sakydavo fotografams, į nuotrauką reikią įdėti žmogų, kad kitiems būtų įdomu, tad šis irzlus keistų manierų senis (kartais net mūvėdavęs kojines su sandalais) žiniasklaidai labai tiko. Trumenas jau kelis dešimtmečius vengė viešumo baimindamasis, kad kas nors iš jo kontrabandos laikų jį suras ir nudės. Tačiau devintąjį dešimtmetį jau buvo praėjęs pusšimtis metų nuo tų laikų, be to, Trumenas pastebėjo, kad jam patinka pasakoti senas istorijas naujiems žmonėms. Pavyzdžiui, kaip jis, apsirengęs vienais apatiniais, grėbliu apsigynė nuo lokio. O kartą iš medžio išdrožęs dvi dideles pėdas ir palikęs pėdsakus sniege „užkūrė“ vietinę legendą apie sniego žmogų. Jis taip pat prisiminė kelias Pirmojo pasaulinio karo istorijas ir pareiškė, kad jau beveik ketina užsimaukšlinti savo senąjį piloto šalną ir įmesti į kraterį bombą, kad šis užsičiauptų.

Be to, Trumenas kiekviena pasitaikiusia proga keiksnijo vietos pareigūnus. „Jie sako, kad vėl išsiverš – meluoja ir neraudonuoja“, – šaipydavosi Trumenas. Jis gyrėsi galintis greičiau nei geologai nustatyti žemės drebėjimo stiprumą pagal Richterio skalę paprasčiausiai stebėdamas, kiek smarkiai siūbuoja kavinės lange kabanti alaus „Rainier“ iškaba. Anksčiau ar vėliau pas jį apsilankė visų didžiausių šalies žiniasklaidos priemonių atstovai ir visi jie žinojo turintys atvežti viskio „Schenley“. Trumeno spintelė greitai prisipildė butelių, tad jis džiūgavo, kad dabar kalnas gali daryti ką tik nori – jis galėsiantis pralaukti.

Kad įvykdytų nurodymą evakuoti ir nutildytų triukšmą, pareigūnai net svarstė, ar nevertėtų Trumeną suimti. Tačiau kas toliau? Įmetus seną žmogų į kalėjimą, visuomenės palankumas tikrai nepadidėtų, be to, vargu ar pavyktų rasti prisiekusiųjų teisumą, kuris jį nuteistų. Beliko leisti jam spjaudytis net ir tokiuose leidiniuose kaip „New York Times“ ir „National Geographic“.

Bėgant savaitei po savaitės be išsiveržimo, visuomenėje stiprėjo įtampa ir jaudulys. Vietos bendruomenių kiemuose išdygo ženklai: „Šv. Elenos kalne, nebarstyk pelenų ant mano vejų.“ Miškus aplink kalną buvo išraižę kirtėjų keliai, todėl su rimtesniu žemėlapiu bet kas galėjo apeiti kelių užkardas, taigi žmonės pradėjo ant ugnikalnio šlaitų vos ne iškylas rengti, tikėdamiesi savo akimis pamatyti lavą. Netgi Vašingtono gubernatore Diksi Li Rei (Dixy Lee Ray) pasidavė bendrai nuotaikai, nors kaip buvusi mokslininkė (jūrų biologė) turėjo geriau suprasti padėtį. „Visada sakydavau, – džiūgavo ji, – kad norėčiau savo akimis pamatyti išsiveržiant vieną iš mūsų ugnikalnių.“ Pačiame kvailiojimo įkarštyje Sietlo filmavimo komanda sraigtasparniu nuskrido ant kalno ir prie viršukalnės nufilmavo alaus reklamą.

O tuo tarpu kalno viduje vis kaupėsi dujos. Virš jo ratus sukančių lėktuvų pilotai pajusdavo vis stipresnius sieros dioksido (parako kvaipo) gūsius. Tai reiškė, kad siera magma kyla vis arčiau paviršiaus. (Tuo metu skraidyti virš kalno buvo uždrausta, tačiau draudimą pažeidė tiek daug lėktuvų, kad vienas pilotas palygino orlaivių spiečių su oro mūšiu.) Dar grėsmingesnis ženklas buvo balandžio viduryje mokslininkų pastebėtas „auglys“ šiaurinėje kalno pusėje – didžiulė išpampusi uolienų pūslė. Niekas nežinojo, kaip greitai ta pūslė didėja, tad buvo pakelti lėktuvai su topografinė įranga ir lazeriais, gebančiais nustatyti paviršiaus kilimą net kelių milimetrų per dieną tikslumu. Keli milimetrai neatrodo labai baisiai, kol nepagalvoji, kad kalbama apie viso kalno šlaito kilimą. Pasirodo, jiems nereikėjo tokios tikslios technikos – pūslė kiekvieną dieną paaugdavo apie pusantro metro. Vyriausybės geologams blogų ženklų jau pakako, tad gegužės 9-ąją jie perkėlė savo stebėjimo bokštus už beveik dešimties kilometrų – gerokai toliau už apskaičiuotos pavojingos zonos ribų. Trumenas kikenė iš bailiukų.

Bent jau viešai. Tačiau vidujai jis taip pat jautė didėjančią įtampą. Nors visuomet sakydavo, kad didžiulės eglės, augančios tarp jo ir kalno, veiktų

kaip užtvara ir jį apsaugotų. Tačiau bėgant savaitėms draugai pastebėjo, jog jo įsitikinimas svyruoja. Jis buvo visiškai vienišas. Ir nors žurnalistai juokėsi iš jo teiginių, esą miegantis su pentiniais, kad žemės drebėjimas neišverstų jo iš lovos, jam pačiam jau nebuvo juokinga. Kai kuriomis naktimis nuo žemės virpėjimo kavinės indai subarškėdavo kelis kartus per valandą, tad Trumeni būdavo nelengva užmigti. Tomis naktimis, kai vis dėlto pavykdavo, pabudęs ryte kartais rasdavo savo lovą nučiuožusią per pusę kambario. Jis nenorėjo apieisti savo ir Edės namų, tačiau tai nereiškia, kad norėjo nuolat gyventi baimindamasis.

Tai suprasdami, draugai ir pareigūnai gegužės viduryje paskutinį kartą pabandė nuvilioti tą laukinį katiną nuo kalno. Trumenas atsisakė. Iš dalies dėl to, kad tuo metu gaudavo maišus laiškų iš žmonių, kuriuos įkvėpė jo drąsa, ir netgi keletą pasiūlymų susituokti. („Kodėl kokias nors aštuoniolikmetė paukštytė norėtų ištekti už tokio seno [pypt] kaip aš?“ – negalėjo atsistebėti Trumenas.) Jis gavo laišką iš Diksi Li, kuriame ši gyrė jo tvirtumą. Iš džiaugsmo jis kone mojavo tuo laišku virš galvos. Sunku pasakyti, ar išgarsėjimas ir liaupsės tik pastiprino ryžtą elgtis taip, kaip jis ir pats norėjo, ar šlovės daromas spaudimas privertė jį priimti sprendimus, kurių jis šiaip nebūtų priėmęs. Bet kuriuo atveju, evakuotis jis neketino.

Nuleidę rankas Trumeno atžvilgiu, valstybės pareigūnai nusprendė nuo kalno pašalinti visa kita, kas buvo ant jo likę. Trims dienoms nurimus seisminiam aktyvumui, gegužės 17-ąją namelių savininkams buvo leista atvykti ir išsivežti iš jų kėdes, stalus, skrudintuvus, fotoaparatus ir kitus daiktus. Buvo duotas leidimas dar kartą atvažiuoti kitą rytą. Tačiau kalnas turėjo kitų planų.

*

Nepaisant visų pastangų kalbėti aptakiai, Šv. Elenos kalnui vis tiek pavyko padaryti mokslininkams gėdą. Ne tiek svarbu, kad jie negalėjo pasakyti, kada tiksliai įvyks išsiveržimas. Išsiveržimų neįmanoma numatyti, todėl nebuvo ko gėdytis dėl to, kad jie nenumatė tikslaus laiko – sekmadienis, gegužės 18 diena, 8:32:11 valanda ryto. Tačiau geologai visuotinai sutarė, kas vyks išsiveržimo metu – kalno kupolas nukreips visą jėgą viršun ir išmes dujas ir dūmus aukštai į dangų. Deja. Vietoj to pratrūko šiaurinio šlaito pūslė ir visa bjaurastis ėmė tekėti šonu, sukeldama didžiausią nuošliaužą



Šv. Elenos kalno išsiveržimas 1980 metų gegužės 18 dieną (sekmadienį).

(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS JAV MIŠKŲ TARNYBAI)

istorijoje. Šlaitais švilpdamos leidosi įkaitusios dujos, maišydamosi su peleiniais ir dūmais, garais versdamos visa, kas pasitaikė jų kelyje.

Nusiaubimo lygį buvo galima žymėti koncentriniais apskritimais. Žmonės girdėjo dundesį už trijų šimtų kilometrų.

Už pusantro šimto kilometrų drebėjo langų stiklai, o indaujose var-tėsi porceliano puodeliai. Už maždaug 135 kilometrų į rytus, Jakimoje, iš dangaus krito purvo kamuoliai, o pats dangus taip aptemo, kad 9:30 ryto įsijungė automatiniai gatvių žibintai. Už septyniasdešimties kilometrų kai kuriose upėse vanduo įkaito virš 32 °C, dėl ko lašišos šoko į krantus.

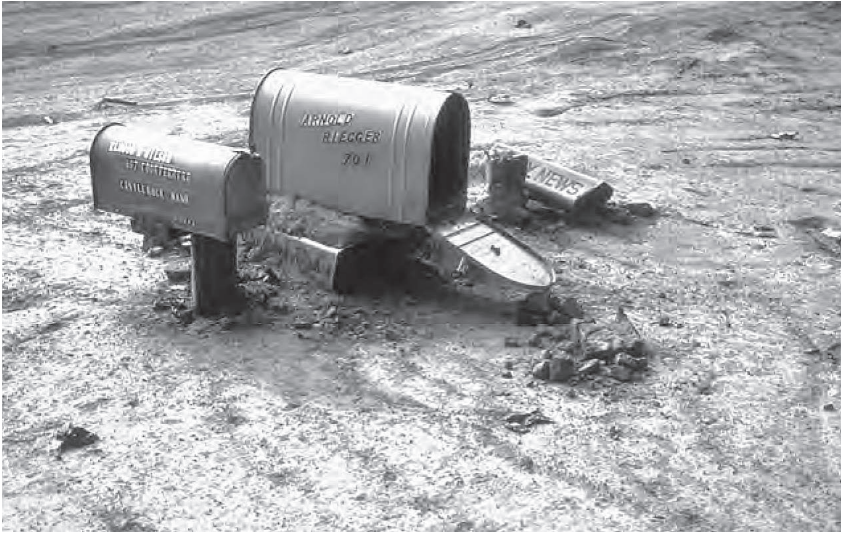
Keista, tačiau arčiau kalno triukšmas buvo girdimas mažiau, nes smėlis ir šiukšlės sugėrė didelę jo dalį kalno prieigose. Be to, pažemiui esant karštam orui, garsas kyla aukšty, tad jis sklido virš apylinkėse buvusių žmonių galvų. (Plačiau apie šį reiškinį kalbėsime vėliau.) Tačiau tai, kad žmonės negirdėjo kurtinančio triukšmo, nereiškė, jog sprogimo zonoje viskas buvo ramu. Dvidešimt penkių kilometrų spinduliu visi medžiai buvo išversti, tarsi kas nors būtų paėmęs milžiniškas šukas ir perskyręs Šv. Elenos kalno plaukus. Kelias tonas sveriantys miškavežiai buvo apversti ant šono kaip žaislinės mašinėlės. Žmonės užklupo liepsnojančių akmenų kruša, ėmė svilti jų plaukai. Į šią zoną patekė vyras ir moteris, kurie išgyveno įšokę į išvirtusio medžio paliktą duobę, prisiekė vienas kitam, kad jei liks gyvi – susituoks. Jiems pavyko ir viena, ir kita.

Maždaug penkiolikos kilometrų spinduliu žuvo visa, kas gyva. Tai buvo septyni tūkstančiai stambiųjų žinduolių (briedžių, elnių, lokių), taip pat ir Deividas Džonstonas, šviesiaplaukis geologas, palyginęs Šv. Elenos kalną su dinamito statine. Jaunas atletiškas vyras (jis bėgiojo maratonus, kas tuo metu buvo visiškai neįprasta) savanoriškai pamainomis budėdavo arčiausiai kalno buvusiuose stebėjimo bokštuose, nes manė turintis daugiau šansų pabėgti nei vyresni kolegos. Be to, gegužės 18-ąją jis apskritai neturėjo dirbti – susikeitė pamainomis su savo viršininku, kuris norėjo pabūti su iš Vokietijos atvykusiu draugu. Išsiveržus ugnikalniui, Džonstonui pakako laiko tik radijo ryšiu centrinei būstinei sušukti: „Jau!“ Kolegos sakė, kad jo balsas skambėjo džiaugsmingai.

Jo kūno taip ir nerado, tačiau toje zonoje rado dešimtis kitų. Teismo medicinos ekspertai nustatė, kad dauguma jų mirė nuo įkvėptų pelenų, nes, susimaišę su seilėmis burnoje, pelenai virto koše, kuri užkimšo kvėpavimo takus. Po mirties jų kūnai iškepė karštyje, o vidaus organai išdžiūvo kaip vytinta mėsa. Keli kūnai buvo tokie kieti ir prisotinti pelenų, kad nuo jų atšipo skalpeliai.

Aštuonių kilometrų spinduliu gelbėtojai net nesivargino ieškoti žuvusiųjų. Sieros kvapas čia turėjo būti nepakeliamas, primenantis pirmąją Žemę. Be to, kaip ir pirmąją Žemėje, čia buvo tuščia.

Po kelių dienų ten nuskridęs prezidentas Džimis Karteris (Jimmy Carter) stebėjosi: „Palyginti su šia vieta, Mėnulio paviršius atrodo kaip golfo aikštynas.“ Vienintelis žymesnis objektas dabar buvo atsiradęs naujas Dvasių



Po karštais pelenais beveik palaidotos pašto dėžutės po Šv. Elenos kalno išsiveržimo.
(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS JAV GEOLOGIJOS TARNYBAI)

ežeras. Kaip ir visa kita, pirmasis Dvasių ežeras buvo palaidotas po dešimtimis metrų karštų pelenų. Tačiau vanduo prasiskverbė į viršų ir susidarė naujas ežeras, tik maždaug penkiasdešimčia metrų aukščiau. Pirmasis ežeras buvo vėsus ir toks skaidrus, kad dugnas buvo matyti net dešimties metrų gylyje. O antroji ežero versija atrodė kaip ruda, garuojanti kloaka, kurioje matomumas siekė vos kelis centimetrus.

Na ir galiausiai, maždaug už penkių kilometrų nuo kalno buvo Haris Trumenas. Niekada nesužinosime, kas iš tiesų jam nutiko, išskyrus tai, kad jis tikrai žuvo. Tačiau remdamiesi žiniomis apie kitų išsiveržimų aukas ir chemijos dėsnius galime atkurti paskutines jo gyvenimo akimirkas.

Pirmiausia nuo karščio jo drabužiai užsidegė kaip popierius: džinsai, megztinis, kojinės – viskas supleškėjo akimirksniu. Suskilinėjo dantų emalis, o kažkada buvę drėgni plaučiai pajuodo ir suanglėjo. Tačiau tikriausiai jis mirė be kančių. Dauguma kūnų, aptiktų po 79-ųjų Vezuvijaus išsiveržimo, ypač pasislėpusių kambariuose palei paplūdimį, neturėjo jokių baimės ar skausmo požymių. Pavyzdžiui, nė vienas nebuvo užsidengęs rankomis veido, o tai – įprastas agonijos požymis. Tai reiškia, kad karščio smūgis

tikriausiai nužudė juos mažiau nei per sekundę – greičiau, nei jie refleksais pajuto skausmą.

Nuo Vezuvijaus karščio daugelio aukų raumenys susitraukė po mirties – kojų pirštai užsirietė link pėdų, rankos pakilo link krūtinės, tad kūnai įgijo vadinamąją gynybinę padėtį. Jie buvo palaidoti po pelenais, kurie sukietėjo suformuodami tarsi mirties kaukę. Įdomu tai, kad kūnams yrant pelenuose liko jų buvusios formos ertmės. Užpildę šias ertmes gipsu, archeologai padarė kūnų atliejas, kurias dabar Pompėjoje gali apžiūrėti turistai.

Taigi, tai vienas galimas pabaigos scenarijus – keli metrai po vulkaninių uolienų sluoksniu žioji Trumeno formos ertmė. Tačiau yra ir kita, labiau makabriška, galimybė. Vezuvijus nusiaubė ne tik Pompėjus, bet ir kitus kaimus. Tose vietovėse, gavusiose tiesioginį karščio smūgį (panašiai kaip ir Trumeno stovyklavietėje), keli žmonės tiesiog išgaravo.

Atlikti vos keli kūno virsmo garais tyrimai, išskiriantys tris proceso etapus: vandens virsmo garais, vidaus organų virsmo garais ir kaulų virsmo garais. Vandens virsmas garais susideda iš dviejų etapų. Pirmiausia, organizme esančio vandens temperatūra, kuri įprastai yra apie 36,6 °C, pakyla iki virimo temperatūros (100 °C). Vandens kiekis žmonių organizme su amžiumi mažėja: nuo 75 procentų minkštučiuose naujagimiuose iki mažiau nei 60 procentų sužiedėjusiuose (tiesiogine prasme) senukuose. Atsižvelgiant į Trumeno amžių ir svorį, savyje jis greičiausiai nešiojosi apie keturiasdešimt penkis kilogramus vandens. Vanduo gan gerai sugeria šilumą, tad norint pakelti tokio vandens kiekio temperatūrą iki 100 °C, reikia daug energijos, t. y. apie 2 900 kalorijų. (Palyginimui: norint tiek pat pakelti keturiasdešimt penkių kilogramų geležies temperatūrą reikėtų 305 kalorijų, o aukso – 88 kalorijų.) Kol kas turime tik karštą vandenį. Kad susidarytų garai, reikia dar daugiau energijos. Reikia todėl, kad vandens molekulės stipriai traukia savo kaimynes – jos nenori atsiskirti ir išlėkti į orą dujomis. Taigi, keturiasdešimt penkiems kilogramams garų susidaryti reikia dar 24 000 kalorijų.

Kalbant apie vidaus organų išgarinimą, organizme yra šimtai organų ir audinių, turinčių skirtingas savybes ir šilumos sugėrimo galimybes. Užuot išdėstę šiuos skirtumus lentelėse, kai kurie mokslininkai naudoja pakaitinę medžiagą – džiovintą kiaulieną, nes žmonių ir kiaulių vidaus organai panašūs. Atėmus vandenį, vidutinis žmogus turi apie vienuolika

kilogramų organų, kremzlių ir riebalų. Šimte gramų džiovintos kiaulienos yra apie 230 kalorijų, todėl vidaus organų molekulėms suardyti greičiausiai prireiks dar maždaug 27 000 kalorijų.

Remdamiesi Vezuvijaus aukų būkle, žinome, kad vulkaninio karščio banga lengvai išgarina vandenį ir vidaus organus. Išgarinti apie vienuolika kilogramų sveriantį žmogaus skeletą sunkiau, nes pagrindinio kaulų mineralo (kalcio hidroksiapatito, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) temperatūra labai aukšta. Todėl Trumeno skeletas tikriausiai išliko, tačiau tikrai ne toks, koks buvo. Esant aukštesnei kaip 480 °C temperatūrai, kaulai pagelsta, tada tampa rausvai rudi ir galiausiai pajuoduoja. Be to, jie šiek tiek aptirpsta, nes persitvarko jų molekulės. Dėl tokio persitvarkymo kaulai susilpnėja ir tampa trapūs. Kai kurios Vezuvijaus aukos buvo be viršugalvių. Panašu, kad nuo karštų vulkaninių dujų užvirė jų smegenys, o smegenų garams reikėjo kažkur pasidėti, tad jie išsiveržė pro kaukolės viršų kaip mažyčiai ugnikalniai.

Kad užvirtų vanduo ir išgaruotų tokio senioko kaip Trumenas organai bei kaulai, būtų prireikę maždaug 75 000 kalorijų*; tai atitinka per gerą mėnesį suvalgomo maisto energinę vertę. Žinant, kad visa ta energija išskiriama vienu kartu, įspūdis dar didesnis.

Be atominės bombos, nedaug dalykų gali akimirksniu išgarinti žmogaus kūną, tačiau ugnikalniai – vieni iš jų. Paskutinės Hario Trumeno gyvenimo akimirkos galėjo atrodyti maždaug taip. Būdamas arti išsiveržimo vietos, jis greičiausiai nieko negirdėjo, tačiau turėjo justį po kojomis drebant žemę ir galėjo pargriūti. Jei būtų pažvelgęs aukšty, būtų pamatęs stulbinamą vaizdą – tuo pat metu ir nuostabų, ir siaubingą. Kalno šlaitas, kuriuo jis grožėjosi didžiąją savo gyvenimo dalį, suzmeko kaip suflė, o tada, staiga išsiveržus visoms dujoms, vėl pakilo. Turint omenyje pakilusio juodo debesies greitį (iki 560 kilometrų per valandą), Trumenas maždaug minutę galėjo stebėti, kaip šimtaaukščio namo aukščio ir šešiolikos kilometrų pločio lavina plūsta kalno šlaitu žemyn. Nuo jos kaitros aplink išgaravo sniegas, o tos septyniasdešimt penkių metrų aukščio eglės ugnyje susisuko kaip plastiko atraižėlės. Lavinai užgriuvus Trumeno stovyklavietę, jo rožinio kadilako dažai nuėjo pūslėmis, o padangos greičiausiai sprogo išsiplėtus orui. Kiekvienas butelis „Schenley“ spintelėje sprogo kaip

* Ši ir tolesnės žvaigždutės nukreipia į knygos skyrių „Pastabos ir įvairenybės“, kuris prasideda nuo 295 puslapio ir kuriame plačiau rašoma apie įvairias įdomybes. (*Aut. past.*)

Molotovo kokteilis, o visas „panteros myžalas“ užsiliepsnojo mėlyna liepsna. Trumeno drabužiai sudegė per sekundės dalį, o pats Trumenas, mokliškai tariant, sublimavosi, t. y. iš kietosios medžiagos beveik akimirksniu virto dujomis. Ir su paskutiniu šnypštelėjimu pakilo į orą, prisijungdamas prie atmosferos.

Kaip ir su paskutiniu Cezario atodūsiu, labai tikėtina, kad ką tik įkvėpėte ir šiek tiek Hario Trumeno.

*

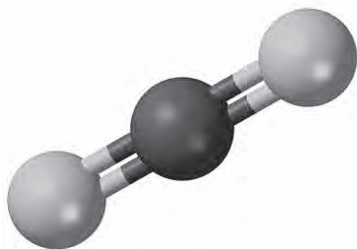
Šv. Elenos kalnas augino savo nuostabų kupolą du tūkstančius metų ir maždaug per dvi sekundes jį sunaikino. Jo aukštis sumažėjo nuo 2 950 iki 2 560 metrų, jis neteko keturių šimtų milijonų tonų svorio. Juodų dūmų stulpas pakilo į dvidešimt šešių kilometrų aukštį ir sukėlė žaibo išlydį. Ugnikalnio išspjautos dulkės pasklido po visas Jungines Amerikos Valstijas, virš Atlanto vandenyno ir galiausiai, apkeliajusios visą pasaulį, po septyniolikos dienų vėl pasiekė kalną iš vakarų. Išsiveržimo metu išsiskyrė energijos kiekis, atitinkantis 27 000 Hirosimos bombų, t. y. maždaug po vieną bombą per sekundę devynių valandų – tiek truko išsiveržimas – laikotarpis.

Turint tai omenyje, verta paminėti, kad Šv. Elenos kalno išsiveržimas buvo vieni niekai palyginti su kitais. Nors jis garais pavertė daugiau nei keturis kvadratinis kilometrus uolienų, tai sudaro tik aštuonis procentus Krakatau į orą išmesto kiekio 1883-aisiais ir vos tris procentus Tamboros išsiveržimo apimties 1815-aisiais. Be kita ko, Tamboros išsiveržimas visame pasaulyje penkiolika procentų pritemdė saulės šviesą, sutrikdė galinguosius Azijos musonus ir sukėlė garsiuosius „metus be vasaros“ 1816-aisiais, kai temperatūra nukrito tiek, kad Naujojoje Anglijoje vasarą prisnigo. Tačiau net ir Tambora – vieni juokai palyginti su didžiuliais istorijoje įvykusiais išsiveržimais, pavyzdžiui, Jeloustouno išsiveržimu prieš 2,1 milijono metų, į stratosferą išlakdinusiu du su puse tūkstančio kubinių kilometrų Vajomingo valstijos. (Šis megaugnikalnis tikriausiai kada nors pakartos savo pasirodymą ir po pelenais palaidos didžiąją dalį žemyninių valstijų.)

Vulkaninio Hadėjaus eono pabaigoje mūsų planeta jau buvo turėjusi dvi skirtingas atmosferas: pirmąją – plonytę, susidedančią daugiausia iš vandenilio ir helio, ir antrąją – daug nuožmesnę, susidariusią iš drakoniško

ugnikalnių kvėpavimo. Žinoma, šios antrosios atmosferos seniai nebėra – mūsų plaučiai nešnypščia ir nespirga nuo kiekvieno įkvėpimo. Tačiau tam tikrose vietose vis dar galime pamatyti trumpus jos blyksnius – mirtinus blyksnius. Įspūdingiausias pavyzdys – keistas išsiveržimas, įvykęs prie Nioso ežero Kamerūne 1986 metų rugpjūčio 21 dieną.

INTARPAS. Sprogęs ežeras



Anglies dioksidas (CO_2) – šiuo metu jo ore yra 400 milijonų dalių
(ir šis kiekis vis didėja). Kiekvieną kartą įkvėpdami įtraukiame
500 kvadrilijonų molekulių.

Iš pradžių atrodė, kad kilo dar vienas gaujų susirėmimas. Vakarų Kamerūno vulkaninės aukštumos visada buvo retai apgyventos, iš dalies dėl to, kad daugelis vietos genčių tas vietas laikė užkeiktomis. (Pasak vienos legendos, iš šalimais telkšančio Nioso ežero naktimis išnirdavusi kerštinga dvasia, terorizuodavusi slėniuose gyvenusius žmones.) Tačiau XX amžiaus devintojo dešimtmečio pradžioje derlingas dirvožemis, idealiai tinkamas batatams ir pupelėms auginti, atviliojo ten ūkininkų iš kelių etninių grupių. Populiacijai augant, tarp gaujų dažnėjo kovos ir susišaudymai. Todėl vieną 1986-ųjų rugpjūčio naktį dauguma gyventojų tolimą pokšėjimą palaikė paprastais šūviais.

Tačiau buvo girdėti ir kitoks triukšmas, kurį buvo sunkiau paaiškinti – duslus grumėjimas ir keistas gurguliavimas. Akla moteris pajuto, kaip po jos kojomis kelis kartus suvirpėjo žemė. Vis dėlto dauguma žmonių nepaisė šių ženklų ir nuėjo miegoti. Tačiau netrukus po saulėlydžio iš Nioso ežero gelmių ištis iškilo kai kas baisaus.

Apie devintą valandą iš ežero ėmė kilti didžiuliai anglies dioksido burbulai. Burbuluose buvo vandens iš geležingo ežero dugno, todėl jie buvo rausvo atspalvio. Pasiekę paviršių jie sproginėjo. Iš viso ežeras išmetė apie 227 milijonus kilogramų anglies dioksido, o dujų ir vandens fontanas šovė į septyniasdešimt penkių metrų aukštį ir laikėsi apie dvidešimt sekundžių.

Kitomis aplinkybėmis tai galėjo būti nuostabus vaizdas – kaip Senasis Ištikimasis geizeris, tik kraujo spalvos. Tačiau anglies dioksidas labai sunkus (penkiasdešimt procentų sunkesnis už orą), todėl užuot išsisklaidžiusi ore, didžiulė dujų masė nusileido žemyn ir suformavo maždaug penkiasdešimties metrų aukščio baltą debesį. Šis debesis vis greitėdamas leidosi į slėnius aplink Nioso ežerą. Slėniuose temperatūra buvo žemesnė, tad debesyje buvę vandens garai kondensavosi, ir dujų masė tapo nematoma – idealios sąlygos naktinei medžioklei. Sklęsdamas šešiasdešimt penkių kilometrų per valandą greičiu, debesis per kelias minutes užgulė kelis kaimus – Ša, Subumą, Fangą ir Mašį. Užduso ištisos šeimos, miegojusios savo molinėse trobelėse, kiti krito be sąmonės ruošdami vakarienę. Kai kurie žmonės neteko sąmonės taip greitai, kad net nebandė krisdami atsiremti į žemę rankomis, ir jiems lūžo kaulai. Tada jie užduso, nes jų plaučius vietoj deguonies užpildė anglies dioksidas. Trys aukos čia, keturios kitoje trobelėje, toliau dar šešios.

Kitą rytą Nioso ežero vandens lygis buvo nukritęs beveik metrą, o anksčiau buvęs žydras jo vanduo dabar atrodė kaip tigro kailis – oranžinis su juodais dryžiais. Per stebuklą tolimesniuose kaimeliuose keli žmonės išgyveno, tačiau atsipeikėję jie jautė galvos skausmą, pykinimą ir viduriavo. Be to, daugeliui atsirado pragulų nuo gulėjimo nejudant kelias valandas. Tačiau blogiausia, kad jie tapo masinių žudynių liudininkais – 1 746 žuvusieji. Keletą dienų aukų skaičius dar augo, nes nevilties apimti tėvai ir seneliai žudėsi, besilaukiančios moterys patyrė persileidimus. Krito daugiau kaip šeši tūkstančiai galvijų, išdvėsė visos pelės, paukščiai ir vabzdžiai. Išgyvenusieji prisiminė kurį laiką tvyrojusią kraupią tylą. Nebuvo net musių, zujančių aplink lavonus.

Vietiniai žyniai pareiškė, kad vėl atgijo piktosios ežero dvasios. Ne tokie prietaringi, bet labiau paranojiški tipai aiškino, kad priešai panaudojo cheminį ginklą arba buvo atliekami slapti neutroninės bombos bandymai. Tuo tarpu mokslininkai turėjo daug prožiškesnį paaiškinimą. Žiniasklaid-



Prie molinių trobelių guli galvijai, kritę po mįslingo Nioso ežero „išsiveržimo“ 1986 metų rugpjūčio 21 dieną.

(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS JAV GEOLOGIJOS TARNYBAI)

doje pasirodžius pirmiesiems pranešimams, į Kamerūną suplūdo geologai iš viso pasaulio – daugelis lig tol nebuvo net girdėję apie Niosą, tačiau visiems magėjo pamatyti šį „sprogusį ežerą“. Netrukus buvo nustatyta, kad Nioso ežeras telkšo virš aktyvaus ugnikalnio. (Tiesą sakant, pats ežeras buvo susiformavęs ugnikalnio krateryje vos prieš keturis šimtus metų.) Kadangi ugnikalniai dažnai išskiria anglies dioksidą, dujų šaltinis aiškiai buvo krateris.

Tačiau tai buvo bene vienintelis dalykas, dėl kurio geologai sutarė. Ypač daug nesutarimų kėlė klausimas, kas paskatino dujas išsiskirti. Vieni teigė, kad visos dujos išsiveržė vienu kartu. Jie įsivaizdavo Nioso ežerą kaip miniatiūrinį Šv. Elenos kalną. Kiti manė, kad išsiveržimas su tuo neturėjo nieko bendra. Jų nuomone, ugnikalnio išskiriamas anglies dioksidas šimtmečius pamažu kaupėsi ežero dugne. Dėl vandens svorio dujas kurį laiką slūgsojo dugne, tačiau nuošliauža ar stipri liūtis sujudino ežero dugną, ir jos iškilo į paviršių. Dar kiti sutiko, kad anglies dioksidas kaupėsi pamažu, tačiau nesutarė dėl išorinio veiksnio idėjos. Jie manė, jog dujų kišenė tiesiog

tapo per didelė, kad vandens svoris ją išlaikytų, ir vieną nelemtą dieną ji galiausiai išsiveržė į paviršių, kaip šampano burbuliukai.

Glumino tai, kad abiejų teorijų (vienkartinio išsiveržimo ir lėto dujų kaupimosi) šalininkai turėjo savo teoriją pagrindžiančių argumentų. Kai kurie išgyvenusieji prisiminė prieš prarasdami sąmonę jautę supuvusių kiaušinių ir sieringą parako kvapą – šie kvapai siejami su ugnikalnių išsiveržimais. Taip pat nebuvo jokių aiškių įrodymų, kad ežero dugną galėjo sujudinti nuošliauža ar neįprastos oro sąlygos. Be to, išsiveržimo metu išsiskyrė didelis šilumos kiekis – iškart po jo Nioso ežero temperatūra pašoko nuo 23 iki 30 °C ir dar kelias savaites vanduo buvo šiltesnis nei įprastai. Kita vertus, seismografas už pusantro šimto kilometrų tą dieną neužfiksavo jokio geologinio aktyvumo, todėl išsiveržimas atrodo mažai tikėtinas. Be to, nors išgyvenusieji liudijo sąžiningai, jų pateikta informacija nėra patikima, nes apsinuodijimas anglies dioksidu gali sukelti sumišimą ir proto apsiblausimą. Kai kurie mokslininkai teigė, kad anglies dioksidas gali sukelti ir kvapų haliucinacijas arba kad pagalbiniai darbuotojai netyčia pasėjo šias mintis vietinių galvose, po įvykio klausinėdami apie sieringas dujas.

Dvi stovyklos galiausiai pasidalijo pagal šalis: prancūzų, italų ir šveicarų mokslininkai palaikė ugnikalnio išsiveržimo teoriją, o amerikiečių, vokiečių ir japonų geologai – lėto dujų kaupimosi teoriją. Vienas stebėtojas apgailestavo, kad „nespecialistai gali nuspręsti, tik kuri vėliava jiems labiau patinka“. (Turiu pažymėti, kad šiandien dauguma specialistų palaiko lėto dujų susikaupimo scenarijų, tačiau esu amerikietis, todėl turbūt ir turėčiau taip sakyti...)

Dėl šių kivirčių ne tik patys mokslininkai atrodo smulkmeniškai, bet ir gali kilti pavojus regiono saugumui ateityje. Jei įvyktų dar vienas išsiveržimas, kaimai aplink Nioso ežerą pasmerkti pakartotinei katastrofai, nes mokslininkai negali nei numatyti išsiveržimų, nei užkirsti jiems kelio. Tačiau jie galėtų užkirsti kelią lėtam anglies dioksido kaupimuisi, ypač jei didesniai dujų kiekiui susikaupti prireikia daugelio metų.

Galbūt dėl šios priežasties (ji bent jau teikia vilties) Kamerūno gyventojai palaiko lėto dujų kaupimosi teoriją ir paskutinius dvidešimt metų bando „sutramdyti“ savo sprogyjį ežerą. Iš pradžių vyriausybė svarstė įvairius būdus, kaip tą padaryti, įskaitant galimybę numesti į ežerą bombą. Galiausiai nuspręsta sukonstruoti plaustus ir į ežero dugną nuleisti

203 metrų ilgio polietileno vamzdį, skirtą kontroliuojamam dujų išmetimui. Tie išmetimai ištis įspūdingi – kartkartėmis į viršų šauna vandens stulpas, siekiantis pusšimtį metrų. Tačiau niekas nežino, ar iš to bus kokios nors naudos. Be to, makalavimasis po ežero dugną net gali paskatinti kitą išsiveržimą. Dar ir šiandien mokslininkai įspėja lankytojus brendant į ežerą pernelyg nesitaškyti, kad nesujudintų ko nors negero.*

Išgyvenusieji šen bei ten vis dar pastebi 1986-ųjų nelaimės požymių. Ežero vanduo maitina kelis netoliese trykštančius šaltinius ir vietos gyventojai kartkartėmis randa prie jų nudvėsusią pelę ar vanagą – uždusčius nuo staigaus anglies dioksido pliūpsnio. Daugelis vietinių taip pat kalba, kad palei ežero krantus vis dar vaidenasi žuvusiųjų vėlės. „Kartais girdėti, kaip jie kalba“, – tvirtino vienas vyras.

Apie ką kalba vaiduokliai, jis vis dėlto nepasakė. Tačiau jų mirtys ir tos baisios rugpjūčio nakties prisiminimai ištis liudija kai ką svarbaus ir primena, už ką visi turėtume būti dėkingi. Ta naktis leido trumpai pamatyti, kokia kažkada buvo Žemė – vieta, kurioje nuolat sproginėjo milžiniški nuodingų dujų burbulai, klaidžioję aplink kaip antgamtiniai siaubūnai. Nioso katastrofa labiausiai turėtų priminti, kaip mums pasisekė, kad mūsų planetoje baigėsi Hadėjaus eonas.

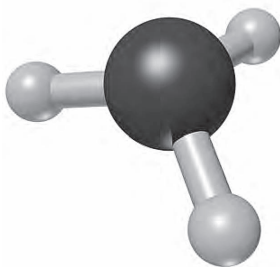
Taigi kaip atkeliavome iš anų laikų į šiuos? Kaip nuodingas oras virto malonia atmosfera, kuria kvėpuojame? Atsakymas susideda iš kelių dalių, bet didele dalimi priklauso nuo kitų Žemės istorijai svarbių dujų – azoto.

ANTRAS SKYRIUS

PIKTOJI ORO DVASIA



Azotas (N_2) šiuo metu sudaro 78 proc. atmosferos oro (780 000 dalelių iš milijono), o mes su kiekvienu atodūsiu į plaučius įtraukiame devynis sekstilijonus šių dujų molekulių.



Amoniako (NH_3) koncentracija ore dabar yra 0,00001 dalelės iš milijono, tad kaskart įkvėpus į mūsų vidų patenka 100 milijardų jo molekulių.

Keletą šimtų milijonų metų po savo gimimo Žemė buvo gana nesveatinga planeta. Net jeigu tada jums būtų pavykę rasti vietą, kurioje nesvyla kulnai, kvėpuoti iš ugnikalnių gelmių išspjautomis dujomis būtų buvę tiesiog neįmanoma. Visgi nors trumpuoju laikotarpiu ugnikalniai spjaudėsi nuodais, skleisdami dujas, kuriose gausu azoto, galiausiai jie suformavo mūsų atmosferą.

93 proc. žmogaus kūno svorio sudaro trys elementai: deguonis, vandenilis ir anglis. Panaši sudėtis būdinga ir kitoms gyvybės formoms. Be to, kad ląstelės galėtų tinkamai funkcionuoti, joms reikia dešimčių kitų cheminių elementų, netgi tokių egzotiškų kaip molibdenas. Kol gamtoje neįvyksta ko nors tikrai blogo, didžiąją šių cheminių elementų dalį gyvūnai ir augalai pernelyg nesivargindami gauna iš aplinkos.

Tačiau to negalima pasakyti apie azotą. Tai ketvirtasis gausiausias mūsų organizme aptinkamas cheminis elementas, sudarantis 3 procentus kūno svorio. Be to, azotas yra pagrindinė oro sudedamoji dalis – net keturios iš penkių įkvepiamų molekulių yra azoto molekulės. Atrodytų, kad pasiekti mūsų ląsteles šiam elementui visai paprasta. Vis dėlto toli gražu taip nėra. Nors atmosferoje azoto gausu, dauguma būtybių turi kovoti dėl kiekvieno jo atomo. Taip yra todėl, kad daugumos gyvų būtybių, įskaitant ir žmones, ląstelės negali įsisavinti dujinio azoto. Kad patektų į gyvą organizmą, azotas pirmiausia turi įgyti kitą formą. Per pirmuosius keletą milijardų Žemės istorijos metų gebėjimais įsisavinti azotą galėjo pasigirti vos keli ypatingi mikroorganizmai,

Tačiau XX a. pradžioje *homo sapiens* tapo pirmuoju nebakteriniu organizmu, prisijungusiu prie azotą gaminančio panteono. Už tai galima padėkoti dviem vyrams: abu jie buvo vokiečiai ir abu dirbo chemijos pramonėje. Dėl savo atradimų jie buvo laikomi nacionaliniais didvyriais ir gavo Nobelio premiją. Ir abu galiausiai buvo pasmerkti kaip tarptautiniai karo nusikaltėliai. Nors daugelis jų nekenė, būtent šie mokslininkai 7-ąją Mendelejevo lentelės cheminį elementą iš dangaus sugebėjo perkelti ir į mūsų kūnus. Oro istorijos tiesiog neįmanoma papasakoti neminint chemijos stebukladarių Frico Haberio (Fritz Haber) ir Karlo Bošo (Carl Bosch).

*

Jo sukurta oro alchemija prasidėjo nuo įžeidimo. Fricas Habers gimė 1868 m. vidurinės klasės Vokietijos žydų šeimoje. Nepaisant akivaizdžių



Chemikas Fricas Haberis –
vienas iš labiausiai Faustą
primenančių mokslo istorijos veikėjų.

gabumų mokslui, jaunystėje šis chemikas dirbo įvairiose pramonės srityse – dažų, alkoholio, celiuliozės ir melasos gamyboje, tačiau nė vienoje iš jų nenuveikė nieko įspūdingo. Taip buvo, kol 1905 m. viena Austrijos įmonė paprašė Haberio – kuris jau tada buvo pliktelėjęs ponas su ūsais ir pensnė – pasiūlyti naują amoniako dujų (NH_3) gamybos būdą.

Uždavinys atrodė visai nesudėtingas. Ore yra labai daug dujinio azoto (N_2), o vandenilį (H_2) galima gauti elektros srove suskaidant vandens molekules. Taigi atrodė, kad norint susintetinti amoniaką pakanka sumaišyti ir pakaitinti šias dujas: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$. Ir *voilà* – turime rezultatą. Visgi pasirodė, kad šis uždavinys savo sudėtingumu nenusileidžia užduočių kamuoliui, aprašytam garsiaame romane „22-oji išlyga“ („Catch-22“). Norint suskaidyti azoto molekules į atomus, kad šie galėtų reaguoti, reikia nepaprastai daug šilumos, tačiau šiluma skaido reakcijos produktą – nestabilias amoniako molekules. Haberis ištisus mėnesius bandė išsiveržti iš šio už-

burto rato, kol galiausiai paskelbė ataskaitą, kad bandyti gauti amoniaką iš azoto dujų nėra prasmės.

Ši ataskaita tikriausiai būtų nugrimzdusi į nebūtį (juk už neigiamus rezultatus niekas neapdovanoja), jei ne apkūnus chemikas Valteris Nernstas (Walther Nernst). Nernstas jau turėjo viską, ko Haberis dar tik siekė. Jis dirbo Berlyne – pačioje Vokietijos širdyje – ir sukaupė nemažai turto išradęs naujo tipo elektros lempučių. Bet svarbiausia, Nernstas sulaukė akademinės bendruomenės pripažinimo atradęs naują gamtos dėsni – trečiąją termodinamikos dėsni. Nernsto darbai termodinamikos srityje leido chemikams padaryti tai, kas anksčiau atrodė neįmanoma – ištirti bet kokią reakciją (pavyzdžiui, azoto pavertimą amoniaku) ir įvertinti išėigą esant skirtingoms temperatūros ir slėgio vertėms. Tai buvo svarbus žingsnis pirmyn, nes dabar chemikai be ilgų klaidžiojimų tamsoje galėjo numatyti optimalias reakcijos sąlygas.

Visgi prognozes reikėjo patvirtinti laboratorinėmis sąlygomis – tada ir kilo konfliktas. Išnagrinėjęs Haberio ataskaitoje pateiktus duomenis Nernstas pareiškė, kad nurodyta amoniako išėiga neįmanoma, nes ji net 50 proc. viršijo jo prognozes.

Tai išgirdęs Haberis įsiuto. Jis apskritai buvo karštakošis, turėjo silpną širdį ir greitai susierzindavo. O čia Nernstas pasikėsino į vienintelę jo stiprybę – gero eksperimentatoriaus reputaciją. Taigi Haberis kruopščiai pakartoto eksperimentus ir paskelbė naujus duomenis, geriau atitinkančius Nernsto prognozes. Vis dėlto skaičiai tebebuvo gerokai didesni, taigi 1907 m. gegužės mėn., susidūręs su Haberių konferencijoje, Nernstas išbarė jaunesnįjį kolegą visų susirinkusiųjų akivaizdoje.

Tiesą sakant, tai buvo beprasmis ginčas – abu mokslininkai sutarė, kad pramoniniu būdu pagaminti amoniako iš azoto neįmanoma, tik skirtingai vertino „neįmanomumo“ laipsnį. Tačiau Nernstas buvo smulkmenišką žmogus, o ambicingasis Haberis nebuvo linkęs pro ausis praleisti įžeidimų. Tad nepaisydamas visko, ką buvo sakęs anksčiau, Haberis nusprendė įrodyti, kad pagaminti amoniaką iš azoto dujų vis dėlto įmanoma. Jeigu jam tai pavyktų, jis ne tik nušluostytų riebią Nernsto nosį, bet ir galėtų patentuoti atradimą bei praturtėti. O svarbiausia, toks atradimas padarytų Haberį nacionaliniu Vokietijos didvyriu, nes jis galėtų duoti šaliai tai, ko jai trūko norint tapti pasauline galybe – galimybę apsirūpinti trąšomis.

Amoniakas – tai trąšų gamybos pagrindas. Šis junginys svarbus ne tik todėl, kad jo sudėtyje yra azoto, bet ir dėl to, jog šią azoto formą gali įsisavinti augalai. Norint suprasti skirtumą, reikia šiek tiek išmanyti ryšius, sujungiančius ir išlaikančius atomus molekulėse. Daugumoje molekulių atomai sujungti viengubais ($X-Y$) arba dvigubais ($X=Y$) ryšiais, tačiau dujinio azoto molekulių atomus jungia net trigubas ryšys ($N\equiv N$) – vienas iš pačių stipriausių ir sunkiausiai nutraukiamų ryšių gamtoje. (Pavyzdžiui, norint sutraukti visus trigubus vienos uncijos azoto atomų ryšius, reikėtų tiek energijos, kad jos pakaktų pakelti ~450 tonų svarmenį 40 cm nuo grindų.) Šių ryšių tvirtumas paaiškina dar ir tai, kodėl azotas vyrauja dabartinėje atmosferoje.

Kaip jau minėta ankstesniame skyriuje, išsiveržiant ugnikalniams azoto išsiskiria mažiau negu kitų dujų. Visgi daugelis vulkaninių dujų ilgai išnyksta, nes sureaguoja vienos su kitomis arba yra suskaidomos ultravioletinių spindulių. To negalima pasakyti apie azotą – triguba atomų jungtis padeda išlaikyti sveikas šių dujų molekules. Taip nedideli azoto kiekiai, patenkantys į aplinką per kiekvieną ugnikalnio išsiveržimą, laikui bėgant kaupiasi (be to, dar daugiau N_2 susidaro skylant ugnikalnių dūmuose esančiam amoniakui). Kitaip tariant, azotui įsivyrauti atmosferoje pavyko todėl, kad jis „pergyveno“ visus kitus išsiveržusių ugnikalnių išspjautus junginius.*

Galiausiai dėl to Žemės atmosfera vėl pasikeitė. Ar atmenate, kad antrąją Žemės atmosferą sudarė nuodingos vulkaninės dujos? Tačiau maždaug prieš du milijardus metų didžioji dalis šių dujų suskilo, ir susikaupe pakankamai azoto, kad atmosferą būtų galima laikyti nauja (trečiąja atmosfera, jeigu jums patinka skaičiai). Ši naujoji azoto prisotinta atmosfera buvo daug ramesnė už savo pirmtakę – tai buvo svarbus gyvybės atsiradimo veiksnys, nes azotas, ne taip, kaip daugelis kitų dujų, nepuola biologinių molekulių.

Mes gyvename dujinio azoto jūros dugne – tai reiškia, kad mūsų pečius nuolat slegia kelias tonas sveriantis azoto stulpas, kylantis nuo žemės paviršiaus iki kosmoso. Deja, mes niekaip negalime jo panaudoti. Tokią padėtį galima palyginti su mirtimi nuo troškulio viduryje vandenyno. Tam tikra prasme atmosferos azotas pernelyg ramus ir pasyvus. Mūsų organizmui šio elemento reikia gana nemažai. Kiekvieno jūsų kūne esančio

baltymo struktūroje yra azoto atomų grandinė, kelis tokius atomus galima rasti ir kiekvienoje iš jūsų 3 mlrd. DNR bazių bei kiekvienoje iš 30 trilijonų organizmo ląstelių. Visgi kai ateina laikas papildyti mūsų ląstelių azoto atsargas, pasirodo, kad dėl trigubo N_2 molekulės ryšio to padaryti neįmanoma. Žiauri ironija.

Tad kaip atmosferos azotas patenka į mūsų kūnus? Kad tai įvyktų, kažkokia jėga turi jį „užfiksuoti“ – sutraukti trigubą ryšį ir konvertuoti azotą į aktyvesnę formą. Šiek tiek azoto fiksuojama žaibuojant – taip ore susidaro azoto ir deguonies junginiai. Vis dėlto azoto molekulės labiausiai skaido bakterijos, turinčios specialų fermentą, vadinamą nitrogenaze.

Fermentai yra biologinės struktūros, padedančios vykdyti neįprastoms reakcijoms. Pavyzdžiui, nitrogenazės molekulės „veiklioji dalis“ sudaryta iš geležies, sieros ir netgi molibdeno atomų. Šie elementai, lyg kokie gyvybės nasrai, „perkanda“ trigubą azoto atomų jungtį. Vykstant minėtam procesui sunaudojama nepaprastai daug energijos ir susidaro šalutinių nuostolių – nutraukiant kiekvieną trigubą jungtį sunaudojama net 16 vandens molekulių. Visgi galiausiai nitrogenazė pertraukia $N \equiv N$ jungtį, ir kol azotas vėl nesukimba į molekules, fermentas prie kai kurių azoto atomų prikabina vandenilio atomus. Galiausiai (pagaliau!) susidaro amoniakas, kurio atomus jungia tik viengubi ryšiai, todėl jį lengva panaudoti baltyams arba DNR.

Azotą fiksuojančios bakterijos gyvena kai kurių augalų šaknyse ir mainais į amoniaką gauna kitų maistinių medžiagų – tai simbiozė pačia geriausia šio žodžio prasme. Kiti azotą fiksuojantys organizmai dirvožemyje veikia savarankiškai, tačiau augalai gali naudotis jų veiklos rezultatais. Maitindamiesi šiais augalais arba jų liekanomis azoto gauna žolėdžiai gyvūnai ir grybai. Panašiai azotu apsirūpina ir mitybos piramidės viršūnėje esantys plėšrūnai – jie ėda žolėdžius gyvūnus, kurie maitinasi augalais. Netgi mėšėdžiai augalai, tokie kaip jautrusis musėkautas (*venus flytrap*), vabzdžius gaudo daugiausia tam, kad apsirūpintų azotu. Kitaip tariant, praktiškai visą gyvuose organizmuose esantį azotą pirmiausia perdirbo azotą fiksuojančios bakterijos. Be jų Žemėje nebūtų nė vieno augalo ar gyvūno. Nė vieno. Kalbant apie daugumą ekosistemų, būtent nuo azoto kiekio dirvožemyje priklauso, kiek daugiausia gyvų organizmų gali išlaikyti konkreti ekosistema.

Vis dėlto ūkininkai per tūkstantmečius atrado keletą gudrybių, padedančių išplėsti šią ribą. Jie ėmė auginti ankštinius augalus, tokius kaip sojos pupelės, ant kurių šaknų gausu nitrogenazės turinčių bakterijų. Be to, dirvą ūkininkai pradėjo tręšti šlapalu ir mėšlu, kuriuose taip pat yra fiksuoto azoto. Kai kurios išmintingos tautos mėšlo veiksmingumą dar labiau padidino kompostuodamos jį su krauju ar kitomis pūvančiomis medžiagomis. Šios komposto krūvos priminė milžiniškus juodos duonos kepalus ir skleidė šilumą, o ūkininkai iš aštraus kvapo suprasdavo, kada mišinį galima naudoti trąšoms.

Visgi problema ta, kad gyvulių išmatų kiekis ribotas, taigi XIX a. pradžioje daugelis išsivysčiusių pramoninių valstybių azoto poreikius turėjo tenkinti už savo sienų. Didžioji Britanija išnaudojo Indiją, kurioje neturtingi žemiausioms kastoms priklausantys darbininkai kojomis minkė karvių mėšlą ir šlapimą, ruošdami šias trąšas eksportui. Kitos Europos šalys pradėjo aktyviai naudoti guaną (paukščių mėšlą), kurį kasdavo po Žemės planetą išsibarsčiusiose salose. Prekyba guanu buvo tokia pelninga, kad viename salyne – netoli Peru esančiose Činčos salose* – dėl paukščių išmatų krūvų tarp kelių valstybių kilo pats tikriausias karas. Guanas paskatino ir JAV įsitraukti į kolonizavimo procesą. 1856 m. Kongresas priėmė Guano salų įstatymą, pagal kurį kiekvienas JAV pilietis gali užimti bet kokią negyvenamą salą, esančią bet kur Žemės planetoje, jeigu joje būtų aptiktos nors negausios guano atsargos. Šis įstatymas suteikė JAV teisinį pagrindą reikšti pretenzijas į beveik šimtą Karibų jūros ir Ramiojo vandenyno salelių. Daugiausia tai buvo Dievo pamirštos uolos, neturėjusios jokios vertės. Tačiau kai kurios jų, pavyzdžiui, Džonsono ir Midvėjaus atolai, per Antrąjį pasaulinį karą tapo svarbiomis karinėmis bazėmis. Galbūt sąjungininkai taip ir nebūtų sugebėję įveikti Japonijos Ramiajame vandenyne, jeigu JAV prieš šimtmetį nebūtų pradėjusios godžiai ieškoti guano.*

O štai Vokietija tokių gerų guano šaltinių neturėjo. Ne taip, kaip daugelis „pusseserių“ Europoje, Vokietija tik visai neseniai buvo įveikusi vidinę nesantaiką ir tapusi vieninga valstybe (Haberis tada buvo dar vaikas). Dėl to ši šalis neturėjo didelių kolonijų Azijoje arba Amerikoje – jai priklausė visai nedaug pigaus guano lopinėlių. Problemą dar labiau didino tai, kad pačios Vokietijos žemė buvo nederlinga, ir ją būtinai reikėjo tręšti azotu. Taigi XX a. pradžioje Vokietija kasmet importuodavo 900 000 tonų azoto trąšų.

Nors Vokietijos žemė ir nenešė gausių vaisių, galbūt šioje šalyje tekėjo stebuklingo vandens šaltiniai, nes čia išaugo ne vienas genialus mokslininkas. Dar 1840 m. Vokietijos chemikai iškėlė radikalią mintį – sukurti dirbtines azoto trąšas. Turėjo praeiti net keli dešimtmečiai, kol žmonės rimtai apie tai susimąstė – juk iki tol kur kas paprasčiau buvo naudoti pigų Pietų Amerikos guaną. Paskutiniame XIX a. dešimtmetyje trąšų pramonę ištiko krizė, nes guano atsargos Činčos salose ir kitur beveik išseko. Pasirodė, kad tik mokslas gali padėti žmonijai išvengti masinio bado. Dabar galime ir vėl prisiminti Fricą Haberį – talentingą ir ambicingą žmogų, kuris ne kartą peržengė bet kokias padorumo ribas.

Pažemintas Nernsto, Haberis sugebėjo gauti Vokietijos chemijos produktų bendrovės BASF dotaciją, skirtą ištirti keletą galimų azoto fiksavimo technologijų. Viena iš jų buvo „žaibas butelyje“ – elektros išlydis oro talpyklose, turėjęs sujungti azotą su deguonimi. Visgi Haberis sutelkė dėmesį į savo senąją idėją – sujungti azotą ir vandenilį. Iš dalies tai lėmė jo atrastas naujas metodus, kuriam buvo pasitelktas didelis slėgis.

Atminkime, kad dujų reakcijas spartina ir aukšta temperatūra, ir didelis slėgis, tiesą sakant, būtent temperatūra ir atspindi molekulių judėjimo greitį. Kuo šis greitis didesnis, tuo lengviau molekulės suskyla ir vėl susijungia, taigi lengviau atlikti įvairias chemines reakcijas. Haberis taip pat žinojo, kad padidinus temperatūrą amoniakas suskyla, taigi galutinė produkto išeiga nepadidėja. Dėl šios priežasties mokslininkas sutelkė dėmesį į slėgį. Didinant slėgį molekulės priartėja viena prie kitos, taigi turi daugiau galimybių sąveikauti ir keistis atomais.

Norėdamas pasiekti reikiamą slėgį, Haberis pagamino ~75 cm aukščio kvarcinius mėgintuvėlius, kuriuos sustiprino geležiniu karkasu. Tai leido jam keliais šimtais laipsnių sumažinti reakcijos temperatūrą ir išsaugoti daugiau amoniako.

Tiesa, keli chemikai jau anksčiau bandė padidinti azoto ir vandenilio mišinio slėgį – vienas tam net naudojo perdarytą dviračio pompą, bet tokia įranga toli gražu neprilygo tam, ką pasiūlė Haberis – šimtus kartų didesnę už atmosferos slėgį, galintį sutraiškyti net šiuolaikinius povandeninius laivus.

Reguliuodamas temperatūrą ir slėgį Haberis nepamiršo dar vieno svarbaus veiksnio – katalizatorių. Katalizatoriai pagreitina reakcijas, tačiau

patys jose nedalyvauja ir nesikeičia – kaip pavyzdį galima paminėti jūsų automobilio duslintuve esančią platiną, kuri padeda skaidyti teršalus. Haberis žinojo du metalus, kurie skatina azoto ir vandenilio reakciją – manganą ir nikelį. Visgi problema buvo ta, kad šie katalizatoriai veikė tik aukštesnėje negu maždaug 700 °C temperatūroje, kuri naikina amoniaką. Taigi jis ėmė ieškoti kitų katalizatorių, leisdamas azoto dujas per dešimtis skirtingų metalų ir žiūrėdamas, kas nutiks. Galiausiai Haberis išbandė 76-ą Mendelejevo lentelės elementą osmį – trapų metalą, kuris kadaise buvo naudojamas elektros lemputėms gaminti. Šis katalizatorius leido sumažinti temperatūrą iki maždaug 600 °C, tad amoniakas galėjo išlikti ilgiau.

Taikydamas nelemtas Nernsto lygtis, Haberis apskaičiavo, kad osmis, naudojamas kartu su dideliu slėgiu atspariais mėgintuvėliais, gali padidinti amoniako išeigą iki 8 procentų – tai jau buvo priimtinas rezultatas. Tačiau norėdamas įrodyti savo pergalę prieš Nernstą Haberis turėjo patvirtinti šiuos skaičius laboratorijoje. Galiausiai 1909 m. liepą – po kelerius metus trukusių skrandžio skausmų, nemigos ir pažeminimų – Haberis ant laboratorijos stalo nuosekliai sujungė kelis kvarco mėgintuvėlius. Po to atvėrė kelis didelio slėgio vožtuvus ir leido azotui (N_2) bei vandeniliui (H_2) susimaišyti, nerimastingai stebėdamas kitame sąrankos gale įtaisytą išleidimo antgalį.

Praėjo šiek tiek laiko – net ir dalyvaujant katalizatoriui osmiui azoto molekulių jungtys trūkinėjo nenoriai. Bet pagaliau, pagaliau... iš antgalio pasirodė keli pieniškai balti amoniako lašai. Haberis iš džiaugsmo pasileido koridoriais šaukdamas: „Tik pažiūrėkite! Ateikite ir pažiūrėkite!“ Bandy-mo pabaigoje pavyko surinkti ketvirtį arbatinio šaukštelio amoniako.

Bet vėliau pasipylė tikras fontanas – puodelį amoniako pavykdavo pagaminti kas dvi valandas. Net tokia kukli išeiga įtikino BASF įsigyti šią technologiją ir paspartinti jos įgyvendinimą. Norėdamas atšvęsti pergalę, Haberis bendradarbiams surengė įspūdingą vakarėlį. „Jam pasibaigus, – vėliau atsiminė vienas asistentas, – namo galėjome eiti tik tiesia linija, sekdami tramvajų bėgiais.“

*

Haberio atradimas tapo istoriniu lūžio tašku, kurį galima prilyginti pirmajam žmogaus sukurtam drėkinimo kanalui arba supratimui, kaip paversti

rūdą geležiniais įrankiais. Tada buvo sakoma, kad Haberis patį orą pavertė duona.

Visgi Haberio sėkmė buvo tik teorinė – jis įrodė, kad iš azoto dujų įmanoma pagaminti amoniako (taigi ir trąšų), tačiau jo sukurto aparato išeiga buvo tokia maža, jog amoniako vargu ar būtų pakakę patręšti lysvei pomidorų, o ne pamaitinti tokią šalį kaip Vokietija. Norint pakeisti Haberio procesą taip, kad būtų galima pagaminti šimtus tonų amoniako, reikėjo kitos srities genijaus – žmogaus, gebančio perspektyvias idėjas įgyvendinti praktiškai. Dauguma bendrovės BASF vadovų nebuvo genijai. Amoniakas jiems buvo tik dar viena cheminė medžiaga – ir dar vienas galimas pelno šaltinis. Vis dėlto trisdešimt penkerių metų inžinierius, vadovavęs naujam amoniako gamybos skyriui, Karlas Bošas, sugebėjo pažvelgti plačiau. Amoniaką jis laikė svarbiausiu (ir pelningiausiu) naujojo amžiaus cheminiu junginiu, galinčiu sukelti maisto gamybos revoliuciją visame pasaulyje. Kaip ir dauguma svarbių vizijų, ši idėja tuo pačiu metu buvo ir įkvepianti, ir gan nuobodi.

Bošas nusprendė daugybę antrinių amoniako gamybos problemų spręsti vieną po kitos. Viena iš jų buvo galimybė gauti pakankamai gryno azoto, nes įprastame ore dar yra deguonies ir kitų „priemaišų“. Šiuo klausimu pagalbos Bošas kreipėsi į gana netikėtą vietą – alaus daryklą „Guinness“, kurioje prieš 15 metų buvo sukurti galingiausi žemėje šaldymo įrenginiai. Jie buvo tokie galingi, kad gebėjo suskystinti orą (pakankamai atšaldytos orą sudarančios dujos, kaip ir bet kokia kita dujinė medžiaga, suskystėja). Visgi šiuo atveju Bošą labiau domino atvirkštinis procesas – skysto oro išgarinimas. Suskystintą orą sudaro daugybė skirtingų medžiagų, kurių kiekviena užverda vis kitoje temperatūroje. Skystas azotas dujomis vėl tampa esant $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tai reiškė, kad Bošui reikėjo naudojantis „Guinness“ šaldytuvu tiesiog suskystinti orą, o po to pašildyti gautą skysčių mišinį iki maždaug $-195,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ir surinkti azoto garus. Jeigu šiandien jūsų žvilgsnis užklius už trąšų maišo, prisiminkite bendrovę „Guinness“.

Antroji problema buvo susijusi su katalizatoriumi. Nors laboratorijos sąlygomis osmis veiksmingai skatino reakciją, jis netiko naudoti pramonėje – šis elementas buvo retesnis ir brangesnis už auksą, tad jeigu įmonė būtų įsigijusi pramoninei amoniako gamybai reikalingą osmio kiekį, ji būtų tiesiog bankrutavusi. Bošui reikėjo pigaus pakaitalo, tad jis vieną po



Chemikas Karlas Bošas,
amoniao gamybos iš azoto pradininkas.

kito bandė visus cheminių elementų lentelėje esančius metalus. Jo vadovaujama tyrėjų grupė atliko apie dvidešimt tūkstančių bandymų, kol galiausiai pasirinko aliuminio oksidą ir su geležimi sumaišytą kalcį. Mokslininkas Haberis atrado geriausią atskirą katalizatorių, o inžinierius Bošas pasirinko mišinį.

Visgi gryno azoto išskyrimas ir gerai parinktas katalizatorius nebūtų nieko pakeitę, jeigu Bošas nebūtų sugebėjęs įveikti didžiausios kliūties – užtikrinti didelį slėgį. Kartą vienas universiteto profesorius man pasakė, kad tobula eksperimento įranga turėtų sugesti gavus paskutinius eksperimento rezultatus – tada nereiks gaišti laiko jos priežiūrai (tipiško mokslininko požiūris). Kita vertus, Bošo įranga turėjo ilgus mėnesius nepriekaištingai veikti tokioje temperatūroje, kurioje lydosi geležis, o joje palaikomas slėgis turėjo net dvidešimt kartų viršyti garo slėgį garvežyje. Pirmą kartą

išgirdę šiuos skaičius BASF vadovai tiesiog neteko amo. Vienas jų papasakojo, kad visai neseniai jo skyriuje sprogo krosnis, kurioje slėgis buvo vos septynis kartus didesnis už atmosferos slėgį (amoniako gamybai buvo siūloma palaikyti trisdešimt kartų didesnę slėgį). Tad kaip Bošas galės sukurti talpyklas, pajėgias atlaikyti tokią apkrovą? Bošas atsakė nesirengiantis daryti to pats.

Pagalbos jis kreipėsi į bendrovę „Krupp“ – legendinę patrankų ir kitos artilerijos gamintoją. Susidomėję šiuo uždaviniu „Krupp“ inžinieriai netrukus sukūrė „Didžiosios Bertos“ ekvivalentą chemijos pramonei. Tai buvo kelios maždaug 2,5 metro aukščio plieninės talpyklos 2,5 cm storio sienelėmis. Norėdamas dar geriau apsaugoti įrangą nuo sprogimų, Bošas šias talpyklas įbetonavo. Pasirodė, kad tai buvo geras sprendimas, nes pirmoji talpykla sprogo vos po trijų dienų bandymų. Bet, pasak vieno istoriko, „nebuvo galima leisti, kad dėl kažkokio šrapnelio (rutulinių kulų pripildyto sviedinio) sustotų visas darbas“. Taigi Bošo bendradarbiai dar labiau sustiprino talpyklas, padengdami jas chemine danga, kuri saugojo paviršių nuo karštų dujų sukeltos korozijos, o vėliau sugalvojo naujus vožtuvus, siurblius ir sandariklius, pajėgius atlaikyti tokį milžinišką slėgį.

Bošas ne tik pritaikė minėtas naujas technologijas, bet ir padėjo įtvirtinti naują požiūrį į mokslą. Tradicinį mokslą visada vedė pirmyn atskiri specialistai ar nedidelės tyrėjų grupės, vienaip ar kitaip prisidedantys prie bendro proceso. Bošas laikėsi „konvejerio principo“, lygiagrečiai sprendamas dešimtis mažų uždavinių – po trijų dešimtmečių panašiai bus vykdomas „Manhatano projektas“. Vėlgi, panašiai kaip vykdant „Manhatano projektą“, Bošas rezultatus pasiekė stebėtinai greitai ir tokiu mastu, kokį daugelis mokslininkų laikė neįmanomu. Praėjus vos keleriems metams po to, kai iš Haberio sistemos išlašėjo pirmasis amoniakas, BASF amoniako padalinys netoli Opau miesto pastatė vieną didžiausių pasaulyje chemijos gamyklų. Gamyklos teritorijoje buvo nutiestas kelių kilometrų ilgio vamzdynas ir laidai, o suslėgtųjų dujų įranga dydžiu prilygo vasarnamiui. Per vieną geležinkelio mazgą į gamyklą buvo tiekiamos žaliavos, o antrasis buvo skirtas pervežti dešimt tūkstančių jos darbuotojų. Visgi nuostabiausias dalykas buvo tas, kad Opau gamykla veikė ir gamino amoniaką beveik tokiu greičiu, kokį prognozavo Bošas. Po kelių metų amoniako gamyba padvigubėjo, o vėliau padvigubėjo dar kartą. Pajamos augo dar greičiau.

Nepaisant šios sėkmės, įpusėjus XX a. antrajam dešimtmečiui Bošas nusprendė, kad gamybos mastai per maži, ir pastūmėjo BASF atidaryti dar didesnę ir ekstravagantiškesnę gamyklą netoli Loinos miesto. Šis sprendimas reiškė dar daugiau plieninių talpyklų, daugiau darbuotojų, daugiau kilometrų vamzdžių ir laidų, na, ir didesnę pelną. 1920 m. Loinos gamykla buvo apie 3 km pločio ir 1,5 km ilgio – pasak vieno istoriko, tai buvo „miesto dydžio mašina“.

Opau ir Loinos miestuose pastatytos gamyklos padarė pradžią moderniai trąšų pramonei, kurios vystymosi tempai iš esmės nelėtėja iki šiol. Netgi šiandien, praėjus šimtmečiui, Haberio ir Bošo procesui tenka 1 proc. viso pasaulio energijos. Žmonija kasmet sunaudoja apie 175 mln. tonų amonio trąšų, kurios padeda pagaminti pusę maisto produktų pasaulyje. Pusę! Kitaip tariant, be Haberio ir Bošo šiandien Žemėje gyventų perpus mažiau žmonių – vos 3,6 milijardo. O dar kitaip tariant, jei nebūtų buvę išdidžiojo genijaus Haberio ir godaus praktiko Bošo, išnyktų pusė kiekvieno žmogaus kūno ir kas antras mūsų DNR ir baltymų atomas beprasmiškai tvyrotų ore.

*

Būtų puiku, jei Haberio ir Bošo istorija čia ir baigtųsi – nuostabus pasakojimas apie du vokiečių chemikus, sugebėjusius pamaitinti pusę žmonijos. Deja, pasididžiavimas ir ambicijos suteršė jų triumfą.

Amoniako gamyba atnešė Haberiu turtus. Užpatentavęs savo atradimus, jis gaudavo po kelis centus už kiekvieną amoniako kilogramą, o BASF gamybos apimtys netrukus pasiekė dešimtis tūkstančių tonų per metus. Pardavęs teises į savo atradimą Haberis apleido azoto tyrimus. Vietoj to 1911 m. jis pradėjo eiti svarbias vadovaujančias pareigas Kaizerio Vilhelmo institute Berlyne. Būdamas instituto direktorius mokslininkas galėjo bendrauti su politikais ir karališkosios šeimos nariais, ir tai glostė Haberio savimeilę. Chemikas netgi padėjo Berlyne įsidarbinti Albertui Einšteinui, ir, nepaisant visiškai priešingų politinių pažiūrų (Haberis buvo konservatorius, o Einšteinas – liberalas), vyrai netrukus tapo gerais draugais. Einšteinui kažkaip pavyko atverti gerąją Haberio asmenybės pusę. Kai nutrūko pirmoji Einšteino santuoka ir žmona jį paliko, pasiėmusi du mažamečius berniukus, būtent Haberis visą naktį guodė raudantį Einšteiną.

Galbūt Haberiui užjausti garsųjį fiziką buvo lengviau dar ir todėl, kad jo paties santuoka nebuvo rožėmis klota. Haberis ir jo žmona Klara (Clara) susipažino studijuodami chemiją – jam buvo aštuoniolika, o jai – vos penkiolika metų. Visgi pasipiršo Haberis praėjus penkiolikai metų, pakvietęs Klarą į chemijos konferenciją tik tam, kad ją pamatyti. Nors pradžia buvo romantiška, jų santuokinis gyvenimas buvo nelengvas, nes Klara nenorėjo persikelti į Berlyną. Be to, vyras ir žmona vis labiau nesutardavo dėl tolydžio augančio Haberio pasipūtimo. Nuo mažens jis jautėsi esąs pranašesnis už kitus (*über alles*), o pradėjęs eiti naujas pareigas, kurios atvėrė duris į kaizerio rūmus, Haberį tiesiog apsėdo didybės manija. Kartą kolega pastebėjo, kaip Haberis savo kabinete mokėsi nusilenkti vildamasis, kad galbūt kaizeris vieną dieną pakvies jį priešpiečių. Pajutęs, kad yra stebimas, Haberis nevikriai pasisuko ir sudaužė vazą.

Prasidėjus Pirmajam pasauliniam karui, Haberis institutą pavertė tikru kariniu avanpostu. Tiesa, reikėtų paminėti, kad privačiuose pokalbiuose chemikas karą vadino beprasmiu, o kariuomenės vadus – buka galvais, tačiau taip pat buvo įsitikinęs, kad laimėtas karas išaukštins Vokietiją. Taigi jis įstojo į armiją, pradėjo skustis galvą ir darbe vilkėdavo karinę uniformą. Institutą Haberis aptvėrė spygliuota viela, o mokslinius tyrimus nukreipė į karinius tikslus. Vieno tokio tyrimo uždavinys buvo sukurti benziną, kuris neužšaltų Rusijos žiemomis. Kitas projektas buvo pritaikyti amoniako gavybos procesą sprogmenims gaminti. O vykdant trečią ir patį baisiausią projektą, nelengvai įgytos Haberio žinios buvo panaudotos naujo tipo ginklui kurti.

Nors cheminis ginklas buvo žinomas jau kelis tūkstantmečius – senovės graikai „išrūkydavo“ vieni kitus iš miestų valstybių sieros dūmais, dujų atakos veiksmingumu gerokai nusileido kitiems kovos būdams, pavyzdžiui, pilamam verdančiam aliejui. Pirmaisiais Pirmojo pasaulinio karo mėnesiais Prancūzija ir Rusija bandė naudoti dujas prieš Vokietijos armiją, tačiau beveik visos atakos buvo nesėkmingos – prancūzų dujos beveik visada išsisklaidydavo dar vokiečiams nesupratus, kad jie „puolami“, o rusiškos dujos suskystėdavo ir kondensuodavosi ant žemės, nepadarydamos jokios žalos.

Net jeigu rusų ar prancūzų paleistos bromo dujos pasiekdavo tikslą, jos buvo ne ką kenksmingesnės už šiuolaikinės ašarines dujas. Tačiau Ha-

beris karui tikėjosi panaudoti kur kas baisesnės chloro dujas. Visi žinome, kad chloras yra valgomosios druskos sudedamoji dalis bei naudojamas dezinfekuoti baseinams, tačiau jis taip pat sudaro dviatomės dujas (Cl_2). Ne mažiau svarbu ir tai, kad Haberio laikais chloras buvo labai pigus. Taigi ne taip, kaip „ramus“ dviatomis azotas, chloro dujos kur kas agresyvesnės – atomus laiko tik viena jungtis, kuri lengvai nutrūksta, ir chloras ima atakuoti kitus atomus. Chloro dujos sunkesnės už deguonį ir azotą, todėl kaupiasi prie žemės, tad panaudotos kaip ginklas chloro dujos tekėtų į apkasus, o ne kiltų į orą.

Pradžioje prie šio Haberio kovinių dujų projekto dirbo vos dešimt chemikų – rodos, pajėgos buvo visai negausios, bet tarp bendradarbių buvo net trys būsimi Nobelio premijos laureatai. Net senasis Haberio konkurentas Nernstas norėjo padirbėti Vokietijos labui, tačiau Haberis jo nepriėmė, nenorėdamas su niekuo dalytis šlove.

Verta paminėti, kad kai kurie kolegos šiame darbe neišžvelgė nei garbės, nei šlovės – tarp jų buvo ir Haberio žmona. Klara irgi buvo chemikė (kol namų šeimininkės pareigos galutinai neužgožė jos karjeros), bet ji buvo įsitikinusi, kad cheminių medžiagų panaudojimas karui nedera su kilnia chemijos misija tarnauti žmonėms. Tiesa, taip mąstė tik ji, o kiti kolegos buvo nepatenkinti dėl pragmatiškų priežasčių. Nobelio premijos laureatas Emilis Fišeris (Emil Fischer) „iš visos savo patrioto širdies“ tikėjosi, kad Haberiu nepasiseks, tvirtindamas, jog priešingu atveju prancūzai ir britai taip pat gali griebtis cheminio ginklo.

Į tai Haberis atsakė, kad sąjungininkams niekada nepavyks to padaryti. Ir ne todėl, kad chloras būtų nepakankamai nuodingas. Chemikas manė, kad, nors ir toksiškas, chloras niekada nenužudys tiek priešų karių, kiek gali įveikti plienas. Jis tvirtino, jog cheminės atakos paskirtis įbauginti priešą – pamatę žalių dujų debesį kareiviai turėtų paniškai bėgti iš apkasų ir užleisti juos vokiečiams. Taip viena cheminio ginklo ataka gali padėti laimėti visą karą. Haberis buvo įsitikinęs, kad cheminis ginklas ilgainiui padės išgelbėti gyvybes.

Siekdamas šio „kilnaus“ tikslo, mokslininkas patyrė ne vieną nesėkmę. 1914 m. vienas prie šio projekto dirbęs kolega neteko rankos, o kitas žuvo sprogus mėgintuvėliui. Per laidotuves Haberis kaltino tik save, tačiau atsisakė sustabdyti tyrimus. Vėliau jis ir pats vos nežuvo bandydamas dujas



Pirmoji sėkminga dujų ataka Pirmajame pasauliniame kare, Ipro apylinkės, 1915 m. balandžio 22 d. (vaizdas iš oro).

lauko sąlygomis, kai nukreipė arklių į paveiktą zoną. Nepaisydamas šios patirties (o gal kaip tik dėl jos), Habermas nekantravo išbandyti chlorą tikrame mūšyje. Tokia galimybė pasitaikė 1915 m. Ipro rajone (dabartinėje Belgijoje) vykdant vadinamąją „dezinfekcijos“ operaciją.

Panašiai, kaip Bošas organizavo amoniako gamybą, Habermas suplanavo nepaprastai didelio masto dujų ataką – paruošė 5 730 talpyklų, kuriose buvo net 168 tonų chloro. Kiekviena talpykla buvo įkasta į žemę, paviršiuje kyšojo tik žarna. Dėl nepalankaus vėjo ataką teko atidėti net kelioms savaitėms, tačiau balandžio 22 d. (kai vokiečių generolai jau ėmė netekti kantrybės) pasitaikė proga ją išbandyti. Penktą valandą vakaro specialiai išmokyta komanda žengė pirmyn ir atsuko vožtuvus. Pasigirdo šnypštimas ir prancūzų bei kanadiečių karių link pajudėjo maždaug 15 metrų aukščio ir 6 km pločio žalias mirtį nešantis debesis.

Patekęs į šnerves chloras sukelia refleksą, kuris verčia sulaikyti kvėpavimą. Visgi po kurio laiko žmogus įkvepia, chloro atomai ima reaguoti su burnoje, gerklėje ir plaučiuose esančiu vandeniu, sudarydami druskos rūgštį (HCl) ir hipochlorinę rūgštį (HClO). Šios rūgštys pažeidžia plaučių kapiliarus ir sunaikina alveolių gleivinę – mažus maišelius, kurie sugeria deguonį. Plaučiuose yra daugybė audinių, kuriuos gali paveikti dujos (bendrai žmogaus plaučių paviršiaus plotas prilimpa teniso aikštelės plotui),

o tada juose pradeda kauptis iš pažeistų kraujagyslių ir alveolių išsiskiriantis skystis. Šis skystis į plaučius neleidžia patekti deguoniui, ir su kiekviena akimirka kvėpuoti darosi vis sunkiau. Aukos kaip pakirstos krinta ant žemės.

Tą dieną Prancūzijos ir Kanados kariai iš pradžių labai nustebo – jie niekada nebuvo matę žalios miglos. Visgi po pirmojo vėjo gūsio nuostabą pakeitė siaubas. Arkliai šoko į užnugarį, jiems iš burnos veržėsi putos. Paskui juos klupdami leidosi bėgti pėstininkai, mesdami šautuvus ir net drabužius. Netrukus visa priekinė linija buvo nušluota, o apkasai ištuštėjo, kaip ir buvo numatęs Haberis. Vokietijos gėdai, chemikas neklydo ir kalbėdamas apie karo vadų kvailumą. Netikėdami, kad dujų ataka pavyks, vokiečių generolai neparuošė karių, kurie galėtų ją užbaigti. Nors pateikiami skirtingi aukų skaičiai, manoma, kad tą dieną žuvo keli tūkstančiai vyrų, bet Vokietija neužėmė nė lopinėlio žemės.

Visgi vokiečių generolams patiko tai, ką jie pamatė, ir po kelių dienų jie nurodė surengti kitą dujų ataką. Ši ataka taip pat neatnešė didelės pergalės, tačiau Haberio autoritetas išaugo, ir jam buvo pavesta surengti tokią ataką Rytų fronte kovojant su Rusija.

Vykdamas iš Prancūzijos į Rusijos frontą Haberis kelioms dienoms užsuko namo. Netrukus jis dėl to labai pasigailėjo – Klara pareikalavo, kad jos vyras liautųsi naudojęs dujas kariniams tikslams. Haberis atsisakė. Priešingai, jis sukvietė svečius ir surengė vakarėlį savo projekto sėkmei paminėti, panašiai, kaip ir pardavęs amoniako gamybos technologiją BASF.

Pradžioje Klara buvo su svečiais, tačiau kai jie išsivaikščiojo, liko viena. Haberis išgėrė migdomųjų ir veikiamas jų bei alkoholio kietai užmi-go. Tada Klara apsisprendė. Ji parašė keletą laiškų ir sutvarkė kai kuriuos dokumentus. Po to pasiėmė vyro karinį pistoletą ir išėjo į sodą. Prieš iššaudama sau į krūtinę, moteris atliko bandomąjį šūvį. Trylikametis jos ir Haberio sūnus Hermanas (Hermann) nubėgo prie motinos ir dar spėjo prieš mirtį su ja atsisveikinti. (Po daugelio metų Hermanas taip pat baigė savo gyvenimą savižudybe.)

Kitą rytą Haberis atvėrė jautriąją savo sielos dalį – jis rauduoja prie Klaros kūno ir atrodo visiškai palaužtas. Nors chemikas ir nebuvo geras sutuoktinis, jis vis dar brangino moterį, kurią įsimylėjo būdamas vos aštuoniolikos. Visgi patriotizmas padėjo užgniaužti šias emocijas, ir Haberis

išvyko į Rusiją net nesulaukęs žmonos laidotuvių. (1917 m. jis dar kartą vedė daug jaunesnę moterį, o vestuvių ceremonijos metu dėvėjo tropinį šalną.)

Kaip ir buvo prognozuota, Prancūzija ir Anglija netrukus taip pat sukūrė cheminį ginklą. Atsakydama į tai Haberio komanda, kurią karo pabaigoje jau sudarė pusanтро tūkstančio mokslininkų, ėmė naudoti dar nuodingesnes medžiagas, tokias kaip „garstyčių dujos“ ir fosgenas. Chloro kvapas primena baseiną, „garstyčių dujos“ kvepia krienuais, o fosgenas – nupjauta žole. Siekdamos išvengti naujų grėsmių, abi kovojančios pusės pradėjo naudoti dujokaukes (be to, kareiviai greitai suprato, kad gali pasišlapinti ant nosinės ir užspausti ją burną, nes šlapime esančios cheminės medžiagos neutralizuoja nuodingas dujas). Nors dujokaukės veiksmingai padėjo užkirsti kelią plaučių pažeidimams, jos neapsaugojo nuo baimės. Apkasuose esantiems kareiviams kiekvienas nežinomas kvapas, netgi gėlių aromatas pavasarį, galėjo reikšti naują ir blogesnę būdą numirti. Taigi Haberio sukurtos dujos ne tik nepaspartino karo pabaigos, bet netgi pablogino padėtį.*

*

Nepaisant mokslo pasiekimų, Vokietijos imperija galiausiai išseko ir 1918 m. žlugo. Paradoksalu, bet viena didžiausių šalies problemų tapo maisto produktų ir trąšų trūkumas, nes kariškiai didžiąją pagaminamo amoniako dalį įsakė naudoti sprogmenims. Krizė tęsėsi ir pasibaigus kraujo praliejimui. Prancūzija per karą nukentėjo daugiau negu bet kuri kita šalis, taigi per taikos derybas Versalyje Prancūzijos vadovai buvo pasiryžę parklupdyti Vokietiją. Jie pareikalavo reparacijų, kurių vertė prilygo penkiasdešimčiai tūkstančių tonų aukso – tai sudarė du trečdalius tuometinių pasaulio aukso atsargų. (Palyginimui: JAV aukso atsargų saugykloje Nokso forte laikoma maždaug penki tūkstančiai tonų aukso.)

Sąskaitos buvo suvedinėjamos ir akademinėje bendruomenėje – kitų šalių mokslininkai pasmerkė Haberį už dujų tyrimus ir laikė jį karo nusikaltėliu. Haberis manė, kad šie kaltinimai absurdiški, ir bandė tai pagrįsti. Nors nuo dujų per karą nukentėjo apie 1,25 mln. žmonių, mirė vos 1 proc. – 91 000 iš 8,5 mln. (kitais duomenimis – 10 mln.) mūsų lauke žuvusių karių. Tad kodėl visi smerkė Haberį, o ne patrankų ir šautuvų gamintojus?

Visgi nepasitenkinimas augo, ir Haberis ėmė galvoti, jog galbūt vertėtų išvykti iš Vokietijos. Jis persikėlė į Šveicariją, sumokėjęs mokesť įgijo šios šalies pilietybę ir netgi užsiaugino barzdą, kad jį būtų sunkiau atpažinti (toks sprendimas atrodo kiek juokingas). Nors nė viena šalis nepareiškė mokslininkui kaltinimų, karo nusikaltimų šleifas lyg koks chloro kvapas lydėjo jį visą likusį gyvenimą.

Istorikai iki šių dienų nesutaria, kaip vertinti Haberį moralės požiūriu. Jo sukurta amoniako gamybos technologija dar jam gyvam esant išgelbėjo nuo bado milijonus žmonių, o šiandien maitina milijardus. Taigi jis tikras mokslo didvyris, panašiai, kaip vakcinų kūrėjai. Kita vertus, chemikas išrado keletą baisiausių ginklų istorijoje ir panaudojo juos prieš savo gentainius – žmones. Akivaizdu, kad moralės švytuoklė juda į abi puses. Viskas tapo dar sudėtingiau, kai Haberui 1919 m. buvo skirta chemijos Nobelio premija. Tai įtvirtino jo, kaip genialaus mokslininko, padėtį, tačiau dėl visuomenės protestų apdovanojimo nebuvo galima įteikti per oficialią ceremoniją. Premijos Haberui teko laukti beveik metus, o ją įteikiant nedalyvavo Švedijos karalius.

Visgi mokslininko tai netrikdė. Jis buvo tikras, kad tarnavo savo tėvynei, o tai pateisina viską, ką jis padarė. Tisą sakant, Haberis tarnavo Vokietijai ir po Pirmojo pasaulinio karo. Norėdamas palengvinti reparacijų našą jis bandė išgauti auksą iš jūros vandens, ir kruiziniuose laivuose įsteigė slaptas laboratorijas mėginiams imti. Ši idėja gal ir nebuvo tokia beprotiška, juk kažkada chemikas pagamino trąšas iš oro.

Be to, jis ir toliau tyliai darbavosi prie cheminio ginklo, teikdamas patarimus Ispanijai ir Sovietų Sąjungai. Savo ketinimus Haberis slėpė teigdamas, kad studijuoja būdus, kaip sunaikinti esamas cheminio ginklo atsargas arba paversti jas insekticidais. Visgi jeigu kas suabejodavo jo požiūriu į cheminį ginklą, pakakdavo apsilankyti laboratorijoje, kurioje Haberis laikė įrėmintus laikraščių straipsnius.

*

Karlas Bošas po Pirmojo pasaulinio karo taip pat darė abejotinus dalykus. Po Vokietijos kapituliacijos 1918 m. prancūzai pareikalavo teisės „tikrinti“ BASF amoniako gamyklas, neva norėdami įsitikinti, kad Vokietija nustojo gaminti sprogmenis, tačiau iš tiesų siekdami pavogti Bošo technologiją.

Visgi kaskart inspektoriams pasibeldus į duris Bošo darbininkai mesdavo darbo priemones ir sustabdydavo visas mašinas, kad prancūzai nepamatytų, kaip jos veikia. Be to, tokių patikrinimų metu darbininkams siaubingai nesisekdavo – prieš pat atvykstant inspektoriams vis sugesdavo svarbiausi vožtuvai ir aparatai, dingdavo kopėčios, reikalingos norint pasiekti vienas ar kitas mašinas. Vienu metu kažkur išnyko absoliučiai visos kopėčios. Bošas niekada nedraudė inspektoriams lankytis, tačiau kiekvienas jų vizitas tapdavo farsu.

Nepatenkinti ir įsiutę inspektoriai iškviatė Bošą (kuris tuo metu buvo vienas iš aukščiausiųjų BASF vadovų) derybų į Versalį, kad aptartų amoniako gamybos technologiją. Atvykęs Bošas su kolegomis buvo užrakinėti viešbutyje, aptvertame spygliuota viela. Po kelias dienas trukusių tokių „derybų“ Bošas suprato, kad amoniako gamybos paslaptį teks išduoti. Rinkdamasis mažesnę blogybę ir rizikuodamas būti suimtas, vieną naktį jis pralindo pro spygliuotą vielą ir slapta susitiko su prancūzų pramonininkais. Susitikimo metu jie pasirašė sutartį, pagal kurią Bošas pažadėjo padėti pastatyti amoniako gamyklą Prancūzijoje, bet už tai prancūzai turėjo palikti ramybėje BASF.

Visgi jie to nepadarė. Be to, netrukus reparacijos sužlugdė Vokietijos ekonomiką – XX a. trečiojo dešimtmečio pradžioje duonos kepalas kainavo net milijardą (!!!) Vokietijos markių. Galiausiai Vokietijos vyriausybė nustojo mokėti ir prašė atidėti terminą. Daugelis šalių sutiko, tačiau prancūzai nusprendė vietoj mokesčio užimti BASF gamyklas Vokietijoje. Kai Bošas ir vėl nurodė darbininkams sustabdyti gamybos procesą, Prancūzijos vyriausybė pateikė jam kaltinimus ir už akių nuteisė aštuoneriems metams kalėjimo. Taip iš dviejų Haberio ir Bošo proceso autorių karo nusikaltėliu buvo pripažintas tik Bošas.

Tarptautinės bendruomenės pagarbą Bošas iš dalies atgavo 1931 m., kai jam taip pat buvo skirta chemijos Nobelio premija. Apdovanojimas daugelį nustebino, nes ši premija už amoniako tyrimus jau buvo įteikta Haberui, tačiau Nobelio komitetas apdovanojo Bošą visų pirma už pasiekimus aukšto slėgio chemijos srityje. Toks komiteto sprendimas buvo pagrįstas, nes iki to laiko Bošas praktiškai metė amoniako tyrimus. BASF (kuri dabar priklausė kontroliuojančiai bendrovei „I. G. Farben“) gamyklose amoniakas buvo ir toliau gaminamas, tačiau kitų šalių įmonėms įsi-

gijus jo gamybos technologijos licenciją (arba ją pavogus) pelnas sumažėjo. Taigi Bošas savo žinias apie aukšto slėgio chemiją nukreipė į naują sritį – alyvos ir benzino gamybą.

Tuo metu, t. y. XX a. trečiojo dešimtmečio viduryje, atrodė, kad pasauliui visai netrukus ims trūkti žalios naftos (cha!). Naudojami grėžiniai beveik išseko, ir tokios įmonės kaip BASF / „Farben“ ėmėsi kurti sintetinius naftos produktų pakaitalus. Bošas buvo įsitikinęs, kad geriausia alternatyva naftai – suskystintos ir į benziną perdirbtos anglys, tačiau darbas pasirodė sunkesnis, nei atrodė iš pradžių. Mokslininkai ir dujas, ir skysčius laiko takiosiomis medžiagomis, nes veikiami slėgio tiek dujos, tiek skysčiai teka. Visgi skysčių pasipriešinimas kur kas didesnis nei dujų – tuo įsitikinsite, pamėginę pamojuoti ranka ore ir po vandeniu. Suskystintos anglys pasirodė esančios nepaprastai klampios ir užkimšdavo visus Bošo naudotus vamzdžius ir vožtuvus.

Be to, XX a. trečiajame dešimtmetyje žvalgytojai atrodo didžiausius istorijoje naftos telkinius Oklahomoje ir Teksaso valstijoje. Taigi per kitą dešimtmetį naftos kainos ėmė kristi, ir Bošas suprato, jog niekada nesugebės pakankamai sumažinti suskystintų anglių kainos, kad šios taptų konkurencingos. Deja, Bošas, kuris tuo metu buvo „Farben“ valdybos pirmininkas, jau buvo susiejęs įmonės ateitį su sintetiniu benzinu. Nujausdamas žlugimą jis ėmėsi pastangų gauti valstybinį užsakymą ir užsitikrinti finansavimą. Taip jam teko susidurti su Adolfu Hitleriu.

Tiesą sakant, Bošas baisėjosi nacių ideologija. Ypač jį piktino Valstybės tarnybos atkūrimo įstatymas, kurį įgyvendinant 1933 m. balandį iš valstybės tarnybos buvo pašalinti visi žydai. „Farben“ buvo privati įmonė, todėl turėjo teisę išlaikyti (ir išlaikė) darbuotojus žydus, o Bošas padėjo daugeliui kitų žydų susirasti darbą užsienyje. Kita vertus, tuo pačiu metu jis asmeniškai susitiko su Hitleriu ir nepaprastai atidžiai klausėsi fiurerio svaichiojimų apie automobilius ir jo norą užsitikrinti gerą sintetinio arijų benzino šaltinį. (Be to, Hitleriui reikėjo degalų sparčiai didinamai kariuomenei, tačiau jis buvo pakankamai apdairus, kad nesakytų to Bošui.) Susitikimo metu Bošas prašė Hitlerio pasigailėti kai kurių žydų mokslininkų, tačiau, kaip ir reikėjo tikėtis, šis apeliavimas į diktatoriaus padorumą nesulaukė atgarsio. „Jeigu žydai tokie svarbūs fizikai ir chemijai, – sumurmėjo Hitleris, – šimtą metų tiesiog turėsime išsiversti be fizikos ir chemijos.“ Norėdamas išpirkti

savo „kalnę“ Bošas viešai ėmė šlovinti nacių režimą bei dalyvauti mitinguose, kuriuose plazdėjo vėliavos su svastikomis ir skambėjo *Sieg Heil*. Galiausiai „Farben“ gavo užsakymus sintetiniams degalams kurti. Prasidėjo Antrasis pasaulinis karas.

Jam baigiantis Bošo įkurtos gamyklos tiekė ketvirtadalį viso Vokietijoje sunaudojamo benzino. Hitleris laikė jas tokiomis svarbiomis Reichui, kad aprūpino geriausią Europoje priešraketinės gynybos sistema – net Berlynas nebuvo taip stipriai saugomas. Tam tikra prasme Bošas atvėrė naciams galimybę vykdyti žaibo karą – prie to prisidėjo ir anglų skystinimo technologija, ir tai, kad naciai galėjo pirmieji ja pasinaudoti.

Tiesą sakant, Bošas buvo nė kiek ne blogesnis už kitose pramonės šakose dirbusius kolegas mokslininkus, kurie aprūpino nacius ginklais, varikliais ar guma. Visgi daugelis žymių mokslininkų, tokių kaip Einšteinas, Maksas Plankas (Max Planck), Nernstas ir kiti Nobelio premijos laureatai, kurių dauguma be išlygų palaikė Vokietiją per Pirmąjį pasaulinį karą, atsisakė keliaklupsčiauti prieš Hitlerį. Netgi Haberis, kuris vylėsi, kad Vokietija vėl pakils iš pelenų, su panieka žvelgė į nacius. Nors šis mokslininkas buvo laikomas amoraliau žmogumi, jo pasipriešinimas Hitleriui iš dalies atpirko ankstesnes kaltes.

Haberis dirbo valstybinio instituto direktoriumi, todėl 1933 m. privėlė jo atleisti visus žydų tautybės darbuotojus. Tai buvo triuškinamas smūgis – nors žydai sudarė tik 1 procentą Vokietijos gyventojų, tarp mokslininkų jų buvo net 20 proc. Tiesa, ir pats Haberis buvo žydas, tačiau jis išsaugojo savo pareigas (įstatymas nebuvo taikomas Pirmojo pasaulinio karo veteranams) ir kelias savaites svarstė galimybę tęsti darbą tikėdamasis, kad nacių pamišimas išsisklaidys. Visgi balandžio 30 d. jis liovėsi save apgaudinėjęs ir parašė atsistatydinimo prašymą. „Daugiau nei keturiasdešimt metų savo bendradarbius rinkausi pagal jų intelektą ir charakterį, – rašė Haberis, – o ne pagal tai, kas buvo jų močiutė.“ Apie jo atsistatydinimą pranešė visi svarbiausi Vokietijos laikraščiai, ir tai gerokai pažemino Hitlerį – juk Haberio, ne taip, kaip, pavyzdžiui, Einšteino, niekas negalėjo pavadinti minkštakūniu pacifistu.

Visgi laikraščių straipsniai mažai guodė Haberį – Vokietijai jis paaukojo visą savo gyvenimą, o ši nuo jo nususuko. Sugniuždytas jis nusprendė emigruoti į Šveicariją (Angliją) ir pradėti viską iš naujo, bet čia jo lau-

kė smūgis iš pasalų – naciai konfiskavo visą jo turtą, kurį jis uždirbo iš amoniako gamybos. Haberis ėmė ieškoti darbo kitose šalyse... ir negavo nė vieno pasiūlymo. Nepaisant Nobelio premijos ir pasipriešinimo Hitleriui, pasaulis negalėjo jam atleisti už cheminio ginklo sukūrimą. Galiausiai chemikas gavo nemokamą darbą Kembridžo universitete, tačiau kai ten atvyko, anglų mokslo šviesulys Ernestas Rezerfordas (Ruterford) atsisakė paspausti jam ranką.

Visur patirdamas nesėkmes Haberis kreipėsi į paskutinį kolegą Karlą Bošą. Nors jie nebuvo draugai, Bošas buvo ne kartą išreiškęs dėkingumą Haberiui ir žadėjo padėti, jei kada nors to prireiktų. „Aš patikėjau jūsų žodžiais, – rašė Haberis Bošui 1933 m. – Galbūt jūs galėtumėte padėti man ramiai ir oriai nugyventi likusius metus?“ Atsakymo jis taip ir nesulaukė. Neturėdamas kitos išeities, Haberis bandė iš Anglijos persikelti į Palestiną, tačiau 1934 m. sausio mėn. jam sustojo širdis. Paskutinis jo noras buvo būti palaidotam šalia Klaros.

Žinia apie tragišką Haberio mirtį* apskriejo Europą, tad artėjant pirmosioms jo mirties metinėms senas Haberio draugas Maksas Plankas nusprendė surengti viešą ceremoniją jam pagerbti. Nacių pareigūnai įspėjo Planką to nedaryti, tačiau jis vis tiek išsinuomojo penkių šimtų vietų auditoriją. Pradžioje organizatorių nuvylė dalyvių pasyvumas – į atminimo renginį daugiausia susirinko mokslininkų žmonos. Žmonės nebendravo tarpusavyje. Visgi kai į salę įėjo keli senieji Haberio bendražygiai iš kariuomenės, susirinkusieji kiek atgijo. O tada, panašiai kaip prieš dešimtmečius amoniako lašai pavirto stipriu srautu, pro duris įžengė Karlas Bošas su kolegomis. Bošas, be abejonės, jautėsi kaltas, todėl su savimi atsivedė daugybę BASF darbuotojų. Jie užėmė visas laisvas vietas, ir nemažai žmonių liko stovėti.

Neaišku, ar tai buvo sutapimas, tačiau po šio renginio Bošas, nors ir nedrąsiai, pradėjo kalbėti prieš nacių. Deja, tuo pat metu jis ėmė piktnaudžiauti alkoholiu, o gal ir skausmą malšinančiais vaistais. Kartą, muziejaus atidarymo proga, Bošas visiškai girtas bandė sakyti kalbą apie minties laisvę, ir tai atnešė jam daugybę nemalonumų. XX a. ketvirtąjį dešimtmečio pabaigoje „Farben“ atleido jį iš pareigų ir toliau tęsė sintetinio benzino gamybą Hitleriui. Bošas mirė 1940 m., kai Hitlerio galia vis dar augo. Mokslininkas neturėjo jokių iliuzijų dėl ateities. „Gebėjimas numatyti ateitį – tai

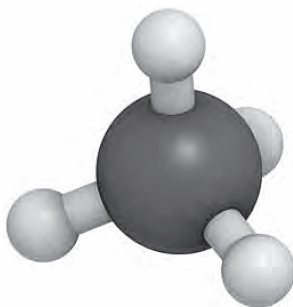
baisi dovana, – kalbėjo Bošas prieš mirtį. – Viso mano gyvenimo darbas bus sunaikintas.“

Visgi ateitis pasirodė kur kas palankesnė Bošui, negu jis tikėjosi, nors ir ne trumpuoju laikotarpiu. Įspūdingos jo gamyklos, kurios po jo mirties dieną naktį darbavosi vermachto labui, smarkiai nukentėjo Antrojo pasaulinio karo metu, nes tapo pagrindiniais sąjungininkų bombų taikiniais. Jo įkurta įmonė po karo buvo apkaltinta bendradarbiavimu su naciais. Visgi žvelgiant plačiau Bošo darbo rezultatai nebuvo sunaikinti. Jo palikimas gyvas ir klesti, ir, ko gero, klestės iki civilizacijos pabaigos.

Kad ir kokių klaidų savo gyvenime darė Haberis ir Bošas, abu jie sugėbėjo orą paversti duona, ir galima nė kiek neperdedant teigti, kad tai svarbiausia cheminė reakcija per visą žmonijos istoriją.

INTARPAS.

Dujinis pjoviklis – pavojingas ginklas



Metano (CH_4) ore yra 2 dalelės iš milijono,
tad su kiekvienu įkvėpimu į plaučius įtraukiame
25 kvadrilijonus jo molekulių.

Kitos mūsų atmosferos istorijai svarbios dujos – deguonis (O_2) pradėjo kauptis maždaug prieš du milijardus metų. Visgi prieš pradėdami nagrinėti šią temą, pažiūrėkime, kodėl deguonis mums toks svarbus. Trumpai tariant, deguonis būtinas daugeliui cheminių reakcijų, kurios be šių dujų tiesiog nevyksta. Viena iš tokių reakcijų yra degimas. Grynas deguonis gali uždegti net metalus – šia jo savybe XIX a. pabaigoje pasinaudojo vienas išradingas nusikaltėlis.

Panašu, kad jis buvo sukčius, vagis ir gudrus verslininkas. Likus kelioms dienoms iki 1890 m. Kalėdų, virš Žemutinės Saksonijos banko (Hanoveryje) įsikūrusiame viešbutyje apsistojo Smitu (Smith) pasivadinęs asmuo. Jis paprašė viešbučio tarnautojo skirti jam vieną konkretų numerį (galbūt su tam tikru vaizdu pro langą), taip pat duoti raktus nuo dviejų numerių kitoje pusėje. Svečias tvirtino, kad juose kiek vėliau apsistos jo tėvas ir sesuo. Po to jis užlipo laiptais, stengdamasis, kad iš bagažo nesklistų jokie

garsai. Po kelių dienų, ankstyvą Kalėdų rytą, Smitas iš lagamino išsitraukė skėtį bei pjūklą ir išpjovė grindyse nedidelę angą. Banke tuo metu nieko nebuvo. Tada vagis į angą įkišo skėtį, kad nebyrėtų pjuvenos, ir išpjovė didesnę kiaurymę. Po to šis žmogus iš lagamino išsitraukė virvines kopėčias ir su maišu ant nugaros nusileido į apačią.

Dabar atėjo metas pasitelkti išradingumą. Vagis žinojo, kad, užuot samdęs žmones septyniems milijonams saugykloje laikomų Vokietijos markių apsaugoti, bankas sukūrė gudrią elektroninę apsaugos sistemą. Seifas buvo įtaisytas rūsyje, ir jį galima buvo pasiekti tik sraigtiniais laiptais, kurie buvo prijungti prie signalizacijos – net ir labai švelniai paspaudus pakopas užkandavo sirena. Vis dėlto Smitas žinojo, kad norint išjungti signalizaciją pakanka pertraukti kelis su laiptais sujungtus laidus. Taigi jis taip ir padarė, o paskui nusileido žemyn.

Dabar reikėjo pasitelkti mokslą. Pasiekęs rūšį Smitas iš maišo ištraukė kelis barškancius deguonies balionus ir ilgą, ploną, maždaug 15 cm ilgio ir 1,5 cm storio, instrumentą, sudarytą iš dviejų metalinių cilindrų. Kiekvieno cilindro gale kabojo guminis vamzdelis. Vagis vieną vamzdelį prijungė prie metano (CH_4) mišinio pripildyto dujinio šviestuvo vožtuvo, o kitą – prie deguonies baliono. Tada po truputį pradėjo leisti abiejų rūšių dujas ir iš maišo išsitraukė paskutinę priemonę – degtukų dėžutę. Po to dujinio pjoviklio antgalį nukreipė į metalinį seifą.

Šio nusikaltimo pamatus nesąmoningai paklojo keli XIX a. mokslininkai, paaiškinę degimo proceso esmę. Trumpai tariant, jie nustatė, kad degimui būtinos trys esminės sąlygos: degalai, energija ir vadinamasis oksidatorius. Oksidatoriai iš kitų medžiagų atima elektronus – tai svarbu, nes būtent elektronai lemia visas chemines reakcijas (chemija iš esmės nagrinėja tai, kaip atomai vieni iš kitų vagia elektronus, jais keičiasi ir dalijasi). Jau pats pavadinimas sufleruoja, kad deguonis skatina degimą, nes yra puikus oksidatorius, kuris „vagia“ elektronus iš metano, ir šių dujų molekulės praranda stabilumą. Tada nestabilus metanas ir deguonis reaguoja tarpusavyje, sukeldami sprogimą ir kelis sparčius cheminius virsmus, o galiausiai sudaro oksidais vadinamus junginius (pavyzdžiui, anglies dioksidas). Vis dėlto yra viena sąlyga – deguonis nepuls degalų, negavęs šilumos energijos smūgio. Tam reikalingi degtukai. Tolesnė degimo reakcija išskiria daug šilumos – ima maitinti pati save. Vadinasi, sukelti degimą vi-

sai nesunku – suteikite deguoniui energijos, leiskite sureaguoti su degalais ir tiesiog pasitraukite į šalį.

Bet Smitui reikėjo atlikti dar vieną veiksmą – net ir uždegęs metaną jis turėjo įsiskverbti į metalinį seifą.

Norėdami suprasti, kas vyko toliau, atsiminkime žymų prancūzų chemiką Antuaną Loraną Lavuazjė (Antoine Laurent Lavoisier), kuris 1776 m. atrado įdomią geležies savybę. Pasiekus tam tikrą, konkrečiam metalui būdingą, temperatūrą, visi metalai ne tik lydosi, bet ir dega. Degimo procesas toks pat, kaip aprašyta pirmiau, tik degalų vaidmenį atlieka metalas. Daugelio metalų lydymosi temperatūra žemesnė nei degimo temperatūra, tačiau to negalima pasakyti apie geležį. Geležis dega maždaug 1 000 °C temperatūroje, o lydosi esant 1 500 °C temperatūrai. Tai atveria netikėtas galimybes. Atminkite, kad degimo metu išsiskiria šiluma. Įsivaizduokite, kad jums pavyko pasiekti 1 000 °C temperatūrą ir uždegti nedidelį geležies lopinėlį. Tada jam degant išsiskyrusi šiluma įkaitins geležį iki 1500 °C, ir ji išsilydys. Taip gausite „nemokamą“ privalumą – nedidelę liepsna išlydys didesnę metalo kiekį.

Plinkantis žilabarzdis inžinierius Tomas Flečeris (Thomas Fletcher) galiausiai sugalvojo, kaip šią savybę pritaikyti praktiškai – XIX a. devintojo dešimtmečio pabaigoje jis sukūrė dujinį pjoviklį, naudojantį deguonies ir metano dujas. Negalima sakyti, kad naujasis prietaisas pjovė geležį kaip sviestą, tačiau Flečeris vis dėlto galėjo perpjauti ją be peilio – tai buvo nemenkas pasiekimas. Inžinierius tikėjosi, kad šis išradimas padės jam užsidirbti. Visgi kai jis 1888 m. pademonstravo pjoviklį prekybos parodoje, jo stendą tuoj pat apsupo seifų ir saugyklų gamintojai. Vienas iš jų pareiškė, kad naująjį instrumentą galima panaudoti tik nusikalstamais tikslais, todėl jį reikėtų uždrausti. Buvo pareikalauta, kad Flečeris nutrauktų bandymus. Jis atsisakė, o po kelerių metų šis prietaisas pateko į rankas paslaptینگajam ir išradingajam Smitui.

Tiesa, pjovimo darbai tą Kalėdų naktį užtruko ilgiau, nei Smitas tikėjosi. Iš dalies tą lėmė pjaunamos kiaurymės geometrija. Vagis seifo sienoje pjovė 30 × 50 cm stačiakampį. Tokio pat dydžio apskritimo perimetras būtų mažesnis, taigi jam būtų reikėję mažiau degalų. Vis dėlto stačiakampio įstrižainė didesnė už atitinkamo ploto apskritimo skersmenį, taigi per stačiakampę angą buvo lengviau patekti į vidų. Smitas pasirinko stačia-

kampį ir apskaičiavo, kad jam pakaks trijų deguonies balionų. Pusę antros nakties jis jau buvo išnaudojęs du balionus ir baigė trečiąjį.

Galiausiai metalas pasidavė. Smitas išėmė geležies gabalą ir į angą įkišo ranką, tikėdamasis sugriebti pluoštą šlamančių banknotų. Tačiau ranka palietė kažką šalto ir kieto – dar vieną geležies sluoksnį. Seifo sienelės buvo dvigubos! *Scheiße*.

Taigi Smitas greitai užbėgo laiptais ir virvinėmis kopėčiomis užkopė į savo numerį. Tada jis vėl tapo garbingu viešbučio svečiu ir nusileidęs prie registratūros paaiškino portjė, kad per Kalėdas, antrą valandą ryto, skubus reikalas verčia jį traukiniu vykti į Kelną. Smitas patikino tarnautoją netrukus grįšiantis pasiimti savo bagažo ir apmokėsiantis sąskaitą. Kas galėtų tuo suabejoti?

Smito daugiau niekas niekada nebematė, bet jo istorija tuo nesibaigė. Pjovimo panaudojant dujas technologija per ateinančius dešimtmečius sparčiai tobulėjo, nes inžinieriai kūrė naujus degiklius, o chemikai išmoko panaudoti dar sprogėnes dujas. Be to, kai kurie mokslininkai iš naujo pažvelgė į senąją Lavuazjė reakciją ir sukūrė naują išmanų spartesnio pjovimo metodą.

Taikant šį naują metodą, dar vadinamą pjovimu deguonimi, didelio slėgio deguonies srautas nukreipiamas į įkaitintos geležies paviršių. Kaip jau rašiau pirma, esant tam tikrai temperatūrai įkaitusi geležis reaguodama su deguonimi ima degti, vyksta cheminė reakcija, išsiskiria šviesa ir šiluma. Bet į šį procesą galima pažvelgti ir kitaip. Geležiai reaguojant su deguonimi susidaro įvairūs junginiai, dar vadinami geležies oksidais, arba tiesiog rūdimis. Tai reiškia, kad tam tikra prasme degimas ir rūdijimas yra panašūs cheminiai procesai.*

Svarbiausias skirtumas, be abejo, yra šių procesų greitis – kad automobilis pavirstų griaučiais, reikia ne vieno metų, bet aukštesnėje nei 1 000 °C temperatūroje geležies oksidai susidaro labai sparčiai. Be to, svarbu pastebėti, kad pastarieji formuojasi daug greičiau, nei geležis lydosi. Tad jei norite perpjauti plieninę detalę, paprasčiau ties pjovimo linija sukelti „cheminį rūdijimą“, o ne bandyti ją išlydyti. Būtent taip ir veikia pjovimo deguonimi procesas – geležis ties pjūviu tiesiog surūdija. Ši technologija skiriasi nuo tos, kurią pasiūlė Flečeris – jam deguonies reikėjo visų pirma tam, kad įžiebtų metano liepsną, kuri uždegdavo geležies lopinėlių, o šis, savo ruožtu, išlydavo aplinkinę geležį. Naudodamiesi deguoniniu pjovikliu tuo pačiu metu

ir palaikote liepsną, ir kaitinate metalą. Šiuo atveju nelaukiama, kol šiluma fiziškai išlydys geležį – pjoviklio deguonimi degiklis atskirą deguonies srovę nukreipia tiesiai į metalo paviršių. Šis papildomas deguonis sukelia spartų „cheminį rūdijimą“. Taigi galima sakyti, kad pačios dujos pjauna metalą.

Visgi nepamirškime, kad dujinio pjovimo lydant ir pjovimo sukeliant cheminį rūdijimą skirtumai labai subtilūs, todėl nemažai XX a. pradžios pelno siekusių verslininkų į juos nekreipė dėmesio. Pjovimo deguonimi technologija buvo sukurta būtent tada, kai pasauliui prireikė daugybės dangoraižių ir tanklaivių. Tai reiškė, kad asmenys ar įmonės, turintys teisių į vieną ar kitą pjovimo technologiją, galėjo nemažai užsidirbti, todėl XX a. antrojo dešimtmečio pradžioje kai kuriose šalyse dėl to užvirė ginčai.

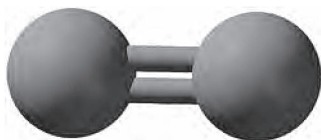
Vienas ginčas buvo susijęs su senojo tipo Flečerio pjovikliais. Kažkur suinteresuotoji šalis tvirtino, kad Flečerio pjoviklis tiesiog išlydo metalą, todėl naujesnis pjovimo deguonimi patentas taip pat galioja. Kita šalis ginčijosi, kad, nepaisant cheminių niuansų, Flečerio procesas apima ir lydymą, ir rūdijimą, taigi šių technologijų negalima atskirti, o kadangi šią technologiją Flečeris išrado dar XIX a. devintajame dešimtmetyje, jos užpatentuoti nebegalima. Deja, pats Flečeris mirė 1903 m. ir jau nebegalėjo padėti išspręsti šio ginčo.

Pačiame jo įkarštyje kažkas prisiminė nepavykusį banko apiplėšimą Hanoveryje. Kadangi metalo plokštė, kurią Smitas išpjovė norėdamas įsilaužti į seifą, pateko į muziejų (nes tai buvo pirmasis bandymas apiplėšti banką naudojantis dujiniu pjovikliu), teismo ekspertai ėmėsi ją ištirti. Įsivaizduokite keliolika teisininkų baltais perukais, tyrinėjančių metalo gabalą per didinamąjį stiklą ir ieškančių rūdžių dalelių arba lydymosi pėdsakų. Galiausiai teismas nusprendė, kad Flečerio pjoviklis tiesiog lydė geležį, todėl deguoninį pjoviklį galima užpatentuoti. Taip vienas drąsiausių ir moksliskai pagrįstų XIX amžiaus nusikaltimų XX a. pradžioje pasitarnavo kaip įrodymas ir sukūrė naują teisinį precedentą.

Tam tikra prasme tai dėsninga pasekmė. Pagrindinis Smito bendrininkas vykdant šį nusikaltimą – deguonis – jau milijardus metų kuria naujus cheminius precedentes: jokia kita medžiaga nedalyvauja tokioje daugybėje reakcijų, kurios vyksta tiek atmosferoje, tiek gyvuose organizmuose. Taigi dabar, kai sužinojome apie deguonies (O_2) galią sukelti chemines reakcijas, galime pakalbėti apie tai, kaip šios dujos atsirado ir kaip jos sukėlė perversmą mūsų planetoje.

TREČIAS SKYRIUS

DEGUONIES PRAKEIKIMAS IR PALAIMINIMAS



Deguois (O_2) sudaro 21 proc. atmosferos oro (210 000 dalelių iš milijono), o mes su kiekvienu atodūsiu į plaučius įtraukiame du sekstilijonus šių dujų molekulių.

1 791 m. įsiutusi Birmingamo gyventojų minia sudegino Džozefo Pristlio (Joseph Priestley) bažnyčią, o tada patraukė jo namų link – riausių dalyviai tikėjosi iškepti mokslininką gyvą. Galite įsivaizduoti, kaip jie nusivylė sužinoję, kad šis pabėgo. Vis dėlto marodieriai pasimėgaudami suniokojo mokslininko baldus ir sunaikino jo chemijos laboratoriją. Toliau smagindamasi minia sudegino Pristlio iškamšą, papuoštą žilų plaukų peruku, o vėliau nukirto jai galvą. Pats Pristlis savo „mirtį“ stebėjo nuo netoliese stūksančios kalvos. O juk jis buvo deguonies atradėjas ir vienas iš

nedaugelio tuo metu gyvenusių žmonių, gebančių paaiškinti, kodėl ugnis liepsnoja taip ryškiai.

Vos po kelerių metų, per patį Prancūzijos revoliucijos įkarštį, įsiutusi minia susidorojo ir su pagrindiniu Pristlio varžovu. Prieš dešimtmetį Antuanas Loran Lavuazjė nustatė ryšį tarp ugnies, deguonies ir kvėpavimo bei pareiškė, kad kvėpavimas – tai savotiškas lėtas degimas, vykstantis mūsų plaučiuose. Šis atradimas iki šių dienų laikomas vienu svarbiausių chemijos pasiekimų. Vis dėlto Lavuazjė buvo ne tik mokslininkas, bet ir aristokratas: jis rinko mokesčius Prancūzijos karaliaus išdui ir kartą sumokėjo nesuvokiamą sumą (kuri šiandien prilygtų 280 000 JAV dol.) už savo ir savo žmonos portretą chemijos tyrimų įrangos fone. Deja, nors ir būdamas aštraus mokslininko proto, chemikas visiškai nepažinojo žmonių – jis taip niekada ir nesuprato, kokia karšta maišto ugnis gali degti prispaustųjų ir pažemintųjų širdyse, tad galiausiai jo gyvenimą nutraukė giljotina.

Deguonis ir azotas periodinėje cheminių elementų lentelėje įrašyti šalia, be to, abu šie elementai ore sudaro dviatomes dujas (N_2 ir O_2). Azoto kaupimasis prieš keletą milijardų metų padėjo Žemėje sukurti trečiąją gana ramią atmosferą, tuo tarpu deguonis suformavo ketvirtąją, kuri buvo toli gražu ne tokia taiki. Azotas – pasyvios ir apsnūdusios dujos, o deguonis – nepastovus, aktyvus ir dalyvaujantis beveik visose cheminėse reakcijose. Be to, daugeliui gyvybės formų deguonis nuodingas, o prieš du milijardus metų jis netgi sukėlė didžiausią krizę, kokios nebuvo nei anksčiau, nei vėliau – vadinamąją Didžiąją deguonies katastrofą.

Visgi gyvybė kažkaip gebėjo išlikti, o buvę nuodai tapo nepamainomu elementu. Galbūt tai skamba banaliai, tačiau toks pokytis man primena seną pasakojimą, kad kinų kalboje žodį „krizė“ sudaro du hieroglifai, iš kurių vienas reiškia pavojų, o kitas – galimybę. Nors kinų kalbos specialistai tvirtina, kad taip nėra, toks krizės apibūdinimas labai tinka deguoniui – pradžioje deguonis tiesiog sprogdavo ląstelėse jas sunaikindamas, bet kai gyvi organizmai išmoko jį suvaldyti, reaktyvumas tapo didžiausiu jo privalumu. Žinant, kokia didele jėga pasižymėjo deguonis per visą planetos istoriją, nenuostabu, kad jis sunaikino ir visų prie jo atradimo prisidėjusių chemikų gyvenimus. Tai tikras periodinės cheminių elementų lentelės „Vilties deimantas“⁸.

⁸ Vienas žymiausių pasaulio brangakmenių, kurio dauguma savininkų mirė tragiška mirtimi.



Deguonies atradimas glaudžiai susijęs su vienu svarbiausių atradimų, padarytų tiriant dujas – kad orą sudaro kelių skirtingų rūšių dujų mišinys. Anksčiau mokslininkai nesivargino jų atskirti – bet kokie dūmai ar garai jiems buvo tiesiog „oras“.

Kad taip nėra, gydytojas ir alchemikas Žanas (Jan) Baptista van Helmontas suprato dar XVII a. pradžioje. Tam jis turėjo puikias galimybes. Van Helmontas ir kiti to meto alchemikai jau buvo atmetę senovės graikų požiūrį, kad pasaulį sudaro keturi pirminiai elementai (oras, žemė, vanduo ir ugnis), kurių negalima skaidyti. Be to, alchemikai pareiškė, jog žemė ir ugnis apskritai nėra elementai, nes žemė – tai medžiagų mišinys, o ugnis greičiau reiškinyss negu materija. Vis dėlto atliktų eksperimentų serija neleido van Helmontui apsispręsti dėl oro. Jis atkreipė dėmesį, kad kaitinant skirtingas medžiagas – medieną, anglis, mineralus – išsiskiria dūmai, kurių savybės skiriasi nuo oro, pavyzdžiui, kai kurie iš jų nedega. Be to, jis pastebėjo, kad iš šachtų, srutų duobių ir žmogaus skrandžio atsiraugėjant išsiskiria nevienodos dujos. Norėdamas tiksliau įvardyti šias medžiagas, van Helmontas iš graikų kalbos žodžio „chaosas“ sukūrė sąvoką „dujos“ („gas“).

Nors atsižvelgiant į tai, kokios chaotiškos dujų molekulės, ši sąvoka labai tiksliai apibūdina dujinę medžiagos būseną, tačiau van Helmontas nuėjo šiek tiek per toli ir pradėjo kalbėti apie dujas kaip apie neįveikiamą laukinę dvasią. Jis netgi lygino dujas su siela ir tvirtino, kad mokslininkai niekada negalės jų įkalinti jokiam žemiškame inde (panašu, kad van Helmontas nemokėjo plaukti arba bent jau niekada nebuvo sulaikęs kvėpavimo po vandeniu). Vėliau mokslininkai atsisakė van Helmonto metafizikos, tačiau ir toliau vystė jo mintį, kad oras ir dujos yra skirtingi dalykai: pirmasis – medžiaga, o antrasis – materijos būseną.

Kitus svarbius žingsnius tiriant orą žengė XVII a. vidurio airių mokslininkas Robertas Boilis (Boyle), nagrinėjęs jo fizines, chemines ir biologines ypatybes. Fizines oro savybes jis tyrė bandydamas jo tamprumą – t. y. kaip lengvai orą galima suspausti. Galiausiai mokslininkas nustatė, kad mažinant dujų tūrį jų slėgis savaime didėja (teisingas ir priešingas teiginys – slėgis mažėja dujoms plečiantis). Gilindamasis į chemines oro savybes Boilis

suprato, kad oras būtinas degimo procesui palaikyti – po gaubtu liepsna gęsta. Panašiai, nors ir nelabai kilniais būdais, šis mokslininkas tyrė ir biologines oro savybes – gaubtais uždengdavo įvairius gyvūnus (lervas, peles, kates, gyvates, sūrio erkutes) ir užsirašinėdavo, kada šie uždus.

Dujoms surinkti ir tyrinėti Boilis dažniausiai naudojo jaučio pūslę, tačiau vėliau gyvenę mokslininkai atrado, kad kur kas geriau leisti dujas per vandens arba gyvsidabrio kubilus ir surinkti jų burbuliukus apverstose kolbose. Su šiomis naujomis priemonėmis ir metodais XVIII a. gydytojas iš Škotijos Džozefas Blakas (Joseph Black) tyrinėdamas orą padarė didelę pažangą.

Blakas, labiau nei bet kuris kitas šios srities atstovas, priminė smagų vaikną, negu mokslininką. Kartu su Adamu Smitu (Smith) ir Deividu Hiumu (David Hume) jis priklausė garsiajam Edinburgo pokerio klubui – „literatūrinių barbarų“ grupei, statinėmis maukusiai klaretą ir šerį. Be to, Blakas skaitydavo įdomias viešas paskaitas. Jis pripildydavo balionus lengvų dujų ir leisdavo jiems kilti iki lubų, o žiūrovai šaukdavo, kad balionai pririšti prie nematomų siūlų. Vėliau jis surinkdavo į talpyklą sunkesnes dujas ir užgesindavo žvakes, „užliedamas“ jas nematomu šių talpyklų turiniu.

Šias liepsną slopinančias dujas – anglies dioksidą – Blakas atrado 1754 m., ir tai buvo pirmosios kada nors išskirtos grynos dujos. 1764 m. jis įrodė, kad anglies dioksido yra iškvepiamame ore – tam chemikas atliko keistą, bet įdomų eksperimentą. Vieną žiemos rytą mokslininkas užlipo į vietinės bažnyčios palėpę ir padėjo stiklinę gesintų kalkių tirpalo. Gesintoms kalkėms reaguojant su anglies dioksidu susidaro pieniškos nuosėdos. Kai po dešimties valandų pamaldos baigėsi (škotai buvo labai religingi), apžiūrėjęs stiklinę Blakas pastebėjo, kad dėl iš pamokslininko burnos kylančio karšto oro skystis susidrumstė.

Du Blako mokiniai taip pat nemažai prisidėjo kuriant dujų teoriją. 1772 m. dvidešimt trejų metų amžiaus Danielis Rezerfordas (Rutherford) [(būsimasis sero Valterio Skoto (Walter Scott) dėdė)] pašalina visas reaktyviasias dujas iš uždaro indo su oru, pirmiausia degindamas jame įvairius daiktus, o tada leisdamas likusias dujas per gesintas kalkes, kol liko tik nereaktyvūs dūmai. Šias dujas šiandien vadiname azotu. Visgi šios dujos nužudydavo visas po stiklainiais įkalintas peles, todėl Rezerfordas vadino jas „nuodingu oru“ (vėliau jos dar buvo pramintos „sudegusiu oru“, „su-

puvusiu oru“ ar „sugadintu oru“ – trumpai tariant, azotas neturėjo gero vardo).

Dar didesnę indėlį į mokslą įnešė kitas Blako studentas, Henris Kavendišas (Henry Cavendish). Kavendišas per savo gyvenimą turėjo daugiau santaupų Anglijos banke negu bet koks kitas britas. Kita vertus, šis mokslininkas neturėjo draugų ir su niekuo nebendravo, išskyrus apsilankymus Karališkosios draugijos susirinkimuose, bet jeigu kas mėgindavo jį užkalbinti, ir iš jų bėgdavo kaip akis išdegęs. Su tarnaitėmis Kavendišas bendravo rašteliais, o kai 1810 m. gulėjo mirties patale, visus išsiuntė iš kambario, kad galėtų nesiblaškydamas stebėti mirties procesą. Nors šiandien Kavendišui beveik neabejotinai būtų diagnozuotas autizmas ar koks nors autizmo spektro sutrikimas, jis buvo vienas iš protingiausių visų laikų Anglijos gyventojų. Mokslininkas gebėjo nustatyti Žemės tankį (taigi ir jos masę) neišeidamas iš savo namų Londone ir naudodamasis vos keliais rutuliukais švino bei gabalu vielos. Lašindamas rūgštį ant įvairių metalų, Kavendišas 1766 m. atrado vandenilio dujas. Šias dujas jis pavadino „degiuoju oru“, nes vandenilio dujų paveikta liepsna tiesiog įsisiautėdavo.

Be to, Kavendišas ne tik išskyrė vandenilį, bet ir atrado vieną esminę jo savybę. Kartą jis stikliniame inde sumaišė vandenilį su paprastu oru ir, naudodamasis naujovišku (ir, be abejo, nepaprastai brangiu) elektros generatoriumi, pradėjo leisti į mišinį kibirkštį. Po kurio laiko indo sienelės aprasėjo. Nors ši „rasa“ neturėjo nieko bendra su pradiniu eksperimentu, bet – kaip ir visi geriausi mokslininkai per visą žmonijos istoriją – Kavendišas ją ištyrė ir nepaprastai nustebo išsiaiškinęs, kad tai – paprasčiausias vanduo. Nors mokslininkas nesuprato visų vandens susidarymo proceso detalių, nes dar nebuvo šiuolaikinės chemijos teorijos, jis suvokė, kad dvi degios dujos – oras ir vandenilis – susijungė ir suformavo skystą vandenį, kuris neturi nieko bendra su ugnimi.

Tai suprasti net ir šiandien nėra labai paprasta, o tais laikais atrodė visiškai neįtikėtina. Žvelgiant plačiau, šis eksperimentas „diskreditavo“ paskutinįjį iš keturių elementų, kurie, senovės graikų manymu, sudarė pasaulį. Pradine prasme žemė ir ugnis „elementais“ nebebuvo laikomi jau prieš kelis šimtmečius. Oras šį titulą prarado XVII a. viduryje, pradėjus eksperimentus su dujomis. Tačiau vanduo vis dar buvo laikomas vienalyte medžiaga, kol keli rasos lašai ir aštrus eksperimentatoriaus protas atskleidė

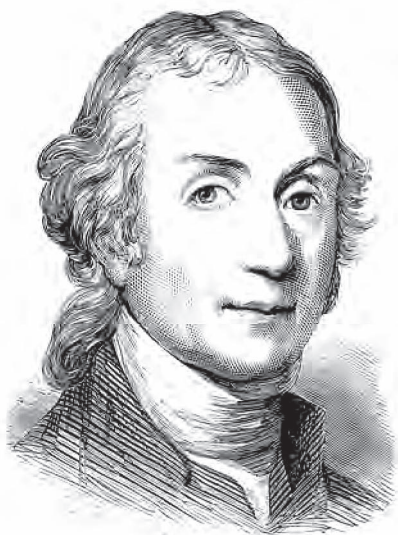
jo sudėtį. Kavendišas galutinai sugriovė sistemą, kuri net du tūkstančius metų vyravo gamtos mokslų pasaulyje, tad dabar ją reikėjo kažkuo pakeisti. Ši užduotis buvo tokia prestižinė, o konkurencija tarp mokslininkų – tokia karšta, kad nudegindavo kiekvieną, bandantį įsitraukti į tyrimus.

*

Nors deguonis ir yra svarbiausias mus supančio oro elementas, niekas apie jį nieko nežinojo, kol švedų vaistininkas Karlas Šelė (Carl Scheele) XVIII a. aštuntajame dešimtmetyje nepradėjo deginti įvairių mineralų ir rinkti jų skleidžiamų dūmų. Tokiuose dūmuose, kurie iš tiesų buvo deguonis, žvakės liepsnojo kur kas ryškiau, todėl Šelė vadino juos „ugniniu oru“. Be to, jis nustatė, kad jeigu po gaubtu laikomiems gyvūnams leidžiama kvėpuoti šiais dūmais, jie gyvena ilgiau – visiškai priešingas rezultatas, nei eksperimentuojant su bet kokiomis kitomis dujomis.

Dėl nežinomų priežasčių Šelė kelerius metus neskelbė savo tyrimų rezultatų, o vėliau pasirinko tingų leidėją, kuris jų paskelbimą dar labiau užvilkino. Taigi Šelės darbai dienos šviesą išvydo tik 1777 m. – praėjus keleriems metams po to, kai kiti du mokslininkai jau paskelbė atradę deguonį. Deja, per ateinantį dešimtmetį Šelė nepajėgė įrodyti savo pirmenybės dėl dviejų blogų įpročių: jis dirbo nevėdinamose patalpose ir ragavo kiekvienos sukurtos cheminės medžiagos, netgi gyvsidabrio cianido (panašų rezultatą, t. y. net kelias mirties priežastis, galima gauti iššovus į save radioaktyvia kulka). Taigi nenuostabu, kad Šelė mirė sulaukęs vos 44 metų – nežinomas ir deramai neįvertintas.

Dėl šių priežasčių dauguma istorikų deguonies atradimo laurus priskiria dvasininkui ir ramybės drumstėjui Džozefui Pristliui. Pristlis buvo vyriausias iš šešių vaikų, o jo motina mirė, kai būsimajam mokslininkui buvo vos šešeri. (Nesunku suskaičiuoti, jog ji kasmet gimdė po vaiką – nenuostabu, kad moteris taip anksti paliko šį pasaulį.) Po motinos mirties Pristlis apsigyveno pas tetą, kuri priklausė liberaliai protestantų atšakai ir savo talentingą sūnėną nuo mažens rengė dvasininko karjerai. Deja, dideliu jos nusivylimui, netrukus po išventinimo Pristlio pažiūros gerokai pasikeitė, ir jis net ėmė abejoti Kristaus dieviškumu. Netrukus jaunas pamokslininkas liūdnei pagarsėjo visoje Anglijoje ir tapo populiariu karikatūristų modeliu. Vieni vaizdavo jį kaip genį (dėl snapų primenančios nosies



Chemikas Džozefas Pristlis –
deguonies atradėjas, kurio vardu
pavadintos Pristlio riaušės.

ir mikčiojimo), o kiti tiesiog piešė šėtono ragus, tad Pristliui su šeima visą gyvenimą teko kraustyti iš vienos parapijos į kitą. Jis gebėjo išsaugoti savo įsitikinimus, ko negalima pasakyti apie pinigus.

Mokslu dvasininkas užsiėmė dėl kelių priežasčių. Visų pirma, tyrinėti jį skatino smalsumas – jis norėjo suprasti Dievo kūriniją. Antra, akademinėje bendruomenėje jo netradicinės teologinės pažiūros niekam netrukė. Pristlis netgi susidraugavo su Bendžaminu (Benjamin) Franklinu, kuris įžiebė jame susidomėjimą elektra. 1769 m. rašydamas knygą apie elektrą Pristlis nusprendė pats nubraižyti schemas ir netrukus suprato, koks tai sunkus darbas. Nenorėdamas išmesti panaudoto popieriaus, kuris tais laikais buvo toli gražu nepigus, jis ėmė ieškoti būdų, kaip panaikinti pieštuko pėdsakus, ir netrukus atrado, kad tam puikiai tinka „indiškas kaučiukas“. Taip gimė pirmasis pasaulyje trintukas.

Be to, galite tikėti, galite netikėti, bet Pristlis užsiėmė mokslu tikėdamasis užsidirbti. Jis įsigijo kelias matematikos knygas ir gaublius bei bandė dirbti repetitoriumi, o vėliau nusprendė įsisavinti mokslinių tekstų rašymo paslaptis. Kad ir kaip keista, mokslinių darbų rašymas pasirodė brangus užsiėmimas – knygos, kuriomis chemikas norėjo remtis, buvo labai brangios. Tad norėdamas sutaupyti Pristlis ėmėsi pats eksperimentuoti ir ap-

rašinėti bandymus (šiuolaikiniams mokslininkams turbūt sunku patikėti, kad bandymų įranga ir reikmenys tada kainavo mažiau nei knygos).

Oro tyrimais Pristlis susidomėjo 1767 m. persikėlęs į parapiją Lidse. Jis apsigyveno šalia alaus daryklos ir ėmė stebėti iš salyklo kylančius burbuliukus (kuriuos sudarė anglies dioksido dujos). Galiausiai Pristliui buvo uždrausta lankytis alaus darykloje, nes kartą jis į kubilą įpylė šiek tiek eterio ir sugadino visą jame buvusį alų (be to, bendruomenei nepatiko ir tai, kad pastorius visą laiką leidžia prie alaus). Netrukus Pristlis eksperimentus su oru perkėlė į savo laboratoriją, kurią vadino *elaboratory*.

Jis buvo tik neturtingas pamokslininkas, todėl eksperimentams dažnai naudojo namų apyvokos reikmenis.* Įvairias medžiagas chemikas kaitino šautuvo vamzdyje, kuris tarnavo kaip tvirtas mėgintuvėlis. Norėdamas surinkti išsiskiriančias dujas, mokslininkas prie šautuvo vamzdžio prijungė pypkę, kurią nukreipdavo į skalbimo kubilą arba arbatinuką. Iš vandens kylančius burbuliukus jis surinkdavo į butelį ir išleisdavo į alaus bokalą, po kuriuo patupdydavo pelę. Eksperimentui nepavykus, namai prisipildydavo dvokiančių dūmų, ir namiškiai išsibėgiodavo. Visgi mokslas bus amžinai dėkingas Pristlio žmonai ir vaikams už jų krikščionišką kantrybę. Iki 1770 m. mokslininkai žinojo tik dvi grynas dujas – anglies dioksidą ir vandenilį. Per kelis ateinančius dešimtmečius Pristlis pats vienas atrado net devynias naujas dujų rūšis, įskaitant amoniaką, sieros dioksidą ir azoto oksidą (juoko dujas).

Po ilgų vargų Lidse Pristlio darbais susidomėjo ir juos ėmė remti Šelburno lordas Viljamas Petis (William Petty), taigi Pristlis 1774 m. galiausiai atliko jį išgarsinusį eksperimentą. Tikriausiai tai buvo įspūdingas reginys. Naudodamasis 30,48 cm skersmens lęšiu, jis sufokusavo Angliją nedažnai džiuginančius saulės spindulius į stiklinį indą, kurio viduje buvo raudonų miltelių krūvelė (gyvsidabrio oksido, HgO). Iš saulės kaitinamų raudonų miltelių ėmė skirtis grynas gyvsidabris – maži sidabro spalvos rutuliukai. Tuo pačiu metu iš raudonųjų miltelių į orą išsiskyrė ir dujos. Tai buvo deguonis.

Tiksliai nežinome, ką Pristlis galvojo apie šias dujas, bet akivaizdu, kad jis nemanė atradęs naują elementą. Greičiau deguonį jis apibūdino pasitelkdamas vadinamąją flogistono mokslinę teoriją. Dabar iš jos liko tik skambus pavadinimas, tačiau savo laiku iš esmės klaidinga teorija paskati-

no mokslo pažangą. Jai neskirsiu daug vietos, paminėsiu tik porą svarbiausių faktų. Visų pirma, mokslininkai laikė flogistoną nematoma, bet materialia medžiaga, kuri išsiskiria į orą vykstant degimo procesui. Antra, Pristlis flogistono teorija tikėjo tvirčiau, nei dauguma to meto mokslininkų, ir ją remdamasis aiškino savo atradimus. Tai galima pasakyti ir apie deguonį, kurį jo atradėjas pavadino „oru be flogistono“ (ar ką nors supratote?).

Panašiai kaip ir Šelė, Pristlis pastebėjo, kad tokia „ore be flogistono“ žvakės liepsnoja tiesiog puikiai. Be to, kvėpuodamos šiomis dujomis pelės nedūsta. Priešingai, jos jautėsi taip gerai, kad Pristlis nusprendė bandyti pats pakvėpuoti naujosiomis dujomis. Ir nenusivylė: „Krūtinėje pajutau nepaprastą lengvumą, – rašė mokslininkas. – Laikui bėgant šis tyras oras gali tapti madinga prabangos preke.“ [Ir tikrai, vos po poros šimtmečių Maiklas Džeksonas (Michael Jackson) miegojo hiperbarinėje kameroje!] Na, pakaks žavėtis, verčiau atminkime, kad šie eksperimentai atskleidė gilesnę ryšį tarp degimo ir kvėpavimo, nes abiejuose procesuose dalyvavo tos pačios dujos.

Ir vėlgi panašiai kaip Šelė, Pristlis negaišo laiko savo darbams skelbti. Dar daugiau – kai 1774 m. spalį (praėjus vos keliems mėnesiams po pirmųjų eksperimentų su deguonimi) Šelburno lordas pasiūlė apmokėti Pristlio kelionę į Paryžių, šis pietaudamas su keliais kolegomis iš Prancūzijos mokslų akademijos papasakojo jiems apie savo atradimus. Nors gyvenime Pristlis padarė daugybę klaidų, ši buvo pati didžiausia.

*

Nors nežinome, kas tą vakarą buvo patiekta ant stalo, tačiau vaisės vyko viename turtingiausių Prancūzijos didikų dvarų, tad svečiai turbūt gardžiavosi kepta antiena su triufeliais, kumpiu šampano padaže, karpių liežuvėlių troškiniu, svarainiais, saldumynais ir kremais. Visgi Antuanas Loran de Lavuazjė ir jo žmona Ana Mari (Anne Marie) tą vakarą galvojo ne tik apie maistą. Greičiausiai jie nepaprastai atidžiai klausėsi savo svečio Džozefo Pristlio pasakojimo apie naują, galingą „orą“, kurį šis išgavo iš raudonų miltelių.

Gudrus didikas neužsiminė, kad prieš mėnesį ir pats atliko panašų eksperimentą, bet nepastebėjo jokių dujų. Taigi vos tik Pristlis išvyko iš Paryžiaus, mintis apie naująsias dujas tiesiog apsėdo Lavuazjė – jis netgi nusprendė pasisavinti garbę už šį atradimą. Nors prie vakarienės stalo La-



Antuanas Loranas Lavuazjė – chemikas, sukėlęs revoliuciją moksle ir giljotinuotas per Prancūzijos revoliuciją.

vuazjė ir Pristlis sėdėjo draugingai, deguonis netrukus pavertė juos priešais.

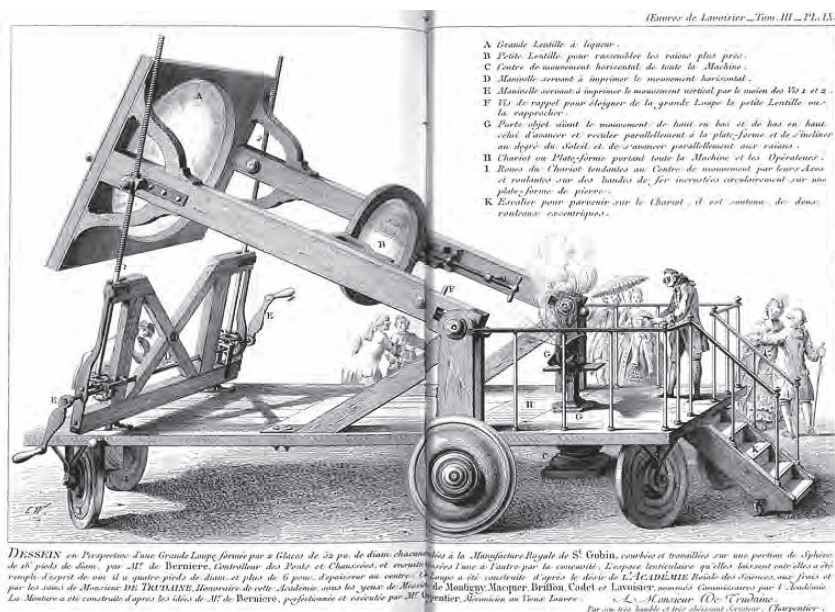
Prancūzas šioje kovoje turėjo vieną didžiulį pranašumą – pinigus. Jis jau gimė turtingoje šeimoje, dar labiau praturėjo vedęs Aną Mari, ir galiausiai jo turtai dar išaugo įsigijus pusę privačios bendrovės *Ferme Générale*, kuri užsiėmė mokesčių rinkimu į valstybės išdą, akcijų. Karaliaus patarėjai kasmet nurodydavo šiai bendrovei, kiek pajamų vyriausybė tikisi iš tokių prekių, kaip miežiai ir tabakas. Taigi *Ferme Générale* privailėjo išreikalauti nurodytą mokesčių sumą iš visų Prancūzijos ūkininkų ir tabako gamintojų, o bet kokios jį viršijančios lėšos sudarė bendrovės pelną. Bendrovė rinko su įvairiausiomis prekėmis susijusius mokesčius, taigi jos akcininkams nė nereikėjo stengtis apgauti sistemą – atrodė, kad turtai patys plūsta jiems į kišenes. Tai buvo ir geriausia Lavuazjė investicija, nes kai kuriais metais jo pajamos prilygo 5 mln. šiuolaikinių dolerių, tačiau ir blogiausia, nes galiausiai kainavo jam gyvybę.

1772 m., sulaukęs dvidešimt devynerių, Lavuazjė į mokslą pradėjo investuoti didelę dalį savo turtų. Labiausiai jis išgarsėjo eksperimentais, per kuriuos saulės spinduliais degino deimantus – tam jis ant ratinės platformos sumontavo didžiulį lęšį, ir visas įrenginys priminė teleskopo bei kata-

pultos hibridą. Tiesą sakant, tokia konstrukcija neturėjo jokios praktinės reikšmės (kam dar galėtų šauti mintis deginti deimantus?), tačiau atskleidė, kokia neįtikėtinai galinga saulės šviesa (kai kitą kartą norėsite pažvelgti tiesiai į saulę, prisiminkite sudegintus deimantus). Be to, šis eksperimentas privertė Lavuazjė susimąstyti apie medžiagos prigimtį – ar sudegintas deimantas išnyksta, ar tiesiog pereina į kitą būseną?

Tais pačiais metais Lavuazjė sužinojo apie dešimtmečiu už save vyresnio Pristlio darbus. Keleriais metais anksčiau Pristliui pavyko sukurti gazuotą vandenį leidžiant per paprastą vandenį CO_2 . Prancūzų laivyno atstovai manė, kad gazuotas gėrimas gali išgydyti skorbutą, taigi paprašė Lavuazjė tai ištirti*. Idėja nepasitvirtino, bet Lavuazjė Pristlio darbai padarė didelį įspūdį. Gal atsitiktinai, o gal ir ne, netrukus ir prancūzas pradėjo tyrinėti dujas.

Eksperimentus jis vykdė kartu su žmona. Ana Mari anksti neteko motinos ir augo vienuolyne – vienoje iš nedaugelio vietų, kurioje mergina tais laikais galėjo įgyti išsilavinimą. Vėliau ji ištekdėjo už Lavuazjė, kuris, nepai-



Milžiniškas Lavuazjė lėšis deimantams deginti.

sydamas amžiaus skirtumo (jai buvo trylika, o jam dvidešimt aštuoneri), laikė žmoną sau lygia protu. Ana Mari mokėjo kelias kalbas, todėl vyras paprašė jos išversti į prancūzų kalbą keletą straipsnių apie flogistoną. Versdama ji atkreipė dėmesį į neatitikimus, ir Lavuazjė sutiko, kad ši teorija neišlaiko kritikos.

1772 m. lapkritį jam pasitaikė proga tą įrodyti. Jeigu flogistonas būtų materialus, jis privalėtų turėti masę. Kai degant tokioms medžiagoms kaip malkos arba žvakės jų masė sumažėdavo, buvo laikoma, kad išsiskyrė flogistonas. Visgi Lavuazjė per milžinišką lęšį ėmus deginti metalus paaiškėjo, kad jų masė padidėja – tai atrode absurdiška. Kai kurie chemikai šią anomaliją bandė aiškinti tvirtindami, jog kartais flogistonas turi „neigiamą masę“, tačiau dauguma mokslininkų suprato, kad tai nerimta. Vis dėlto net ir šis neatitikimas negalėjo paneigti flogistono teorijos, nes kitų teorijų tiesiog nebuvo – bent jau iki Lavuazjė vakarienės su Pristliu.

Taigi Lavuazjė įtarė, kad Pristlis, pats to nežinodamas, atrado naujas dujas, ir pabandė tai pakartoti savo laboratorijoje (įdomu, kad ši Paryžiaus arsenale įsikūrusi laboratorija turėjo specialią žiūrovams skirtą galeriją, tad mokslininkas kartais galėdavo rengti viešus eksperimentus). Taigi Lavuazjė išskyrė dujas, kurias galiausiai pavadino deguonimi, ir po kelių bandymų įrodė, kad šios dujos degimo chemiją gali paaiškinti kur kas geriau negu flogistonas. Tapo aišku, kad degimo metu deguonis jungiasi su degančia medžiaga, o tuo pačiu metu išsiskiria šviesa ir šiluma. Pavyzdžiui, medienoje ir akmens anglyse esantis elementas anglis jungiasi su deguonimi ir sudaro anglies dioksidą, kuris vėliau išsisklaido. Panašiai deguonis jungiasi ir su degančio metalo atomais. Visgi ne taip, kaip anglies dioksidas, deguonies junginiai su metalu per sunkūs ir nepakyla į orą. Tai paaiškina, kodėl degančių metalų masė didėja – prie jų atomų prisijungia deguonis. Šios įžvalgos padėjo Lavuazjė paaiškinti degimo procesą be flogistono.

Kita Lavuazjė eksperimentų serija, susijusi su deguonimi ir kvėpavimu, žiūrovams turbūt buvo kur kas įdomesnė. Su tuo galėjo nesutikti tik jo kolega Armanas Seginas (Armand Séguin). Kelias dienas iš eilės Lavuazjė „mumifikavo“ Seginą vyniodamas į taftą, kurią dengė gumos lateksu, taip kurdamas sandarų kokoną. Tada jis priklijavo vamzdelį prie Segino lūpų ir sujungė jį su deguonies buteliu. Eksperimento esmė buvo ta, kad Seginas turėjo atlikti įvairias užduotis (ramiai sėdėti, valgyti sunkiai virškinamą



Lavuazjė kolega, kurį šis pavertė „mumija“, kad galėtų tyrinėti kvėpavimą.

(NUOTRAUKĄ PATEIKĖ FONDAS „WELLCOME TRUST“)

maistą ar spausti specialų pedalą), o Lavuazjė stebėjo, kiek deguonies suvartoja ir kiek anglies dioksido iškvėpia bandomasis. Eksperimentas atskleidė aiškų ryšį tarp deguonies suvartojimo ir kvėpavimo – kuo sunkesnė buvo užduotis, tuo daugiau deguonies įkvėpdavo ir tuo daugiau anglies dioksido iškvėpdavo Seginas. Kvėpavimo procesą buvo galima paaiškinti ir apsieinant be flogistono.

(Beje, šie eksperimentai padėjo rasti atsakymą į seniai keltą klausimą: jei mankštindamiesi numetate svorio, kur šis svoris dingsta? Pasirodo, didžioji prarasto svorio dalis patenka į orą dujų pavidalu – dar vienas įrodymas to, kad iš dujų kilę dujomis tapsime.)

Praėjus metams po vakarienės su Pristliu, Lavuazjė su deguonimi susijusius atradimus pristatė 1775 m. rugsėjį Paryžiuje vykusioje mokslinėje konferencijoje. Faktais ir sklandžia logika grįstas puikus jo pranešimas visiems laikams pakeitė chemijos mokslą. Visgi po pranešimo Lavuazjė su žmona leido sau šiek tiek pakvailioti – pasamdė aktorius ir surengė spektaklį, kurio vienas veikėjas buvo Deguonis, o kitas – Flogistonas (ar kyla abejonių dėl to, kuris iš jų buvo gudruolis, o kuris – kvailys?). Po spektaklio žyne persirengusi ponija Lavuazjė sudegino kelis vadovėlius apie flogistoną,

taip „išvarydama“ jo dvasią. Lavuazjė šeima sugebėjo ne tik sukurti teoriją, bet ir stilingai ją pristatyti.

Visgi jiems plojo ne visi. Pristlis pareiškė, kad Lavuazjė pasisavino jo atradimą, ir ginčas dėl to, kas nusipelno garbės vadintis deguonies atradėju, tęsiasi iki šių dienų. Akivaizdu, kad Šelė pirmasis išskyrė ir surinko deguonį, po to tą savarankiškai padarė Pristlis. Taip pat akivaizdu, kad iki pokalbio su Pristliu Lavuazjė niekada nebuvo užsiminęs apie deguonį. Tai gi kai kurie istorikai čia deda tašką, nustumdami prancūzą į šalį. Kita vertus, nei Šelė, nei Pristlis nesuprato, ką iš tiesų atrado. Įsivaizduokite fosilijų ieškotoją, kuris, radęs kaukolę, paskelbia aptikęs kažkokį senovinį primatą, o vėliau ją pastebi paleontologas ir įrodo, kad tai – išmirusios ir anksčiau nežinomos žmonijos atšakos liekana. Taigi pirmasis jų atrado kaukolę, bet būtent antrasis suprato tikrąją jos reikšmę. Tą patį galima pasakyti ir apie Lavuazjė bei Pristlį ir Šelę.

Tiesą sakant, diskutuoti apie tai, kas tikrasis deguonies atradėjas, nėra prasmės. Lavuazjė rūpėjo ne tiek pats deguonis, kiek su deguonimi susiję cheminiai procesai. Pavyzdžiui, jau anksčiau kai kurie mokslininkai spėjo, kad tarp kvėpavimo ir deguonies yra ryšys, bet tik Lavuazjė nustatė, kad deguonis dalyvauja abiejuose šiuose procesuose. Be to, istorikai kaltina Lavuazjė, kad šis kopijavo kitų chemikų darbus, tačiau užmiršta paminėti, jog jis beveik visada žengdavo toliau. Panašiai kaip kažkada Henris Kavendišas, uždegęs deguonies ir vandenilio mišinį Lavuazjė gavo vandenį. Nėgana to, ir vėl, panašiai kaip Kavendišas, jis palygino abiejų dujų masę prieš reakciją su po jos gauto vandens mase ir nustatė, kad jos lygios (tuo tikslu Lavuazjė sukonstravo nepaprastai tikslias svarstyklės, kurių tikslumas siekė net 0,0005 gramo). Vis dėlto, ne taip, kaip Kavendišas, Lavuazjė sugebėjo išvelgti platesnį vaizdą – jis teigė, kad ta pati lygybė turi išlikti kalbant apie bet kokias chemines reakcijas, t. y. reakcijos produktų masė turėtų būti lygi reagentų masei. Taip jis suformulavo bendrą chemijos dėsni – masės tvermės dėsni. Šis dėsnis skelbia, kad net jeigu pasikeičia pradinių medžiagų spalva, būseną arba jos keistai susijungia, bendroji masė prieš reakciją ir po jos be jokių kalbų privalo būti tokia pat. Masė nedingsta be pėdsakų.

Įdomu, kad kai kurie istorikai teigė, jog atrasti šį dėsni padėjo Lavuazjė darbas mokesčių rinkėju bendrovėje *Ferme Générale*. Kurdamas masės tvermės dėsni jis turėjo sverti daugybę reagentų ir produktų bei iš jų ga-

liausiai sudaryti „cheminį balansą“ – suvienodinti pasyvą ir aktyvą. Chemijoje, kaip ir prekyboje, atomai (ar doleriai) negali tiesiog iš nieko atsirasti ir be pėdsakų išnykti. Taigi jeigu jūs vis dar su siaubu atsimenate mokykloje spręstas chemines lygtis, kaltinkite dėl to nuobodų ekonomikos mokslą.

Šiais atradimais Lavuazjė indėlis į chemiją nesibaigė. Prancūzas pirmasis paaiškino, kad ta pati medžiaga, pavyzdžiui, vanduo, priklausomai nuo jos temperatūros, gali būti kietoji, skystoji arba dujinė. Be to, jis iškėlė prielaidą, kad medžiagas galima skirstyti į sudarytas iš vienos rūšies atomų (t. y. elementus, pavyzdžiui, deguonį, anglį ir geležį) ir į sudėtines, kurias sudaro kelių rūšių atomai – ko gera, tai svarbiausia chemijos idėja. Kaip taikliai pasakė vienas XIX a. chemikas, „Lavuazjė neatrado jokios naujos medžiagos, jokios naujos ypatybės ir jokio anksčiau nežinomo gamtos reiškinių. Nemirtingą šlovę jis pelnė tuo, kad į mokslo kūną įpūtė naujos dvasios“.

Šią naują dvasią Lavuazjė išdėstė veikale „*Traité Élémentaire de Chimie*“ (*Elementarusis chemijos kursas*), prilygstančiame tokiems fundamentaliems veikalams kaip „*Principia Mathematica*“ arba „Rūšių kilmė“. Taip jau sutapo, kad minėta knyga dienos šviesą išvydo 1789 m. – Prancūzijos revoliucijos metais, ir paskatino istorikus kalbėti apie cheminę Lavuazjė revoliuciją, kuri ilgainiui ne mažiau sukrėtė pasaulį. Deja, pats Lavuazjė negyveno pakankamai ilgai, kad pamatytų abiejų revoliucijų vaisius.

*

Šiandien mokslininkai puikiai supranta, kad didžiąją dalį deguonies į orą išskiria fotosintezės procese dalyvaujantys augalai ir bakterijos. Kur kas mažiau žinoma, kaip organizmai pradėjo gaminti deguonį ir kaip šis procesas azoto prisotintą senovinę atmosferą pavertė oru, kuriuo kvėpuojame ir mes.

Pirmieji gyvi organizmai greičiausiai atsirado šalia povandeninių vulkaninių angų, o jų medžiagų apykaitą skatino išsiskirianti siera. Tokie mikroorganizmai vadinami anaerobinėmis bakterijomis, jie egzistuoja ir šiandien (pavyzdžiui, būtent tokios bakterijos sukelia nemalonų burnos kvapą). Visgi maždaug prieš tris milijardus metų viena anaerobinių bakterijų grupė tapo melsvabakterėmis, kurios sėmėsi energijos ne iš povandeninių ugnikalnių karščio, bet iš saulės spindulių. Melsvabakterės, dar

vadinamos melsvadumbliais, nebuvo pirmieji mikrobai, kurie energiją apsirūpindavo iš šviesos (tai vadinama fotosinteze). Greičiausiai, kartu su jomis egzistavo dar kelios rūšys įvairių spalvų mikroorganizmų, kurie pasikraudavo energijos iš skirtingo ilgio šviesos bangų. (Įsivaizduokite Rotko⁹ drobės primenančius to meto paplūdimius ir potvynio zonas, padengtus violetinių, žalių ir raudonų dumblių kilimu.) Melsvabakterės iš jų išsiskyrė ne tuo, kad gebėjo savo reikmėms naudoti saulės šviesą, bet kad padedamos šios šviesos iš vandens molekulių atimdavo elektronus. Jau pirma kalbėjome, kad būtent elektronų perdavimas yra cheminių reakcijų varomoji jėga. Taigi melsvabakterėms nebereikėjo kliautis tokiais retais elektronų „donorais“ kaip siera, nes jos galėjo gauti elektronų iš vienų gausiausių žemėje (vandens) molekulių. Taigi dabar jos galėjo nevaržomos daugintis.

Saulės šviesa chemine energija paverčiama žalioje chlorofilo molekulėje, kuri veikia kaip biologinė antena ir sugeria iš dangaus sklindančią šviesą. Po to prasideda gana sudėtingi biocheminiai procesai, kuriuos trumpai galima apibūdinti taip: melsvabakterės naudoja saulės spindulius, kad suskaidytų tam tikras molekules, o vėliau sukuria kitas molekules, kuriose tą energiją kaupia. Pavyzdžiui, melsvabakterės gali suskaidyti vandenį į H_2 ir O_2 , tada sujungti šias molekules su CO_2 bei kitomis ir sukurti vieną iš cukrų – gliukozę.

Galiausiai svarbu atkreipti dėmesį į vieną detalę, kuri tikrai nebūtų praslydusi pro akis Lavuazjė, skyrusiam tiek daug dėmesio cheminėms lygtims. Norint sukurti vieną gliukozės molekulę, reikia šešių anglies dioksido molekulių ir šešių vandens molekulių: $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$. Visgi nesunku pastebėti, kad šioje molekulėje tėra šeši deguonies atomai ($C_6H_{12}O_6$), nors pradžioje jų buvo aštuoniolika. Pagal masės tvermės dėsnį atomai negali nei iš niekur atsirasti, nei be pėdsako išnykti, taigi vykstant tokiai reakcijai kaip šalutinis produktas išsiskiria laisvas deguonis (O_2). Ir tikrai, melsvabakterėms pradėjus klestėti ir plisti visame pasaulyje, pirmą kartą Žemės atmosferos istorijoje joje ėmė kauptis laisvas deguonis.

Šiandien atrodo savaime suprantama, kad šios dujos yra gyvybės pagrindas, nors kažkada gyviems organizmams jos buvo nuodingos. Problema ta, kad deguonį veikiant ultravioletiniams spinduliams susidaro lais-

⁹ Markas Rotko (angl. Mark Rothko, tikr. Marcus Rothkowitz, 1903–1970 m.) – XX a. amerikiečių tapytojas, pokario abstrakčiojo ekspresionizmo meno srovės atstovas. (Vikipedija)

vieji radikalai, kurie pažeidžia DNR ir baltymus. Be to, laisvas deguonis sutrikdė daugelio azotą fiksuojančių bakterijų funkcijas, nes šis elementas iš fermento nitrogenazės „ištraukia“ geležies atomus. Taigi tais senais laikais deguonis su savimi nešė ne gyvybę, bet mirtį.

Pirmųjų trapių mikroorganizmų laimė, kad laisvas deguonis ore kaupti lėtai, nes jis reagavo su beveik viskuo, su kuo tik susidurdavo ore ir vandenyje (išskyrus azoto dujas). Pavyzdžiui, vandenyne deguonis reagavo su ištirpusia geležimi, sudarydamas rūdžių nuosėdas. Šios dalelės grimzdo į dugną per tūkstantmečius suformuodamos vadinamuosius juostinius geležies kodus – rausvos spalvos sluoksnius, kuriuos vis dar galima aptikti viso pasaulio uolienose, t. y. ten, kur senovinio vandenyno dugnas ilgai tapo sausuma. Šiandien galime padėkoti mikrobams, kad šiuose sluoksniuose vis dar slypi 90 proc. pasaulinių geležies atsargų.

Kol vandenyje buvo ištirpusios geležies, deguonis beveik neišsiskyrė į atmosferą. Bėgo metai, keitėsi epochos, o melsvabakterės vis mažino geležies kiekį vandenyne. Ir kai šio metalo ten galiausiai neliko, padėtis staiga pasikeitė į blogą – vandenyje pradėjo kauptis laisvas deguonis, kuris nuodijo visa, kas gyva. Po to jis kilo aukštyn ir išsiveržė į atmosferą, panašiai kaip mirtinos Nioso ežero dujos. Ši deguonies kaupimosi procesą, trukusį kelis šimtus milijonų metų, mokslininkai pavadino Didžiuoju prisotinimu deguonimi, arba Didžiąja deguonies katastrofa. Visgi pavadinimas, panašiai kaip ir Didysis sprogimas, per kurį atsidaro mūsų visata, ar Mėnulį pagimdęs Didysis tėkštelėjimas, neatspindi tikrosios įvykio svarbos. Gyvybei dar niekada nebuvo iškilęs toks baisus pavojus – tai buvo tikras holokaustas. Ant išnykimo ribos atsidūrė visos gyvybės formos.

Dar šiek tiek palaikysiu jus nežinioje prieš atskleisdamas, kaip gyvybė Žemėje sugebėjo išlikti. Bet jau dabar galiu pasakyti, kad kai kurie mikrobai ėmė priešintis šiai dujų atakai. Vieni iš jų įgijo tvirtesnę išorinę membraną, kuri neleido įsikverbti deguoniui. Kiti sukūrė specialias vidines membranas, apsaugodami tokias jautrias molekules kaip nitrogenazę. Treti mikroorganizmai nedarė nieko, bet jiems ir taip pasisekė: kai deguonis pradėjo skverbtis į šių organizmų ląsteles, jie nemirė baisiose kančiose, o persitvarkė taip, kad iš šių dujų gautų energijos – taip naikinantį deguonies galia tapo kuriamąja. Tokios baigties tikimybę galima palyginti su tikimybe, kad per Pirmąjį pasaulinį karą Haberio dujų prisikvėpavę pran-

cūzų kareiviai ne tik išgyvens, bet ir patirs jėgų antplūdį. Bet kad ir kaip menkai buvo tikėtina, kai kurioms bakterijoms tai pavyko – jos dabar vadinamos aerobinėmis bakterijomis.

Mes, gyvūnai, turime būti joms dėkingi, nes būtent šios bakterijos sudarė sąlygas atsirasti daugialąstėms būtybėms. Visų gyvūnų ląstelėse yra mažų elementų, vadinamų mitochondrijomis, kurios kilo iš pirmųjų aerobinių ląstelių. Būtent mitochondrijos leidžia mūsų ląstelėms panaudoti deguonį. Tiesą sakant, mitochondrijos ir yra raktas, padedantis suprasti ryšį tarp deguonies ir sudėtingesnių gyvybės formų. Kiekvienas vaikas žino, kad deguonis gyvybiškai būtinas visiems gyvūnams, bet kur kas mažiau žmonių gali atsakyti į klausimą, kodėl taip yra. Trumpai į jį galima atsakyti taip: mitochondrijos naudoja deguonį, kad gautų energijos iš cukraus, pavyzdžiui, gliukozės. Ląstelė gali šiek tiek skaidyti gliukozę ir be deguonies, tačiau tam, kad išnaudotų visas joje slypinčias energijos atsargas, reikia mitochondrijų ir deguonies. Priešingu atveju mūsų organizmo baterijos greitai išsektų, ir mes mirtume vos per kelias sekundes.

(Beje, reikia paminėti, kad augalai taip pat kvėpuoja deguonimi, nors galbūt mokykloje jūsų niekas to nemokė. Įprastai sakoma, kad augalai kvėpuoja anglies dioksidu ir išskiria deguonį, o gyvūnai kvėpuoja deguonimi ir išskiria anglies dioksidą. Tai tiesa, nes sintetindami cukrų augalai iš tiesų išskiria deguonį. Vis dėlto cukraus gamyba – tik nedidelė augalų gyvybinių procesų dalis: augalai taip pat auga, dauginasi, kovoja su plėšrūnais, ir visam tam reikia deguonies, kuri augalai „įkvepia“ pro odos poras.* Augalų ląstelėse taip pat yra panašių mitochondrijų, kaip ir gyvūnų ląstelėse.)

Deguonis pakeitė ne tik gyvybės medį, bet ir mūsų planetos paviršių. Kai laisvo deguonies ore susikaupė pakankamai daug, jis pradėjo pulti tokias šiltnamio efektą sukeliančias dujas kaip metanas, pašalindamas jas iš atmosferos. Tai paveikė mūsų planetos termoizoliacinį apvalkalą, ir paviršiaus temperatūra gerokai sumažėjo – ledynų atsirado netgi netoli pusiaujo. Šis etapas vadinamas „sniego gniūžtės Žeme“. Tuo pačiu metu deguonis padabino mūsų planetą. Žemėje egzistuoja apie 4 500 mineralų ir maždaug dviem trečdaliams iš jų susidaryti reikia deguonies. Tarp jų galima paminėti tokius pusbrangius akmenis kaip turkis, lazuritas ir malachitas – be deguonies šių grožybių neregėtume. Kita vertus, kai kurie mineralai, veikiami deguonies, priešingai, skyla, taigi Žemėje įsivyravęs deguonis iš

esmės juos išnaikino. Kitaip tariant, akmenys, kaip ir gyvos būtybės, gali atsirasti, vystytis ir išnykti priklausomai nuo dujų, kuriomis jie „kvėpuoja“. Legendinis biologas Karlas Linėjus (Carl Linnaeus), sukūręs iš dviejų dalių sudarytų augalų ir gyvūnų pavadinimų sistemą (*Homo sapiens*, *Tyrannosaurus rex*), kuria dabar naudojasi mokslininkai, pradžioje į ją buvo įtraukęs ir mineralus. Nors vėliau biologai nusprendė, kad mineralų negalima laikyti gyvosios gamtos dalimi, atrodo, jog deguonis geba atgaivinti net akmenis.

Šiandien deguonis sudaro 21 proc. atmosferos – apie pusę jo išskiria augalai, o kitą pusę – mikroorganizmai. Vis dėlto, ne taip, kaip kita svarbi sudedamoji atmosferos dalis azotas, deguonis per milijardus metų kaupėsi netolygiai – šis procesas vyko šuoliais. Pirmasis toks šuolis įvyko maždaug prieš 2,3 mlrd. metų, kai vandenyne baigėsi geležies atsargos. Per kelis šimtus milijonų metų deguonies koncentracija ore šoktelėjo nuo vienos molekulės iš trilijono iki vienos molekulės iš penkių šimtų – maždaug 10^{10} kartų. Palyginimui galima prisiminti, kad kai kurios Haberio dujos gali nužudyti žmogų, jei jų koncentracija vos kelios dalelės iš milijono, taigi toks koncentracijos padidėjimas deguonimi nekvėpuojantiems organizmams buvo pražūtingas.

Maždaug prieš 1,8 mlrd. metų deguonies kiekis atmosferoje liovėsi didėti ir kurį laiką buvo stabilus, nes šias dujas absorbavo sausumos mineralai. Tikriausiai neatsitiktinai tuo metu gyvybė suklestėjo ir pradėjo sparčiai vystytis (kita vertus, geologai šią epochą vadina „nuobodžiuoju milijardu metų“). Visgi maždaug prieš 600 milijonų metų mineralai buvo įšotinti, ir deguonies koncentracija vėl pradėjo didėti – fosilijos atskleidė, kad šiuo laikotarpiu atsirado pirmieji sudėtingi augalai ir gyvūnai – būtybės, gebančios bėgioti, kovoti, medžioti, poruotis ir žudyti.

Per ateinančius kelis šimtus milijonų metų deguonies lygis buvo labai nepastovus – dėl nežinomų priežasčių jis nukrito iki 15 procentų, o vėliau išaugo iki 35 procentų. Tai vėl lėmė keletą neįprastų padarinių. Aplinkoje, kurioje deguonies koncentracija labai didelė, net ir menkiausia kibirkštis sukelia naikinantį gaisrą. Kita vertus, jeigu deguonies koncentracija maža, net ugnikalnių išsiveržimai ir žaibo smūgiai sunkiai gali ką nors uždegti. Taigi iškaskenose, senesnėse nei keli šimtai milijonų metų, gaisrų požymių nėra, o vėliau pradeda rasti akmens anglys. Be to, tai pirmasis laikotar-

pis Žemės istorijoje, kai keliautojas laiko mašina galėtų iš jos išlipti ir pasivaikščioti, nebijodamas uždusti (kai deguonies koncentracija mažesnė negu 17 proc., žmogaus sąmonė ima temti ir darosi sunku judėti).

Kalbant apie gyvūnijos pasaulį, didelė deguonies koncentracija, ko gero, buvo naudingiausia vabzdžiams. Vabzdžiai neturi plaučių, todėl dauguma jų, ypač patys mažiausi, iš tiesų negali „kvėpuoti“ – deguonis pasyviai patenka į vabzdžių organizmą per poras jų egzoskeletuose. Ši sistema puikiai veikia, bet tik kol vabzdžiai neužauga pernelyg dideli. Geometrijos dėsniai atskleidžia, kad didėjant kūno matmenims, jo paviršiaus plotas didėja lėčiau nei tūris, todėl tam tikru momentu poros tinkamai nebeaprūpina organizmo deguonimi. Štai kodėl dauguma šiuolaikinių vabzdžių labai maži – antraip jie tiesiog uždustų. Visgi tuo metu, kai deguonis sudarė 35 procentus Žemės atmosferos, šis ribojantis veiksnys išnyko. Jei minėtas keliautojas laiku grįžtų į Žemę, kokia ji buvo prieš 300 milijonų metų, jį pasitiktų metro ilgio šimtakojai, žuvėdrų dydžio laumžirgiai ir automobilių padangas primenantys vorai. Šie milžinai Žemėje atsidaro tik dėl deguonies.

Esant dabartiniam deguonies lygiui žmogui reikia atsikvėpti maždaug kas keturias sekundes – taigi per parą įkvėpiame apytiksliai dvidešimt tūkstančių kartų – tai reiškia, kad kiekvienas iš mūsų per parą įkvėpiame septilijoną (1×10^{24}) deguonies molekulių. Šiuo metu Žemėje gyvena apie septynis milijardus žmonių ir daugybė deguonimi kvėpuojančių gyvūnų – ar įsivaizduojate, kiek daug mums jo reikia? Jeigu jau rytoj nuo Žemės paviršiaus išnyktų visi augalai ir deguonį išskiriančios bakterijos, žmonės ir kiti gyvūnai tikriausiai išmirtų per tūkstantį metų – milijoną kartų greičiau, nei truko protingos gyvybės evoliucija.

Laimė, augalai ir melsvabakterės kasdien pildo deguonies atsargas. Apskaičiavę skirtingų gyvybės formų išskiriamą ir suvartojamą deguonį, gausite gražų balansą. Augalai iš esmės pasisavina anglies dioksidą ir vandenį bei gamina cukrų, tuo tarpu gyvūnai naudoja cukrų bei deguonį, o išskiria anglies dioksidą ir vandenį. *In ir jang*, teiginys ir neiginys, tobuliausia pusiausvyra. Net mokesčių rinkėjas Lavuazjė čia nebūtų radęs, prie ko prikibti. Fizikai dažnai kalba apie stebėtiną gamtos simetriją ir grožį. Jie teisūs. Visgi dar labiau stebina nuostabi O_2 ir CO_2 pusiausvyra: juk ji kūrėsi taip ilgai ir joje tokia daugybė kintamųjų, jog, rodos, gali sutrikti įvairiau-

siais būdais. Tačiau pusiausvyra egzistuoja. Joje savo vietą atranda ąžuolai, rojus paukščiai ir melsvabakterės.

*

Sunku neatjausti Džozefo Pristlio. Lavuazjė galėjo ne tik džiaugtis kur kas geresne socialine ir finansine padėtimi – jis pasisavino ir Pristlio eksperimentus bei deguonies atradėjo laurus. Be to, jis panaudojo šį atradimą prieš patį atradėją, nes deguonis leido paneigti Pristlio mėgstamą flogistono teoriją. Svarbiausia, kad Lavuazjė pavyko visai tai padaryti. Pristlio šalininkų gretos kasmet menko, o Lavuazjė – sparčiai augo.

Visgi netrukus Pristliui kilo didesnių problemų, nei mokslininko autoriteto smukimas. Nors Anglijoje jis buvo vadinamas Doktoru Flogistonu, pats Pristlis visų pirma laikė save pamokslininku, o 1780 m. jam pavyko gauti neblogą parapiją Birmingame. Vėliau mokslininkas pasakojo, kad tai buvo laimingiausias jo gyvenimo etapas. Pristlis tarnavo pasiturinčioje bendruomenėje, atrado dar keletą naujų dujų, susidraugavo su Džeimsu Vatu (James Watt) ir Erazmu Darvinu (Erasmus Darwin), prisijungė prie jų salono, žymiosios „Pilnaties draugijos“, ir netgi užsidirbo šiek tiek pinigų gamindamas ir pardavinėdamas laboratorinę įrangą.

Visgi ne visi birmingamiečiai jį mėgo. XVIII a. šiame mieste kilo ne vienas maištas, o jo prastuomenė buvo vadinama „skurdžia, įžūlia, pikta, niekšinga, niekinga ir buka minia“. Netrukus jos dėmesį patraukė ir naujasis pamokslininkas. Tuo laiku jis jau buvo parašęs keletą žinomų knygų, įskaitant ir vieną veikalą nelinksmu pavadinimu „Krikščionybės korupcijos istorija“. Be to, jis viešai žavėjosi Prancūzijos revoliucija, kuri Birmingamo prastuomenei asocijavosi (ir ne be pagrindo) su dviejų visuomenės stulpų – Bažnyčios ir karaliaus – žlugimu. (Beje, Anglijoje Prancūzijos revoliuciją taip vertino ne tik prastuomenė. Apšvietos politinis veikėjas Edmundas Berkas (Burke), ieškodamas taiklios metaforos, Prancūzijos prastuomenę pavadino „laukinėmis dujomis“ – jis vadovavosi van Helmonto dujų kaip chaoso samprata.)

Nepaisydami šių visuomenėje vyraujančių nuotaikų, 1791 m. liepos 14 d. devyniasdešimt Pristlio bendraminčių vietiniame Birmingamo viešbutyje surengė šventinę vakarienę antrosioms Bastilijos šturmo metinėms paminėti. Tai buvo nekokia mintis. Kol jie šventė ir kėlė taures už įvairias



„Pristlio riaušių“ dalyviai siaubia jo namus.

radikalios idėjas – „Prancūzijos patriotus“, „žmogaus teises“ ir „kovotojus už Amerikos laisvę“, aplinkui susirinko trijų šimtų galvažudžių minia, o miesto šauklis ėmė skambinti varpu. Vakarienė nutrūko, minia ėmė mėtyti į svečius akmenis ir daužyti viešbučio langus. Po to riaušininkai patraukė link bažnyčios, kurioje pamokslavo Pristlis, nusiaubė ją ir sudegino iki pamatų. Bet ir to jiems nepakako – maištininkai patraukė į už poros kilometrų esančius chemiko namus, pasirengę iškepti jį gyvą.

Pats Pristlis vakarienėje nedalyvavo, tuo parodydamas jam nebūdingą apdairumą. Artėjančios minios triukšmą jis išgirdo žaisdamas nardais. Atskubėję draugai įkalbėjo mokslininką bėgti ir gelbėtis, taigi jis nuo netoliese stūksančios kalvos stebėjo savo namų sunaikinimą ir netgi girdėjo, kaip vienas riaušininkas sušuko: „Iškratykim pudrą iš Pristlio peruko!“ Per kitas tris dienas maištininkai sugriovė dar porą dešimčių namų ir ke-

turias bažnyčias – griuvėsiais virto nemaža Birmingamo dalis. Vis dėlto į istoriją šis įvykis pateko kaip „Pristlio riaušės“ – mano žiniomis, tai vienintelis mokslininko vardu pavadintas maištas.

Persikėlęs į Londoną Pristlis pateikė vyriausybei prašymą atlyginti žalą remdamasis tuo, jog valdžia nieko nedarė, kad nuramintų minią, tačiau Karūna neskubėjo jo užjausti. „Nors neturėčiau džiaugtis, bet džiaugiuosi, kad Pristlis nukentėjo dėl idėjų, kurias skelbė kartu su savo šalininkais“, – pareiškė karalius Jurgis III. Pristlis pamėgino susisiekti su senais draugais iš Londono Karališkosios draugijos, tačiau buvo labai įskaudintas, kai šie jį atstūmė (tokia „bičiulystė“ tarp mokslininkų nereta). Galiausiai Karūna vis dėlto išmokėjo mokslininkui 2 500 svarų sterlingų žalos atlyginimą – net 1 500 svarų sterlingų mažiau, nei jis prašė. Sumos taip smarkiai skyrėsi iš dalies dėl to, kad Pristlis brangiai įvertino laboratorinę įrangą, o teismas ją laikė beverte.

Taigi Pristlio niekas nebesiejo su Anglija, ir 1794 m. balandį, būdamas šešiasdešimt vienerių metų, jis išplaukė į Jungtines Amerikos Valstijas. Trys jo sūnūs jau buvo persikėlę į šią šalį ir įtikino tėvą, kad kalbos apie tikėjimo laisvę – tiesa. Nors Pristliui buvo pasiūlyta dėstyti chemiją Pensilvanijos universitete (kurį įkūrė jo senas draugas Bendžaminas Franklinas), mokslininkas apsigyveno kaimiškoje Nortumberlando gyvenvietėje Pensilvanijos centre. Tikėdamasis pamiršti Senąjį pasaulį ir jo bėdas, Amerikoje jis daugiau niekada nemūvėjo garsiojo pudruoto peruko.

Visgi bėdos pasivijo mokslininką ir kitapus Atlanto – kitas emigrantas ir senas politinis Pristlio priešininkas (pasivadinęs Peteriu Porcupine), norėdamas sumalti į miltus chemiko reputaciją Pensilvanijoje, pradėjo platinėti pašaipius pamfletus. Be to, Pristliui teko išverti su jo šeima susijusį skandalą – jo sūnus Viljamas buvo kaltinamas kelių tarnų, tarp jų ir dviejų merginų, nuuodijimu (šis nusikaltimas taip ir liko neišaiškintas). Vis dėlto, nepaisydamas nesėkmių, Doktoras Flogistonas tęsė eksperimentus ir už Atlanto atrado dar vienas dujas – anglies monoksidą. Po jo mirties 1804 m. prezidentas Tomas Džefersonas (Thomas Jefferson), kuris ir pats buvo neabejingas gamtos mokslams, buvusį pamokslininką pavadino „vienu nuostabiausių žmonijos protų“.

*

Lavuazjė gyvenimas baigėsi kur kas tragiškiau. Per Prancūzijos revoliuciją valdžią užgrobusi radikali jakobinų frakcija 1790 m. likvidavo bendrovę *Ferme Générale*. Likęs be darbo Lavuazjė dar labiau pasinėrė į mokslinius tyrimus, pavyzdžiui, metrinės matų sistemos užuomazgų vystymą. Visgi ankstesnė jo mokesčių rinkėjo karjera nebuvo užmiršta, ir minia reikalavo keršto. Įtakingas radikalas Žanas Polis Maratas (Jean-Paul Marat) panaudojo Lavuazjė mokslinius gebėjimus prieš jį patį. Siekdamas veiksmingiau rinkti mokesčius, Lavuazjė prieš keletą metų pasiūlė apjuosti Paryžių siena ir įrengti vartus, kad būtų galima kontroliuoti atvykstančius ir išvykstančius asmenis. Šiuolaikiniai istorikai šią idėją prilygino „keturiasdešimties turtingiausių JAV žmonių minčiai Vidaus mokesčių tarnybos interesais mokesčių mokėtojų lėšomis apjuosti Niujorką siena su prašmatniais vartais“. Ši mintis, be abejo, patiko Prancūzijos mokesčių rinkėjams, tačiau užsitraukė begalinę minios neapykantą – po kelerių metų, dar prieš Bastilijos šturmą, įniršusi minia vartus nusiaubė ir sudegino. Bet Maratas žengė dar toliau – jis apkaltino Lavuazjė pastačius vartus tam, kad šis galėtų kontroliuoti į Paryžių patenkančią oro srautą, lyg mokslininkui būtų pavaldus pats deguonis. Mokslo požiūriu ši mintis buvo absurdiška, bet tiesiog nuostabiai tiko propagandai. Žmonės ėmė nekęsti Lavuazjė.

Iki 1793 m. jis dar buvo laisvas, bet vėliau jakobinai nusprendė suimti jį ir dar dvidešimt septynis „kraugerius“ bei „vampyrus“ mokesčių rinkėjus. Kelias dienas Lavuazjė slapstėsi Luvre, bet prieš Kalėdas pasidavė revoliucionieriams. Pradžioje jis buvo kalinamas gana geromis sąlygomis – kartu su kitais kalininiais gurkšnojo vyną, valgė kriaušes ir žaidė nardais. Tuo metu daugelis *Ferme* akcininkų dar tikėjosi laimingos pabaigos. Lavuazjė guodėsi mintimi, kad net ir netekęs turto galės užsiimti mėgstamu darbu – gaminti vaistus. Visgi iliuzijos išsisklaidė, kai suimtieji buvo perkelti į kur kas prastesnes kameras, kuriose jie galbūt pirmą kartą gyvenime susidūrė su žiurkėmis ir blusomis. Nujausdami siaubingą savo likimą kai kurie *Ferme* akcininkai apsirūpino mirtinomis opijaus dozėmis, bet Lavuazjė atkalbėjo juos nuo savižudybės.

Teismo posėdis prasidėjo 1794 m. gegužės 8 d., 10 val. Jį vedė trys teisėjai, apsigaubę juodomis mantijomis, ryšintys baltus kaklaraiščius ir dė-

vintys skrybėles su plunksnomis. Prieš juos ant stalo stovėjo butelis vyno – galbūt taip buvo bandoma imituoti civilizuotą teismo procesą. Prie įėjimo į teismo salę iš visų suimtųjų buvo atimti asmeniniai daiktai – Lavuazjė prarado mažą auksinį raktelį. Galiausiai jiems buvo pareikšti kaltinimai dėl pernelyg didelių mokesčių, vandeniui praskiesto tabako ir 130 milijonų livrų išgrobstymo (šiandien ši suma prilygtų 5 mlrd. dolerių). Baisiausia, kad vyriausybė *Ferme* akcininkus apkaltino sąmokslu prieš Prancūzijos gyventojus – už tokį nusikaltimą buvo baudžiama mirtimi. Nė vienas iš šių kaltinimų nebuvo pakankamai pagrįstas – jis priminė Lavuazjė komediją „Deguonis prieš Flogistoną“. Visgi teisėjai mąstė kitaip, ir visiems dvidešimt aštuoniems kaltinamiesiems buvo skirta mirties bausmė giljotinuojant.

Nuteistieji tą pačią dieną buvo nuvežti prie giljotinos, o raiti kareiviai skynėsi kelią per minią. Maždaug penktą valandą vakaro visi suimtieji surištomis už nugaros rankomis vienas po kito užlipo ant ešafoto. Lavuazjė buvo ketvirtas. Vienas jo draugas pastebėjo: „Užteko vos vienos akimirkos tai galvai nukirsti, bet prireiks kone 100 metų, kad tokia gera galva vėl užaugtų.“ Tuo metu Džozefas Pristlis kaip tik plaukė per Atlantą ir apie Lavuazjė mirtį sužinojo tik po kelių mėnesių. Greičiausiai ši žinia jį sukrėtė, nes Prancūzijos revoliucija, kurios idealais mokslininkas taip tikėjo, sugriovė ne tik jo, bet ir jo pagrindinio konkurento gyvenimą.

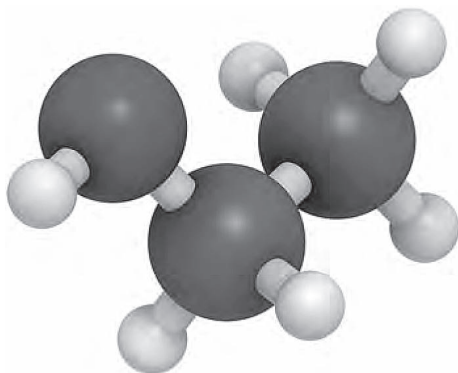
Praėjus kuriam laikui po Lavuazjė mirties, apie paskutines jo valandas ėmė sklisti legendos. kažkas pasakojo, kad paskelbus mirties nuosprendį Lavuazjė paprašė šiek tiek laiko pabaigti mokslinį darbą, tačiau teisėjas į tai atsakė: „Respublikai nereikia mokslininkų.“ Iš tiesų nebuvo nieko panašaus, tačiau kai kurie žmonės iki šiol mąsto panašiai kaip tas teisėjas. Panašaus atsakymo sulaukė ir Karlas Bošas, po daugelio metų paprašęs Hitlerio pasigailėti kelių žydų mokslininkų.

Labiau žinoma legenda apie paskutines Lavuazjė gyvenimo akimirkas. Sakoma, kad laukdamas savo eilės prie ešafoto mokslininkas paprašė padėjėjo prieiti kuo arčiau ir padėti jam atlikti paskutinį eksperimentą. Ne taip, kaip daugelis mano, giljotina nenužudo akimirksniu – nukirsta galva gyvena dar kelias sekundes. Dėl suprantamų priežasčių anksčiau niekas nebandė nustatyti šio laiko, taigi Lavuazjė nusprendė, jog jo paties mirtis suteikia puikią galimybę. Mokslininkas pasakė padėjėjui, kad vos

pajutęs peilio ašmenis ant kaklo jis pradės mirksėti ir mirksės tol, kol smegenyse neliks deguonies, ir jis neteks sąmonės. Asistentui reikėjo nekreipti dėmesio į kraują, minią, įveikti pasibjaurėjimą ir skaičiuoti. Vieni sako, kad Lavuazjė galva sumirksėjo vienuolika, o kiti – kad penkiolika kartų.

Ši istorija gana abejotina, atsižvelgiant į tai, koku greičiu lėkė nuteistųjų galvos – visi dvidešimt aštuoni vyrai mirė per trisdešimt penkias minutes. Vis dėlto ji parodo, kaip nuoširdžiai mokslininkas gali būti atsidavęs savo darbui – net ir po mirties. Man ši istorija primena Sokratą, kuris filosofavo net gurkšnodamas nuodus. Jeigu legenda apie Lavuazjė mirtį būtų tiesa, tai būtų nuostabiausias eksperimentas per visą jo gyvenimą – visiškai originalus, tinkamas demonstruoti viešai ir apimantis tik nuostabias mokslininko smegenis bei jo taip vertintą deguonį.

INTARPAS. Baisiau, nei rašė Dikensas



Etanolio (C_2H_5OH) koncentracija ore dabar yra 0,00005 dalelės iš milijono, tad kaskart įkvėpus į mūsų vidų patenka 600 milijardų jo molekulių.

Pirmiausia jie pajuto kvapą – lyg kas keptų nešviežią ėrieną. Du žmonės sėdėjo savo bute pačiame Londono centre ir nelinksmai kalbėjosi apie vidurnaktį numatytą susitikimą su apačioje įsikūrusiu senu girtuokliu ponu Kruku (Krook). Bet jų pokalbį netikėtai nutraukė keisti įvykiai. Po kambarį tarsi kokios velnio pleiskanos ėmė suktis juodi suodžiai, nudažę vieno vyro rankogalius. Kai antrasis pašnekovas atsirėmė į palangę, jam ant rankų liko geltonų riebalų pėdsakų. Ir dar tas kvapas! Su kiekviena akimirka bjaurus keptos mėsos kvapas vis stiprėjo.

Pagaliau atėjo vidurnaktis, ir vyrai nusileido žemyn. Užėiti į pono Kruko parduotuvę, užgrūstą skudurais, buteliais, kaulais ir kitomis šiukšlėmis, buvo nemalonu net dieną. Bet tą naktį ji atrodė tiesiog demoniška. Šalia Kruko miegamojo, parduotuvės gale, šnypšdamas pasirodė juodas

katinas Leopoldas. Miegamojo sienos ir grindys buvo padengtos riebalais. Ant kėdės gulėjo Kruko paltas ir skrybėlė, ant stalo stovėjo džino butelis. Visgi vienintelis gyvas padaras buvo šnypščiantis katinas. Vyrai sukiojo žibintą, tikėdamiesi rasti Kruką.

Galiausiai ant grindų jie pamatė saujelę pelenų. Pradžioje vyrai spoksojo į ją netekę žado, o paskui apsisukę puolė bėgti. Iššokę į gatvę jie ėmė šauktis pagalbos. Bet jokios pagalbos neberekėjo – senasis Krukas tapo savaiminio degimo auka.

*

Šią ištrauką iš savo romano „Šalti namai“ Čarlzas Dikensas (Charles Dickens) paskelbė 1852 m., ir dauguma skaitytojų besąlygiškai ją patikėjo. Visi žinojo, kad ponas Dikensas kuria tikroviškas istorijas ir skiria didelį dėmesį detalėms, nesvarbu, ar rašytų apie raupus, ar apie smegenų pažeidimą. Tad net jei ponas Krukas buvo išgalvotas veikėjas, skaitytojai tikėjo, kad rašytojas labai tiksliai aprašė savaiminį degimą.

Vis dėlto keletas žmonių skaitydami šią sceną tiesiog liepsnojo pykčiu. To meto mokslininkai stengėsi išgyvendinti tokias idėjas kaip aiškiaregystė, įtaiga ir mintis, kad žmonės kartais gali be priežasties užsiliepsnoti. Taip po poros savaičių įsiplieskė keisčiausias literatūros istorijoje ginčas – polemika dėl deguonies vaidmens žmogaus medžiagų apykaitoje.

Pagrindinis Dikenso kaltintojas buvo Džordžas Ljuisas (George Lewes) – Viktorijos laikų Ričardas Dokinsas (Richard Dawkins)¹⁰, visada pasiryžęs stoti į kovą su prietarais. Jaunystėje Ljuisas studijavo fiziologiją, taigi šį tą išmanė. Literatūros pasaulyje jis buvo žinomas kritikas ir dramaturgas bei ilgametis Džordžo Elioto (George Eliot)¹¹ meilužis. Be to, jis vadino Dikensą savo draugu.

Visgi jo reakcija į romaną „Šalti namai“ toli gražu nebuvo draugiška. Ljuisas sutiko, kad menininkai turi teisę kartkartėmis iškreipti tiesą, bet manė, kad net romanistai neturėtų ignoruoti fizikos dėsnių. „Aprašyti įvykiai peržengia priimtinos išmonės ribas“, – rašė Ljuisas. Nėgana to, jis apkaltino Dikensą vaikantis pigių sensacijų ir padedant „įsitvirtinti grubiai klaidai“. Dikensas nepraleido kritikos pro ausis. Romaną „Šalti namai“ jis

¹⁰ Garsus šių dienų evoliucijos tyrinėtojas, žymus ateistas ir knygos „Dievo iliuzija“ autorius.

¹¹ Džordžo (George) Elioto slapyvardžiu pasirašinėjo garsi XIX a. britų rašytoja Mary Ann Evans.



Pono Kruko mirtis. Dikensio romano „Šalti namai“ iliustracija.

skelbė kas mėnesį dalimis, todėl turėjo laiko į sausio epizodą įterpti paneigimą.

Naujasis epizodas buvo susijęs su pono Kruko mirties aplinkybių tyrimu, ir autorius jame išjuokė trumparegius savaiminio degimo kritikus teigdamas, kad jie nepripažįsta akivaizdžių faktų: „Kai kurie valdžios atstovai (be abejo, patys išmintingiausi) tvirtina... kad mirusysis neturėjo mirti tokiu abejotinu būdu.“ Visgi galiausiai triumfavo sveikas protas, ir teismo medicinos ekspertas romano pabaigoje pripažino, kad „yra paslapčių, kurios taip ir lieka neatskleistos!“

Savo požiūrį Dikensas plačiau aiškino asmeniniuose laiškuose Ljuisui, nurodydamas kelis žinomus savaiminio degimo atvejus. Įtikinamiausias jam atrodė įvykis, 1731 m. nutikęs vienai italų grafienei. Pasakojama, kad puoselėdama odą ji maudėsi brendyje, ir vieną rytą po tokios vonios kambarinė pastebėjo, jog ponios lovoje nėra. Kaip ir kalbant apie poną Kruką, ore tvyrojo suodžių dalelės, o visus daiktus dengė gelsvas riebalų sluoksnis. Vieną ponios koją (!!!) tarnaitė rado už kelių pėdų nuo lovos. Tarp kojos ir lovos buvo tik saujelė pelenų ir apanglėjusi kaukolė. Daugiau nieko įtartino aptikta nebuvo, nebent dvi išsilydžiusios žvakės. Šią istoriją aprašė dvasi-ninkas, todėl Dikensas laikė ją patikima.

Be to, jis nebuvo vienintelis savaiminiu degimu tikėjęs rašytojas. Panašiai išnyko Marko Tveno (Twain), Hermano Melvilio (Melville) ir Vašingtono (Washington) Irvingo veikėjai. Kaip ir „tikruose liudijimuose“, tokia mirtis dažniausiai ištikdavo senyvus, mažai judančius girtuoklius. Jų kūnai visada sudegdavo iki pelenų, nors galūnės kartais likdavo nepažeistos. Keisčiausia buvo tai, kad ugnis nepaliesdavo jokių kitų daiktų, o tik aukos kūną.

Galite tikėti, galite netikėti, bet Dikenso ir kitų autorių kūryba buvo grindžiama tam tikrais moksliniais faktais. Likus maždaug dešimčiai metų iki „Šaltojo namo“ pasirodymo mokslininkai atrado nitrogliceriną – aliejaus pavidalo medžiagą, kuri iš tiesų gali savaime sprogti. Be to, savaiminis degimas buvo susijęs su vienu svarbiausių atradimų medicinos istorijoje, sujungusiu, rodos, visiškai nepanašius degimo, kvėpavimo ir kraujo apytakos reiškinius.

1628 m. Viljamas Harvis (William Harvey) pateikė pirmuosius patikimus įrodymus, kad kraujo apytaka organizme uždara, o širdis veikia kaip siurblys. (Iki tol žmonės manė, jog kepenyse maistas virsta krauju, kurį kiti organai „geria“ kaip augalai vandenį.) Kita vertus, Harvis tuo pačiu metu iškėlė keletą abejotinų teorijų apie kitų medžiagų, pavyzdžiui, oro, cirkuliaciją organizme. Jis žinojo, kad ir kraujas, ir oras pereina per plaučius, tačiau tikino, kad šios medžiagos juose nesusimaišo. Jis manė, kad kraujas plaučiuose tiesiog aušinamas, panašiai, kaip aušiname sriubą maišydami šaukštu. Kitaip tariant, jis manė, kad plaučiams tenka mechaninis vaidmuo, ir jie nekeičia kraujo cheminės sudėties – tai esą galinti padaryti tik širdis.

Vis dėlto XVII a. septintajame dešimtmetyje du mokslinio vyrų klubo, dar vadinamo Karališkąja draugija, nariai Robertas Hukas (Hooke) ir Robertas Levė (Lower) paneigė Harvio teoriją, kad plaučiai tik atvėsina kraują. To jie pasiekė po daugybės eksperimentų, susijusių su kraujo cirkuliacija, kuriuos darydami nevengė šunų vivisekcijos. Nepasakosiu pačių nemaloniausių detalių, tik paminėsiu, jog eksperimentų esmė buvo ta, kad šunų plaučiuose mokslininkai padarydavo kelias kiaurymes, per kurias galėjo tekėti oras, o vėliau dumplėmis pumpavo orą į gyvūnų gerklę. Nuolat tiekiant orą plaučiai išlikdavo išsipūtę – kelias minutes jie nei plėsdavosi, nei traukdavosi.

Visgi nors plaučiai nejudėjo, tol, kol oras nuolat tekėjo per plaučius, bandomojo šuns širdis ir kiti organai funkcionavo be sutrikimų. Tai reiškė, kad, nepaisant Harvio teiginio, plaučių judėjimas neturėjo lemiamos reikšmės. Mokslininkai taip pat nustatė, kad tekėdamas per plaučius šunų kraujas pakeičia spalvą iš melsvosos Pikaso (Picasso) spalvos į skaisčiai raudoną Matiso (Matisse) spalvą. Šie pastebėjimai padėjo pagrįsti teoriją, kad plaučių paskirtis – užtikrinti cheminius kraujo pokyčius: arba kažkokia medžiaga prie jo prisijungia, arba iš jo pašalinama.

Pasirodė, kad teisingas ir vienas, ir kitas teiginys. Kaip jau minėjau, XVIII a. pabaigoje chemikai nustatė, kad į plaučius įkvepiamas deguonis, o iškvepiamas anglies dioksidas. (Tai padeda paaiškinti, kodėl keičiasi kraujo spalva. Prisijungęs prie raudonųjų kraujo kūnelių (eritrocitų), deguonis susijungia su hemoglobino molekulėmis. Hemoglobino sudėtyje yra geležies atomas, kuris lengvai jungiasi su deguonimi, o šis keičia hemoglobino formą. Taigi kraujo spalva dėl to pasikeičia iš melsvosos į skaisčiai raudoną.) Be to, mokslininkai nustatė deguonies ryšį ne tik su kvėpavimu, bet ir su degimu. Taigi paaiškėjus, kad organizmo ląsteles deguonimi aprūpina kraujas, jie pareiškė *quod erat demonstrandum* („ką ir reikėjo įrodyti“), kad kvėpavimas yra tam tikra lėto degimo forma, o degalų vaidmenį atlieka pats mūsų organizmas.

Tad jeigu mūsų viduje nuolat vyksta tam tikras lėtas degimas, kodėl ši vidinė ugnis neišsiveržia į išorę? Ypač tai pasakytina apie alkoholikus, kurių vidaus organai tiesiog permirkę džinu ar romu... Vadovaujantis tokia logika savaiminis degimas neatrodė juokingas (be to, paminėsiu – nors kol kas į tai nesigilinsiu – mes nuolat leidžiame į aplinką degiąsias dujas). Tie-

sioginė tokio savaiminio degimo priežastis galėtų būti pyktis arba karščia-
vimas. Atkakliai gindamas savaiminį degimą, Dikensas kurstė mokslinių
diskusijų laužą.

Visgi Ljuiso tai neįtikino. Jis susipažino su istoriniais dokumentais,
kuriais buvo grindžiamas Dikenso romanas, ir atmetė juos kaip „įdomius,
bet neįtikinamus“, atkreipdamas dėmesį, kad kai kurie jų buvo daugiau nei
šimto metų senumo. Nepadėjo ir tai, jog Dikensas rėmėsi vienu garsenybių
gydytoju, kuris taip pat propagavo frenologiją¹². Be to, Ljuisas atkreipė dė-
mesį, kad nė vieno iš šių „patikimų“ pasakojimų neužrašė tiesioginiai liudi-
ninkai. Autoriai visada remdavosi trečiojo asmens pasakojimu – pusbrolio
draugo ar nuomotojo žento.

Galiausiai, Ljuisas geriau išmanė fiziologiją. Jis nurodė neseną tyrimą,
atskleidusį, kad kepenys skaido ir pašalina alkoholį, taigi nesvarbu, koks
kvapas sklinda alkoholikams iš burnos – jų vidaus organai neplaukioja
spirite. Net jei taip ir būtų, vis tiek maždaug tris ketvirtadalius žmogaus
organizmo sudaro vanduo, taigi jis bet koku atveju negali užsidegti. Gydy-
tojai jau žinojo, kad net karščiuojant kūno temperatūra nepakyla tiek, kad
galėtų ką nors uždegti.

Nenuostabu, kad Dikensas užsispyrusiai su tuo nesutiko – jo požiū-
ris į mokslą visada buvo nevienareikšmis. Nors rašytojas negalėjo paneig-
ti nuostabių dalykų, kuriuos atvėrė mokslas, jis širdyje liko romantikas ir
manė, kad mokslas užmuša vaizduotę. Be to, jis buvo įsitikinęs, jog pono
Kruko mirties scena nepaprastai svarbi visam romanui, kuriame aprašoma
teismo byla, galiausiai „sudeginusi“ susijusių asmenų gyvenimus ir turtą,
taigi autorius negalėjo jos atsisakyti. Kuo karščiau Dikensas gynėsi, tuo la-
biau Ljuisas piktinosi. Jie ginčijosi dešimt mėnesių, bet vis dėlto 1853 m.
pasirodžius paskutinei „Šaltojo namo“ daliai, ginčas išblėso.

Istorikai, be abejo, nugalėtoju paskelbė Ljuisą – juk savaiminio de-
gimo atvejai buvo aprašyti tik bulvarinėje spaudoje. Visgi savaiminio
degimo idėja tada nebuvo tokia kvaila ar juokinga, kaip tvirtino Ljui-
sas – viename medicinos žurnale ši tema buvo nagrinėjama net 1928 m.
Be to, Dikensas buvo neabejotinai teisus dėl vieno: savaiminis degimas
tikrai įmanomas kalbant apie žmonių santykius. Galiausiai Dikenso ir

¹² Frenologija – XVIII–XIX a. egzistavusi neurologijos kryptis, mėginusi rasti ryšį tarp kaukolės
formos ir žmogaus protinių sugebėjimų bei moralinių savybių.

Ljuiso bendravimas grįžo į vėžes, nors tuos dešimt 1853-ųjų mėnesių tarp jų liepsnojo tikras gaisras. Šie du vyrai savo kailiu patyrė, kaip greitai gali sudegti draugystė ir reputacija, po savęs palikdamos tirštus dūmus ir saujelę pelenų.

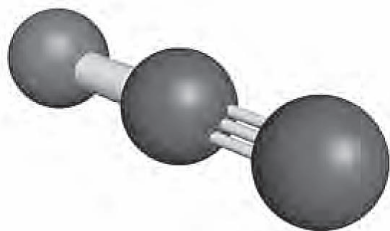
II. ORO PAŽABOJIMAS

ŽMOGAUS SANTYKIAI SU ORU

Ankstesniuose skyriuose nagrinėjome du svarbius klausimus apie orą: iš kur atsirado mūsų atmosfera ir kokios dvi svarbiausios jos sudedamosios dalys – azotas ir deguonis. Tik nepamirškime, jog su kiekvienu atodūsiu įkvepiame ir šimtus kitų dujų – kai kurios iš jų subtiliai papildo mūsų kvėpuojamą orą. Jeigu nekreiptume į jas dėmesio, atmosferos istorija būtų visiškai neišsami. Be to, pasakojimai apie šias dujas atveria naujų galimybių: galime ne tik tyrinėti šių dienų atmosferos kilmę, bet ir aptarti žmogaus santykius su oru, pavyzdžiui, kaip skirtingas dujas panaudojome įvairiausiems savo gyvenimo aspektams pagerinti, visų pirma, medicinoje.

KETVIRTAS SKYRIUS

STEBUKLINGOS DŽIAUGSMO DUJOS



Diazoto oksido (N_2O) koncentracija ore dabar yra 0,33 dalelės iš milijono, tad kaskart įkvėpus į mūsų vidų patenka keturi kvadrilijonai šių dujų molekulių.

Vieną 1791 m. rytą Oksfordo profesorius Tomas Bedousas (Thomas Beddoes) su malonumu klausėsi dviejų nepažįstamųjų pokalbio, kurio pagrindinė tema buvo jis pats. Profesorius pusryčiavo užėjoje ir staiga išgirdo minint savo vardą. Netrukus jis suprato, kad prie to paties stalo sėdintys žmonės jo nepažįsta, ir lyg tarp kitko įsitraukė į pokalbį. Po kiek laiko jaunuolis, kuris buvo vienas iš pašnekovų, pareiškė girdėjęs, jog Bedousas Anglijoje ką tik atrado tris naujus ugnikalnius. Su juo buvusi moteris, nors ir pripažino Bedouso mokslinį genialumą, smerkė jį už ateizmą ir paramą Prancūzijos revoliucijai. „Nors šis vyras puikiai išmano fosilijas ir kitus panašius dalykus, – tvirtino moteris, – iš esmės jis visiškai kvailys ir beviltiškas eretikas. Be to, jis toks mažas ir storas, kad galėtų vaidinti keistuolių cirke.“ Bedousas kreivai šyptelėjęs pasitraukė.

Tiesą sakant, pašnekovai nežinojo nė pusės to, ką būtų galima papasakoti apie jų apkalbų objektą. Per kelerius metus Bedousas įgijo keisčiausio Anglijos mokslininko reputaciją. Jis bandė valyti tuberkulioze sergančių pacientų plaučius, duodamas jiems kvėpuoti karvių žarnyno dujomis. Pats mokslininkas čiulpė sidabro ir švino gabalėlius, kad „pajustų elektros skoni“. Be to, panašias idėjas jis skelbė tokiai gausiai auditorijai, kokios jokiai Oksfordo profesorui nebuvo pavykę suburti nuo pat viduramžių. Vis dėlto svarbiausias Bedouso pasiekimas buvo tas, kad jis pradėjo tyrinėti žmogaus sąmonę veikiančių dujų (tokių kaip diazoto oksidas (N_2O) poveikį.

Nors dauguma dujų buvo atrastos vos prieš kelerius metus, XVIII a. pabaigoje kai kurios iš jų jau išsiveržė iš laboratorijų ir tapo populiariais vaistais. Tai tapo dujų chemijos lūžio tašku: užuot tiesiog vertinę skirtingas dujų savybes, dabar mokslininkai stengėsi suprasti, kuo jos galėtų būti naudingos žmogui. Deja (o medicinoje taip nutinka neretai), toks posūkis atvėrė duris įvairaus plauko šarlatanams. Pastarieji teigė, kad dujos gali išgydyti vidurių šiltinę, opas, diabetą, krupą, katarą, pleuritą, viduriavimą, skorbūtą, gerklės skausmą ir net aklumą bei kurtumą. Visgi jokios kitos dujos nekėlė tiek jaudulio ir baimės, kaip diazoto oksidas. Bedouso darbai su šia medžiaga balansavo ties plona mokslo ir pseudomokslo riba. Ir nors po kurio laiko jo eksperimentai su „linksminančiomis dujomis“ lėmė vieną didžiausių proveržių medicinos istorijoje, pats mokslininkas mirė manydamas, kad patyrė nesėkmę.

Bedousas buvo diplomuotas gydytojas ir medicina užsiiminėjo panašiai, kaip Sokratas filosofija – drąsiai kritikavo visus, neatsižvelgdamas į padėtį ar pareigas. Viena vertus, jis kritikavo aukštuomenės gydytojus už tai, kad šie nepaiso paprastų žmonių kančių, tačiau ne mažiau aršiai smerkė ir įvairius „liaudies daktarus“, pardavinėjančius nenaudingus balzamus bei tinktūras. Pats Bedousas ieškojo vidurio kelio, kuris netikėtai nušvito jo mintyse vieną 1791 m. dieną klampojant per purviną ganyklą.

Dauguma tų laikų gydytojų beveik kiekvienos ligos priežastimi laikė kvėpavimą užkrėstu oru (pavyzdžiui, pavadinimas „maliarija“ paraidžiui reiškia „blogas oras“). Būtent todėl negaluojančios to meto romanų veikėjai vykdavo į pajūrio kurortus ir kalnų sanatorijas, kur galėjo lengvai ir laisvai kvėpuoti. Nors Bedousas, kaip ir dauguma jo amžininkų, tikėjo „geru“ ir „blogu“ oru, chemijos jis mokėsi pas anglies dioksido atradėją Džozefą Bla-



Gdytojas skeptikas Tomas Bedousas.

ką. Šios studijos ir tapo jo idėjos užuomazga: gal vertėtų pačiam sukurti orą ir raginti pacientus juo kvėpuoti?

Įkvėptas šios minties Bedousas pradėjo rinkti informaciją apie tai, kaip įvairios dujos veikia žmonių būseną, ir ėmė eksperimentuoti su saviimi. Atlikdamas tokius eksperimentus jis, be kita ko, aptiko, kad kvėpuodamas deguonimi tapo nejautrus šalčiui ir per kelias savaites numetė apie 7 kilogramus (deja, deguonis taip pat smarkiai išdžiovino jo odą ir sukėlė kraujavimą iš nosies). Galiausiai mokslininkas visą eksperimentų informaciją ir ataskaitas surinko į vieną knygą, kurioje, be kita ko, netrūko ir ginčytinų teiginių, pavyzdžiui, kad dujos gali išgydyti vėžį arba nuslopinti organizmo poreikį miegoti. Be to, Bedousas kūrė planus įkurti mokslinių tyrimų įstaigą – pneumatikos institutą, kuriame galėtų sistemingai tirti dujų poveikį sveikatai (kaip tik tuo metu už Prancūzijos revoliuciją palai kančius atsisaukimus jį buvo ketinama atleisti iš Oksfordo universiteto).

Mokslininkas įsivaizdavo, kad pneumatikos institutas tuo pačiu metu turėtų būti ir ligoninė, kurioje būtų gydomi pacientai, ir mokslinių tyrimų centras, kuriame būtų kuriami nauji gydymo būdai – galbūt pirmasis medicininių mokslinių tyrimų centras žmonijos istorijoje. Šiam sumany-

mui įgyvendinti reikėjo nemažai lėšų, taigi Bedousas paramos ėmė ieškoti Birmingamo „Pilnatis draugijoje“, kuriai kažkada priklausė ir Džozefas Pristlis. Paremti naująjį institutą nusprendė kai kurie žymūs šios brolijos nariai, tokie kaip keramikos magnatas Vedžvudsas (Wedgwoods) ir garo variklio išradėjas Džeimsas Vatas, sutikęs nemokamai aprūpinti šią medicinos įstaigą reikiama įranga.

Vatas buvo asmeniškai suinteresuotas Bedouso tyrimais, nes šis, be kita ko, planavo kovoti su džiova (plaučių tuberkulioze). Džiovininkai, panašiai kaip ir nuodingų dujų aukos, lėtai nuskęsdavo jų plaučiams prisipildžius skysčio. Be to, jie karščiavo, gausiai prakaitavo ir kosėjo krauju. Vatas puikiai žinojo visus šios simptomus, nes džiova sirgo jo duktė Džesė (Jessie). Mergaitę jau buvo bandyta gydyti įvairiausiais būdais: rusmenės preparatais, opijumi, arbatmedžių žieve, taurėmis, nuleidžiant kraują ir net „sukant virve, kol supykins“. Griebdamasis už šiaudo Vatas leido Bedousui gydyti ją anglies dioksidu. Po savaitės Džesė mirė.

Bedousas su siaubu laukė Vato pykčio, nes šis buvo įtakingas asmuo ir galėjo sunaikinti pneumatikos institutą šiam dar neatsidarius. Vis dėlto Vatas buvo geras ir protingas žmogus, todėl, užuot kaltinęs Bedousą, ėmė dar labiau skatinti jo tyrimus. Pavyzdžiui, jis išrado nešiojamąją krosnį su keliais distiliavimo vamzdeliais ir reakcijos kameromis, kurių galima buvo naudoti įvairioms dujoms gaminti. Be to, Vatas sugalvojo keletą naujų pažangių dujų surinkimo būdų, tokių kaip dumplės, kuriomis jas vėliau buvo galima pumpuoti į plaučius, arba žali šilkiniai maišai su kandikliais. Visa ši sistema, kainavusi vos 14 svarų sterlingų, taip patiko Bedousui, kad jis pareiškė, jog nuo šiol „dozuoti dujas bus taip paprasta, kaip... pjaustyti mėsą“. Apsirūpinęs lėšomis ir įranga Bedousas pradėjo ieškoti žemės sklypo ir gausaus padėjęjo. Galiausiai jis nusprendė įsikurti Bristolyje – nebrangiam mieste, kuriame buvo natūralių mineralinio vandens šaltinių, sutraukiančių daugybę džiovininkų. Pasak vieno istoriko, Bristolis tapo „paskutine priebėga tiems ligoniams, kuriems nepadėjo kiti gydymo būdai <...>, o viešbučių ir svečių namų savininkai dažnai buvo ir laidojimo namų vadovai“. Bedousas teisingai apskaičiavo, kad daugelis tokių pacientų jau yra praradę paskutinę viltį ir tikriausiai ryšis išbandyti jo siūlomą gydymą dujomis.

Surasti padėjėją Bedousui ir vėl padėjo Vatas. XVIII a. dešimtojo dešimtmečio pabaigoje Vato sūnus Gregoris (Gregory), kuris taip pat sirgo



Hamfris Deivis – chemikas, poetas romantikas
ir naujų elementų atradėjas.

džiova, ilsėjosi Anglijos pietvakariuose – jis buvo apsistojęs pas našlę vardu Greisė Deivi (Grace Davy). Jos sūnus Hamfris (Humphry) Deivis, panašiai kaip Bedousas, buvo vadinamas ir genialių chemiku, ir ekscentrišku žmogumi. Sykį jis pagamino oro siurbį (tuo metu tai buvo gana sudėtingas įrenginys) iš klizmos, kurią bangos išplovė į krantą netoliese sudužus laivui. Savo sesers kambario sienas Hamfris išdažė tamsoje švytinčiu fosforu. Jaunuolis rašė ilgas fantastines poetas ir vienas leisdavosi į pasivaikščiojimus po Kornvalio uolas, iš kurių neretai grįždavo „pasipuošęs“ žaizdomis ir mėlynėmis.

Pradžioje Deivis Vato sūnui nepatiko, bet vėliau tarp jaunuolių užsi-mezgė simpatija. Jie kartu gurkšnodavo brendį, ir kartą Gregoris paragino Deivį parašyti Bedousui. Sužavėtas galimybės pabendrauti su tikru mokslininku, Deivis išsiuntė Bedousui dviejų šimtų puslapių laišką, kuriame su-

rinko savo mintis apie šilumą, šviesą, elektrą ir dujas. Nors dauguma jaunuolio darbų neturėjo nieko bendra su medicina, jie atskleidė aštrų jo protą ir polinkį į mokslą, taigi Bedousas galiausiai pasamdė Deivį (kuriam tuo metu buvo vos devyniolika) vykdyti eksperimentus Pneumatikos institute. Nors iki tol Deivis nebuvo išvykęs iš namų toliau, negu galima nukeliauti per vieną dieną, 1798 m. jis leidosi į trijų šimtų kilometrų kelionę iki Bristolio. Be to, norėdamas sutaupyti pinigų, vaikiną įsigijo pigiausią bilietą ir turėjo važiuoti ant ekipažo stogo. Susitikus su Bedousu jam labiausiai į akis krito tai, kad būsimasis viršininkas labai žemo ūgio ir apkūnus.

Klinika buvo atidaryta 1799 m. kovą, o balandį Deivis jau buvo išsekinęs save beveik iki mirties. Svarbiausia kasdienio jo darbo dalis buvo išskirti dujas ir tirti jų chemines savybes. Jaunasis mokslininkas dujomis veikė šunis, kates, triušius ir drugelius stebėdamas, kaip keičiasi gyvūnų kvėpavimas ir pulsas. Vis dėlto Deivis dujų poveikį labiausiai norėjo išbandyti pats, taigi pirmajam eksperimentui pasigamino keletą litrų anglies monoksido. Trečią kartą įkvėpus šių dujų jo širdis pradėjo daužytis, o krūtinę tarsi kažkas suspaudė. Jaunuolis vos iššliaužė į sodą, kur persigandęs padėjėjas atgaivino jį deguonimi. Likusią dienos dalį Deivis praleido vemdamas ir kankinamas siaubingų galvos skausmų.

Bet tai jo nesustabdė. Po savaitės Deivis tęsė eksperimentus, tik dabar sutelkė dėmesį į kitas tariamai nuodingas dujas – diazoto oksidą. Šias dujas jis gavo sandariame inde lėtai kaitindamas amonio nitrato kristalus ir stengdamasis išvengti sprogimo. Jų įkvėpęs jaunuolis burnoje pajuto saldų skonį, o vėliau – galvos svaigimą, tačiau klausia tuo pačiu metu paaštrėjo. Paskui atsirado keistas pojūtis – „nesmarkiai įsitempė visi raumenys“. O po to Deivis ėmė šokinėti po patalpą, šaukdamas iš džiaugsmo. Eksperimentą stebėjęs Bedousas vėliau rašė, kad Deivis patyrė „aukščiausią orgazmą“, o ir pats eksperimentuotojas visą naktį negalėjo užmigti iš susijaudinimo. Paeksperimentavę dar kelias savaites Deivis ir Bedousas įsitikino, jog azoto oksidas nenuodingas, ir nusprendė išbandyti jį su dviem pacientais.

Vienam pacientui po girtuoklysių jau porą metų buvo pusiau paralyžiota ranka – įkvėpęs porą gurkšnių „juoko dujų“ šis vyras galėjo ištiesti ranką ir imti ją daiktus. Antrojo paciento būklė buvo sunkesnė: „Jis buvo taip suluošintas, kad vos panėšėjo į žmogų“, – atsiminė Bedousas. Dujos

padėjo ir šiam pacientui – jis, panašiai kaip Lozorius, pakilo ant kojų ir metė ramentus.

Mieste netrukus pasklido gandas apie nepaprastas dujas, ir Bristolio bohemos atstovai ėmė teirautis Bedouso ir Deivio, gal galėtų jas išbandyti. Bedousas mielai sutiko – jį labai domino naujųjų dujų poveikis žmogaus psichikai ir elgesiui – ir pasiūlė naujas dujas išbandyti keletui poetų, su kuriais bičiuliavosi Deivis. Poetams toks „vakarėlio eksperimentas“ nepaprastai patiko ir jie netrukus surengė dar vieną. O po to dar ir dar. Netrukus Pneumatikos institutas ėmė gyventi dvigubą gyvenimą: dieną tai buvo resppektabili klinika, kurioje Bedousas gydė ligonius, o Deivis vykdė eksperimentus, tačiau vakarais ji tapdavo tarsi kokių opijaus klubu, kuriame ant gultų įsitaisę rašytojai iš žalių šilkinų maišų į plaučius traukė azoto dujas.

Deivis neatsispyrė pagundai į pasilinksminimus įpinti šiek tiek mokslo. Jis tyrė dujų veikiamų žmonių pojūčius – ragino juos akimis sekti žvakės liepsną arba klausytis varpelio. Be to, jaunasis mokslininkas atliko placebo kontroliuojamą savitaigos tyrimą – davė žmonėms paprasto oro pripildytus maišus ir stebėjo, ar jie vis tiek jausis pakylėti (taip nebuvo). Visgi svarbiausia, kad Deivis aprašė atskirų žmonių reakcijas į juoko dujas: kai kurie imdavo siautėti arba kalbėti nesąmones; viena moteris išbėgo į gatvę ir nuvijo didžiulį šunį – deja, pati visiškai to neprisiminė. Vis dėlto dažniausiai žmonės pradėdavo beprotiškai kvatoti ir leipdami juokais krisdavo ant žemės. Vėliau Deivis paprašė kai kurių „juoko vakarėlių“ dalyvių aprašyti, ką jie patyrė. Rašytojas Samjuelis Teiloras Kolridžas (Samuel Taylor Coleridge) kvėpavimą „juoko dujomis“ palygino su jausmu, kuris patiriamas iš speigo įėjus į maloniai šiltą patalpą. Jo kolega poetas Robertas Saudis (Southey) laiške draugui neslėpė susižavėjimo: „Kokias nuostabias dujas atrado Deivis! Jų įkvėpęs tampa stiprus... Tiesiog nepaprastai laimingas! O, nuostabus dujų maišas! Neabejoju, kad orą rojuje sudarys tokios nuostabios džiaugsmo dujos!“ (Beje, vienas iš diazoto oksido perdozavimo požymių yra daugybė šauktukų.) Bene poetiškiausiai šių dujų poveikį apibūdino kažkoks nežinomas asmuo: „Tai buvo lyg arfos skambesys.“ Deivis šių susižavėjimo kupinų išpūdžių nelaikė moksliškais, tačiau rėmėsi jais, analizuodamas dujų poveikį žmogaus psichikai. Atrodė, kad „juoko dujos“ žmonių mintims atvėrė naujus horizontus, taigi jas išreikšti geriausia galėjo žodžio meistrai – poetai.

Sužavėtas savo tyrimų rezultatais jaunuolis dirbdavo po keturiolika valandų per parą. Jis retai ir mažai valgė, o kai marškiniai susitėpdavo tiek, kad jau nebetiko rodytis padorioje draugijoje, tiesiog apsisivilkdavo ant jų švarius (taip pat jis elgėsi ir su kojineėmis). Norėdamas atsipūsti po ilgos dienos Deivis pripildydavo maišą azoto dujų ir panirdavo į ekstazę. Kasdien pakvėpavęs jomis kelis mėnesius, jaunasis mokslininkas faktiškai tapo narkomanu. Kartais jis naktimis klaidžiodavo po miesto apylinkes ir užmigdavo nutviekstas mėnulio šviesos. Kartais likdavo namie ir maišydavo įvairius vaistus bei medžiagas. Kartą jis pabandė kuo greičiau ištuštinti vyno butelį, o tada pakvėpuoti dujomis. Šis eksperimentas baigėsi vėmimu.

Kitą kartą Deivis nusprendė išbandyti Džeimso Vato dujų kamerą – didelę dėžę su sėdyne viduje. Jaunasis mokslininkas įėjo į ją pusnuogis, su termometru pažastyje ir vėduokle rankoje, kuria tikėjosi maišyti kameros orą. Per 75 minutes trukusį bandymą mokslininko padėjėjas į kamerą įleido tris šimtus kvortų (apie 300 l) azoto dujų. Iš kameros Deivis išėjo visas įraudęs, jo kūno temperatūra siekė 41 °C, tačiau jis vis tiek primygtinai reikalavo duoti jam pakvėpuoti iš šilkinio maišo. Tai buvo stipriausi potyriai jo gyvenime, bet taip pat ir nauja intoksikacijos raiška. Mokslininkas pareiškė esąs „aukščiausia būtybė, naujai sukurta ir pranašesnė už kitus mirtinguosius“. Po kelių akimirkų jis sumurmėjo: „Nėra nieko, tik mintys! Pasaulį sudaro įspūdžiai, idėjos, malonumai ir skausmas!“ Nors šie Deivio teiginiai priminė pamišusio vyskupo Berklio (Berkeley) mintis, jis manė, kad tokie dujų poveikio požymiai ne mažiau svarbūs, kaip padažnėjęs širdies ritmas arba išsiplėtę vyzdžiai.

Bedousas beveik neprisidėjo prie Deivio eksperimentų. Viena vertus, vyresnysis kolega ne taip smarkiai geidė malonumų, o kita vertus, jis turėjo kitų planų. Prieš kelerius metus Bedousas pastebėjo, kad mėsinių niekada neserga džiova. Iš tiesų, jie tiesiog tryško sveikata ir buvo visiškai priešingybė išbalusiems bei išsekusiems džiovininkams. Suintriguotas Bedousas ėmė domėtis šia tema ir sužinojo, kad dauguma mėsinių manė puikia sveikata galintys džiaugtis dėl to, jog kvėpuoja iš skerdenų kylančiais garais.

Šiandien tai skamba juokingai, tačiau tuo metu tokia idėja atrodė visiškai racionali. Prieš kelerius metus Bedouso tėvynainis Edvardas Dženeris (Edward Jenner) pastebėjo, kad karvių raupais persirgusios melžėjos nebe-



Karikatūra, išjuokianti Bedouso ir Deivio eksperimentus su dujomis.

(NUOTRAUKA SKELBIAMA MALONIAI LEIDUS ORGANIZACIJAI „WELLCOME TRUST“)

užsikrečia mirtinais žmonių raupais. Ši įžvalga paskatino Dženerį sukurti skiepus nuo raupų. Tad kodėl iš mėsos kylantys garai negalėtų daryti panašaus poveikio sveikatai?

Norėdamas patikrinti savo hipotezę Bedousas karvidėje pastatė keletą lovų tuberkulioze sergantiems pacientams. Pradžioje jis netgi neįtaisė jokios užtvaros, todėl galvijai laisvai vaikščiojo aplink ligonius, raugėjo ir leido dujas. „Gyventi su karvėmis – pats nuostabiausias dalykas“, – savo pacientus bandė įtikinti mokslininkas. Vis dėlto pacientai su tuo nesutiko. Jie atsisakė gydytis tvarte ir reikalavo, kad Bedousas išvalytų mėšlą ir įtaisytų pertvaras. Vis dėlto ne vienas ligonis sutiko praleisti tvarte keletą mėnesių ir kvėpuoti karvių išmatomis „praturtintu“ oru.

„Gydymas karvidėje“ pasirodė neveiksmingas, ir nors greičiausiai nepakenkė pacientams, tačiau pakenkė Bedouso reputacijai arba, tiksliau, visiškai ją sužlugdė. Ateistinės ir radikalios politinės Bedouso pažiūros ir taip jau skatino Bristolio gyventojus į jį šnairuoti (kartą Deivis eksperi-

mentams užsisakė varlių, o šios, dėžei sulūžus, pasklido po miestą – netrukus ėmė sklisti gandai, kad Bedousas jų nupirko norėdamas pamaitinti rūsyje besislapstančius prancūzų šnipus). „Gydymas karvidėje“ nedraugams suteikė dar vieną progą maišyti mokslininką su žemėmis, taigi žemaūgis, stambus Bedousas, panašiai kaip anksčiau Pristlis, tapo karikatūristų pamėgtu personažu. Alyvos į ugnį dar šliūkštelėjo „juoko dujų“ vakarėliai, taigi Bedouso mokslinių tyrimų programa netrukus tapo pašaipų objektu visoje Europoje.

Vis dėlto Pneumatikos institutą galutinai sužlugdė ne satyra ir ne politika, o pats mokslas. Pacientai, be abejo, mėgavosi linksminančiu azoto dujų poveikiu, tačiau jos iš esmės beveik niekam nepadėjo. Be to, žmonės Bedouso veiklą ėmė lyginti su Dženerio veikla. Iš pirmo žvilgsnio Dženerio idėja užkrėsti žmones karvių raupais atrodė abejotina ar net pavojinga, ir bulvarinė spauda plakė jį stipriau negu Bedousą (buvo netgi tvirtinama, kad vienam paskiepytam berniukui išdygo ragai, ir jis ėmė virsti karve – panašu, kad šiandieniniai vakcinų priešininkai išradingumu gerokai nusileidžia savo pirmtakams). Vis dėlto jokios pašaipos negalėjo paneigti fakto, kad Dženerio skiepai veikė, taigi skiepytis norėjo tūkstančiai žmonių. Diazoto oksidas, deja, nieko neišgydė. Net ir tie pacientai, kurie pradžioje pasijusdavo geriau, vėliau įprasdavo prie dujų poveikio, ir jų liga grįždavo. Be to, Bedousas ir Deivis matė vis daugiau neigiamų reakcijų – dujos pacientams sukeldavo galvos skausmą, letargiją, bendrą negalavimą. Vienai moteriai jos netgi paskatino „kelias savaites trukusius isterijos priepuolius“.

Tačiau Bedousas ir toliau reklamavo savo gydymo metodus tikėdamas, kad netoli ta diena, kai dujos kažkaip pakeis mediciną. Jis nė neįtarė, kad visai netrukus jo draugas Deivis ne tik pateiks priešininkams naudingų argumentų, bet ir pats pereis į jų pusę.

Deivis, be abejo, matė, jog dujos organizme sukelia fiziologinius pokyčius, tačiau jį erzino tai, kad nepavyksta rasti veiksmingų gydymo metodų, tad jis nepalaidė nepajudinamo Bedouso optimizmo. Galiausiai savo abejones jaunas mokslininkas išdėstė 1800 m. išleistoje šešių šimtų puslapių knygoje *Researches, Chemical and Philosophical* (*Chemijos ir filosofijos tyrimai*). Šis veikalas apėmė daugybę dalykų: nuo chemijos eksperimentų aprašymų iki Samjuelio Teiloro Kolridžo minčių apie užmėtymą akmenimis. Vis-

gi išvada buvo trumpa ir aiški: medicinos požiūriu dujos visiškai nenaudingos.

Šią knygą buvo galima vertinti įvairiai: kaip Deivio išdavystę arba kaip skaudžią, bet būtiną informaciją apie jo mokytojo taikomo metodo trūkumus. Bedousą toks poelgis labai įskaudino, ir netrukus jo ir Deivio keliai išsiskyrė. Minėta knyga jaunajam mokslininkui padėjo rasti darbą Londone, kur jis užsiėmė kitų sričių moksliniais tyrimais. Pavyzdžiui, eksperimentuodamas su elektra jis sugebėjo išskirti net šešis naujus cheminius elementus (tokius kaip natris,* kalis, baris, magnis, kalcis ir stroncis) – šis rekordas išliko net 150 metų. XIX a. trečiajame dešimtmetyje Deivis tapo garsiausiu Anglijos mokslininku – jis jau nebūtų galėjęs neatpažintas pavarikariauti užėjoje ir klausytis paskalų apie save.

Kita vertus, Bedouso reputacija buvo galutinai sužlugdyta. Kritikai nesiliovė iš jo tyčiotis, o 1802 m. išsekus finansavimui Pneumatikos institutas buvo uždarytas – ši mokslo įstaiga gyvavo vos trejus metus. Po šešerių metų, Kalėdų išvakarėse, taip ir neatsigavęs dėl savo projekto nesėkmės, mirė ir pats Bedousas. Tiesą sakant, Pneumatikos institutas tikriausiai būtų nugrimzdęs į užmarštį, jei ne viena svarbi aplinkybė.

Jaunystėje Deivis ilgas valandas klajodavo prie Kornvalio uolų ir dažnai grįždavo namo „pasipuošęs“ mėlynėmis bei nuobrozdomis, bet atsargumo neįgijo ir pradėjęs dirbti mokslinį darbą – pavyzdžiui, Bristolio laboratorijoje mokslininkas ne kartą buvo iki pat kaulo įsipjovęs pirštą. Vieną kartą jis pastebėjo, kad keletą kartų įkvėpus „juoko dujų“ žaizdos nustoja skaudėti. Be to, atlėgsta ir galvos bei dantų skausmas. Užsiėmęs kitais darbais Deivis nesiėmė į tai gilintis, bet vis dėlto aprašė šį reiškinių savo *Tyrimų* 556-ame puslapyje – paradoksalu, kad šios kelios eilutės vėliau tapo, ko gera, reikšmingiausiu jo aprašytu dalyku. „Diazoto oksidas, regis, gali pašalinti fizinį skausmą. Galimas daiktas, kad šią ypatybę būtų galima panaudoti atliekant chirurgines operacijas.“ Prireikė dar pusės amžiaus, kol anestezijos idėja galiausiai sugrąžino gerą Pneumatikos instituto vardą.

*

Anestezijos istorija – tai vieno sukčiaus istorija. Kažin ar nors vienas sąžiningas žmogus tiek daug pasitarnavo žmonijai, kaip pašlemėkas Viljamas

(William) Mortonas, tačiau ir jis nebūtų galėjęs sukelti perversmo medicinoje be nelaimėlio Horacijaus Velso (Horace Wells).

Iki 1850 m. žmonės verčiau ryždavosi savižudybei, negu chirurginei operacijai, ir negalima jų dėl to smerkti. Jau pats to meto operacinės, dar vadinamos chirurgijos teatru, vaizdas – nuo kraujui ir vėmalams sugerti skirtu smėliu užbertų grindų iki atvirų lubų, pro kurias sklido pacientų klyksmai – tiesiog bylojo apie čia patiriamas kančias. Pacientų akys krypdavo į padėklus su pjūklais ir kirtikliais, jau nekalbant apie krauju aptašytus chirurgų chalatus. Svarbiausias chirurgo uždavinys buvo kuo greičiau atlikti operaciją – kruopštumas buvo antroje vietoje. Atlikti sudėtingesnes operacijas, nei akmenų pašalinimas iš šlapimo pūslės arba galūnių amputacija, buvo tiesiog neįmanoma.

O ir patiems gydytojams šis gydymo metodas neteikė džiaugsmo. Pavyzdžiui, jaunystėje Čarlzas Darvinas, padalyvavęs vaiko operacijoje, visam laikui atsisakė gydytojo karjeros. Ir netgi patyrę chirurgai patirdavo palengvėjimą pacientui pabėgus iš operacinės. Nepamirškime ir aštrabriaunių chirurgų įrankių – nenuostabu, kad patys gydytojai kartais irgi tapdavo pacientų aukomis. Pasak vieno stebėtojo, „keista ne tai, kad pacientai kartais miršta, bet kad chirurgas vis dar gyvena“.

Šiandien atrodo akivaizdu, jog „juoko dujos“ galėjo išspręsti nemažai šių problemų, tačiau dėl kelių priežasčių anestezijai jas imta naudoti ne iš karto. Visų pirma, dėl daugybės ankstesnių tuščių Bedouso pažadų galimybė numalšinti skausmą taip pat skambėjo kaip apgaulė. Antra, norint naudoti šias dujas anestezijai reikia tam tikrų įgūdžių: mažos dozės gali suteikti pacientams daugiau energijos – chirurgai tikrai to nenorėjo.

Vis dėlto tai nereiškė, kad žmonės pamiršo diazoto oksidą – priešingai, po Kolridžo ir kitų poetų pareiškimų apie stebuklingas šių dujų savybes visuomenė ėmė vis labiau jomis domėtis, ir „juoko dujos“ Europoje bei Šiaurės Amerikoje imtos vartoti kaip narkotikas. Gatvės prekeiviai už porciją šių dujų reikalaudavo ketvirčio dolerio, o turtuoliai per vakarinę siūlydavo jų vietoj vyno. Chemikai diazoto oksido pėdsakų aptiko net atmosferos ore – tai reiškia, kad su kiekvienu atodūsiu į mus patenka šiek tiek narkotiko! Tačiau dažniausiai „juoko dujas“ naudojo keliaujantys artistai – jie pasiūlydavo įkvėpti jų savanoriams, kurie, likusių žiūrovų džiaugsmui, imdavo dainuoti, šokti ar daryti įvairius triukus.



Horacijus Velsas – anestezijos pradininkas
ir nesėkmingas verslininkas.

Vieną 1844 m. gruodžio vakarą jaunatviškai atrodantis dantistas Horacijus Velsas su draugu apsilankė „juoko dujų“ vakarėlyje, kuris vyko Hartforde, Konektikuto valstijoje. Įkvėpę kelias dozes draugai ėmė svirduliuoti ir neteko sąmonės. Velsas atsipeikėjo pirmas ir labai nustebo, pamatęs kruviną bičiulio koją. Šis, savo ruožtu, nustebo ne mažiau – nė neįtarė, kas nutiko (vėliau liudininkai sakė, kad jaunuolis atsitrenkė į kušetę). Keisčiausia, kad koją labai skaudėjo, tačiau skausmas atsirado tik išsisklaidžius dujų poveikiui.

Tą vakarą Velsui iš galvos niekaip neišėjo bičiulio žodžiai, kad veikiamas dujų jis visiškai nejautė skausmo. Kitą dieną dantistas susirado teatro rekvizitų gamintoją ir drauge su kitu dantų gydytoju atsitempė jį į kabine-

tą. Teatro atstovas paruošė didelį maišą diazoto dujų, Velsas kelis kartus jų įkvėpė ir atsilošė odontologo kėdėje. Jo draugas skubiai čiupo reikalingus instrumentus ir išrovė sugedusį Velso protinį dantį. Po kelių minučių Velsas atsipeikėjo ir liežuviu užčiuopė tuščią danties vietą: „Skaudėjo ne labiau, nei bakstelėjus adata“, – stebėjosi odontologas.

Per kelias ateinančias savaites Velsas ne kartą išbandė „juoko dujų“ poveikį Hartforde, ir atrodė, kad jos labai perspektyvios. Visgi jis suprato, kad didžiausias iššūkis bus šią idėją pristatyti Bostone, kuris buvo svarbiausias šalies medicinos centras. Taigi Velsas susisiekė su buvusiu verslo partneriu ir tikru sukčiumi Viljamu Mortonu.

Šis dar paauglystėje metė mokyklą ir įsidarbino smuklėje Vorčesteryje (Masačusetso valstijoje), kur buvo sugautas vagiantis iš kasos. Ilgus metus vyras padirbinėjo čekius, grobstė svetimą turtą ir sukčiavo paštu. Be to, jis metė kelias nuotakas ir buvo ekskomunikuotas savo bažnyčios. Ilgainiui Mortonas tapo nepageidaujamas Ročesteryje, Sinsinatyje, Sent Luise, Baltimorėje – praktiškai kiekviename didesniame Amerikos mieste. Kita vertus, maloni išvaizda, asmeninis žavesys ir gebėjimas dailiai rengtis atverdavo jam duris praktiškai visur, kur tik jis pasirodydavo pirmą kartą.

Vienu metu Mortonas galiausiai nusprendė gyventi sąžiningai ir tapo Velso padėjėju. Pasirodė, kad jis turi dantisto gabumų. Be to, tuo metu odontologams praktiškai nereikėjo medicininio išsilavinimo, o Mortono žavesys ir pasitikėjimas savimi kompensavo žinių trūkumą. Netrukus jis atsidarė savo kabinetą ir vedė mielą merginą. Vis dėlto kai Velsas sugalvojo naujoviškas auksines karūnelės ir pasiūlė Mortonui kartu imtis šio verslo, buvęs sukčius neatsispyrė progai pasipelnyti – jis pasisavino ir iššvaistė visus Velso surinktus pinigus.

Velsas tikriausiai be galo norėjo įsitvirtinti Bostone, tad ir vėl kreipėsi į Mortoną. Mortoną ši radikali idėja sužavėjo. Kiekvieną dieną tūkstančiams pacientų JAV ir Europoje būdavo raunami dantys, taigi Mortonas tikėjosi aprūpinti azoto dujomis kiekvieną kliniką. 1845 m. sausį, Velsui dar nespėjus tinkamai pasiruošti, Mortonas suplanavo viešą demonstraciją Masačusetso bendrojoje ligoninėje.

Šios ligoninės chirurgijos teatras buvo jaukus, nedidelis amfiteatras su medinių suolų eilėmis žiūrovams. Viename jo kampe stovėjo mumija, o virš operacinio stalo kybojo kabliai ir žiedai, naudojami pacientams pririšti.



Wm. J. H. Morton

Sharp, Perce & Co., Lith. Boston.

Viljamas Mortonas – anestezijos pradininkas,
savimi pasitikintis apsukrus verslininkas.

Velso operacijos galėjo pakakti, kad šių kablių ir žiedų daugiau nebereikėtų, tačiau likimas susiklostė kitaip. Pirmasis išsigandęs pacientas pabėgo iš krėslo dar prieš ateinant gydytojui, tad jo vietą užėmė savanoris medicinos studentas, kuriam taip pat reikėjo ištraukti dantį (panašu, kad tuo metu praktiškai kiekvienam žmogui nuolat gėlė bent vienas ar pora dantų). Mortonas sėdėjo salėje, o Velsas davė studentui pakvėpuoti dujų ir ėmėsi rauti dantį. Niekas tiksliai nežino, kas įvyko vėliau. Galbūt Velsas pasiruošė per mažai dujų (jauniems žmonėms dažniausiai reikia stipresnės anestezijos, nes jų kepenys ją greičiau metabolizuoja). Gal jis per greitai atitraukė dujų maišelį nuo paciento lūpų. O gal jis apskritai nepadarė jokios klaidos, tiesiog kai kurie žmonės atsparesni skausmą malšinantiems vaistams. Kad ir kas ten nutiko, Velsui traukiant dantį studentas sudejavo. Tiesa, atgavęs sąmonę jis tvirtino nieko nejutęs – dujos suveikė! Bet buvo

jau per vėlu. Vos išgirdę dejonę, žiūrovai ėmė šaukti: „Sukčius! Sukčius!“ Net Viljamui Mortonui nebuvo tekę taip greitai sprukti iš miesto.

Vis dėlto Mortonas taip lengvai nepasidavė. Ką reiškė keli besipikinantys gydytojai palyginti su Baltimorės policija ar įsiutusiu merginos, kurią jis metė, tėvu? Jeigu diazoto oksidas pasirodė esąs nepakankamai veiksmingas anestetikas, vadinasi, teks paieškoti tinkamesnės medžiagos. Pasakyta – padaryta. Neturėdamas nei chemiko, nei gydytojo išsilavinimo, Mortonas per metus atrado kitą veiksmingą priemonę – eterį.

Iš pirmo žvilgsnio eteris neatrodė perspektyvus anestetikas – įprastai anestetikai įkvepiami, o eteris kambario temperatūroje yra skystas (jis užverda tik 34 °C temperatūroje). Kita vertus, eteris lakus ir lengvai garuoja. Skysčio lakumas priklauso nuo dviejų veiksnių: molekulinės masės ir poliškumo. Ryšį tarp molekulinės masės ir lakumo nesunku suprasti. Garavimas vyksta tada, kai skysčio paviršiuje esančios molekulės atitrūksta ir tampa dujinėmis – kuo molekulė lengvesnė, tuo lengviau jai pakilti į orą (štai kodėl gimnastai paprastai būna smulkaus sudėjimo). Poliškumas susijęs su elektros krūviu. Atomai paprastai yra elektriškai neutralūs, tačiau pradėję keistis elektronais ir jungtis į molekules jie gali įgyti krūvį. Pavyzdžiui, deguonis paprastai atima elektronus iš kaimynų ir taip įgyja neigiamą krūvį, o vandenilis elektronus atiduoda, ir jo krūvis tampa teigiamas. Polinės molekulės, tokios kaip H_2O , tuo pačiu metu turi ir neigiamą, ir teigiamą krūvį. Dėl to jos ne tokios lakios ir ilgiau išlieka skystos būsenos negu nepolinės molekulės, nes teigiami ir neigiami poliai traukia vienas kitą kaip magnetai. Dėl šios traukos polinėms molekulėms sunkiau atitrūkti, ir skystis ne taip greitai tampa dujomis.

Tai reiškia, kad kiekvienai medžiagai būdingas savitas lakumas, priklausančias nuo jos molekulinės masės ir molekulių poliškumo. Nepolinės dujos, tokios kaip azotas ir deguonis, labai lakios – jos užverda esant –180 °C temperatūrai. Ir priešingai, labai polinė vandens molekulė lemia tai, kad vandens virimo temperatūra net keliais šimtais laipsnių aukštesnė, nors jo molekulinė masė mažesnė už deguonies arba azoto. Etilo eteris ($C_2H_5-O-C_2H_5$) pagal lakumą yra kažkur viduryje. Jo molekulės net keturis kartus sunkesnės už vandens molekules, tačiau silpnai polinės. Dešimt vandenilio atomų gana tolygiai pasiskirsto ant šios molekulės paviršiaus, taigi jo krūvis iš esmės teigiamas. Dėl to eterio molekulės netraukia viena

kitos. Jeigu ant stalo išpilsite stiklinę eterio ir stiklinę vandens, eteris išgaruos keliasdešimt kartų greičiau. Tai labai naudinga anestetiko savybė.

Mortonas apie šias mokslines eterio savybes nieko neišmanė, tačiau žinojo, kad eteris yra pigus narkotikas,* slopinantis pojūčius panašiai, kaip marihuana. Taigi Mortonas ėmė bandyti eterio poveikį tėvo ūkyje laiko-
miems gyvūnams: karvėms, arkliams, spanieliui ir net žuvims.* Rezultatai atrodė daug žadantys, taigi odontologas nusipirko dar vieną eterio partiją (iš kito vaistinininko, kad neatskleistų savo sumanymo) ir savo draugui pašalino sugedusį protinį dantį. Jam ir vėl pasisekė – bičiulis atsibudo jau be danties, tačiau per procedūrą nieko nejautė. Mortonui akyse ėmė suktis būsimi lobiai, ir 1846 m. chirurgijos teatre jis surengė dar vieną demonstracinę operaciją.

Tai padaryti jam padėjo gydytojas Džonas Vorenas (John Warren), kuris tam tikra prasme yra tikrasis šios istorijos herojus. Gydytojas Vorenas buvo ne tik ekscentriškas žmogus (didžiąją laisvalaikio dalį jis skyrė mastodonto skeletui rekonstruoti), bet ir žymiausias Amerikos chirurgas. Jam jau buvo sukakę 68-eri, tad galėjo išeiti į pensiją. Tačiau gydytojas labai krintosi dėl to, kad jis neišvengiamai sukelia pacientams skausmą. Tiesa, šiokių tokių skausmą malšinančių priemonių jau būta ir tais laikais – ligoniai galėjo prisigerti iki sąmonės netekimo arba prisirūkyti opijaus. Kai kurie galėjo apdėti galūnę ledu ar tiesiog leisdavo chirurgui ją pjauti, kol iš skausmo prarasdavo sąmonę. Kai kurie gydytojai praktikavo „kontūzijos“ anesteziją: uždėdavo pacientui ant galvos odinę šalmą ir trenkdavo mediniu kūju (jei toks metodas nesuveikdavo, buvo galima trenkti dar ir į žandikaulį). Tačiau visi šie metodai turėjo ne vieną šalutinį poveikį (greta akivaizdžių). Pavyzdžiui, alkoholis skystina kraują, taigi jo pavartojus didėja kraujavimo tikimybė. Be to, nė vienas iš šių būdų negalėjo visiškai išdildyti pacientams nemalonių prisiminimų apie operaciją.

Daugelis to meto chirurgų skausmą laikė neišvengiamybe, tiesiog viena iš gyvenimo blogybių, tačiau Vorenas tokiam cinizmui nepritarė. Nors jis jau nebuvo to amžiaus, kai dauguma žmonių padaro didžiulius atradimus, visgi tikėjo, kad anestezija kada nors taps tikrove. Tad kai Mortonas pasiūlė jam skausmą malšinti eteriu, Vorenas sutiko. Vietiniam dažytojui reikėjo pašalinti po kairiuoju žandikauliu susiformavusį naviką, taigi Vorenas nurodė Mortonui atvykti penktadienį, spalio 16 d. 10 val.

Rytą Mortoną apėmė panika. Nors jis ir neprieštaravo galimybei vi-
same pasaulyje sumažinti ligonių kančias, anestezija užsiėmė visų pirma
siekdamas praturtėti. Deja, eteris buvo tuo metu dažnai naudojama che-
minė medžiaga, todėl Mortonas negalėjo jo užpatentuoti. Tačiau jis tikėjosi
išsaugoti paslaptį. Visgi ta pati eterio savybė, kuri daro jį geru anestetiku,
t. y. lakumas, galiausiai sugriovė Mortono planus. Eteris turi būdingą sals-
vą kvapą, o dėl didelio jo lakumo šis kvapas gana gerai jaučiamas, netgi
labai stiprus. Mortonas bandė jį užmaskuoti apelsino žievelės kvapu, ta-
čiau eterio kvapas jį nustelbdavo. Dėl šios priežasties Mortonas, anksčiau
tiesiog užpildavęs eterio ant audinio ir duodavęs pacientams pakvėpuoti,
sukonstravo specialų kvėpavimo aparatą tikėdamasis, kad šis padidins jo
galimybes gauti patentą.

Nepatenkintas esamu aparatu Mortonas visą dieną ir naktį prieš
demonstracinę operaciją konstravo naują – tiksliau, pasikvietė į pagalbą
mechaniką išmanančius draugus. Auštant jis nubėgo pas meistrą, tikėda-
masis kaip nors jam padėti. Naujasis įtaisas priminė stiklinę kolbą, kurios
viduje gulėjo eteryje sumirkyta kempinė, o kolbos sienelėse buvo įvairių
vamzdelių ir vožtuvų, pro kuriuos galėjo cirkuliuoti oras. Tiesą sakant, jis
priminė kaljaną. Darbas užtruko pernelyg ilgai – Mortonas dešimtą va-
landą išbėgo iš namų ir chirurginį teatrą pasiekė taip ir neišbandęs naujojo
įtaiso.

Koks įžūlumas! Medicininio išsilavinimo neturintis žmogus, prieš
tai praleidęs bemiegę naktį, rengėsi su pacientu išbandyti praktiškai ne-
ištirtą preparatą naudodamasis neišbandytu prietaisu. Ir visa tai – stebint
žymiausiam šalies chirurgui! Abejonės kankino netgi atlaidžiąją Mortono
žmoną, kuri visą dieną virtuvėje nervingai vaikščiojo pirmyn atgal įsiti-
kinusi, jog Mortonas nužudys pacientą ir pateks į kalėjimą. Visgi vos tik
žavusis sukčius paėmė į rankas inhaliatorių, jo pasitikėjimas savimi grįžo
ir veide vėl nušvito šypsena.

Tuo metu dr. Vorenas jaudinosi. Į chirurginį teatrą susirinko žiūro-
vai, dažytojas gulėjo ant operacinio stalo tik su marškiniais ir kojineėmis.
10.10 val. Mortono dar nebuvo. 10.20 val. – irgi. Iš kampo į žiūrovus spok-
sojo mumija. Galiausiai Vorenas pakėlė skalpelį, atsiduso ir atsisuko į pa-
cientą. Atrodė, kad užgeso dar viena viltis. Po paciento žandikauliu esantis
raudonas dėmėtas navikas iš esmės buvo ištinusi vena. Jis buvo toks didelis,



Atkurtas pirmosios operacijos taikant eterio nejautrą vaizdas.

kad vyras liežuviu galėjo jausti jį burnoje. Tokio naviko neįmanoma pašalinti greitai ir be skausmo. Dažytojas atlošė galvą ir pasiruošė klykti.

Tuo metu pro duris įžengė Mortonas aplink save skleisdamas žavesį panašiai, kaip eteris skleidžia kvapą. Šios akimirkos jis laukė visą savo negarbingą gyvenimą. Vorenas atsisuko ir sausai tarė: „Jūsų pacientas pasiruošęs.“ Mortonas nusišypsojo ir pasilenkė prie paciento su inhaliatoriumi mikliai manipuliudamas vožtuvais. Po penkių minučių dažytojas užmigo. „Jūsų pacientas pasiruošęs“, – dabar tarė Mortonas Voreniui. Operacija užtruko ilgiau, negu buvo planuota, bet pavyko puikiai – pacientas net nesudrebėjo.

Žiūrovai, kurių didžioji dalis buvo medicinos studentai, užsukę į operacinę ir nė nenumanę, kas jų laukia, vėliau prisiminė neįtikėtiną tylą. Nebuvo girdėti nei šauksmų, nei dejonių – tik tylus kūnų pjaustančio skalpelio garsas. Nors tą rytą Vorenas ir Mortonas buvo beveik priešai, po operacijos žymusis chirurgas atsisuko į žiūrovus ir ištare istorine tapusią frazę:

„Ponai, tai ne apgaulė.“ Žiūrovai ėmė ploti. Chirurgai netrukus suprato, kad eteris pranašesnis už diazoto oksidą – jis suteikdavo gilesnę narkozę, be to, buvo lengviau parinkti reikiamą dozę.

*

Tai atvėrė chirurgams galimybę atlikti sudėtingesnes ir ilgesnes operacijas sunkiau prieinamose kūno vietose. Žvelgiant plačiau, anestezija padėjo išgelbėti chirurgijos reputaciją. Ilgus amžius kitų specialybių gydytojai vadino chirurgus mėsininkais – ir juos buvo galima suprasti. Anestezijos atradimas pakeitė visuomenės nuomonę – dabar chirurgai tapo didvyriais. Nejautos gebėjimas sumažinti kančias darė įspūdį net tokiam užkietėjusiam niekadėjui kaip Mortonas.

Viešai pademonstravęs eterio galimybes Mortonas grįžo namo apie ketvirtą ir rado žmoną vis dar nervingai žingsniuojančią po namus bei įsitikinusią, kad sutuoktinis neišvengs kalėjimo. Susirūpinęs jo veidas, rodos, patvirtino baisiausius moters nuogastavimus, tačiau Mortonas iš tiesų galvojo apie tai, kas ką tik įvyko – medicinoje prasidėjo nauja era. Jis nuoširdžiai apkabino žmoną ir paprastai tarė: „Brangioji, man pavyko.“ Vis dėlto vieno dalyko Mortonui taip ir nepavyko pasiekti – iš savo išradimo išspausti bent kiek pinigų.

Per ateinančius metus išradėjas bandė užpatentuoti pačią cheminės anestezijos idėją, tačiau net ir prasčiausias chemikas galėjo lengvai atpažinti eterio kvapą, taigi naujiena apie nejautrą netrukus pasklido tarp gydytojų ir odontologų. Galiausiai išėjo taip, kad joks kitas patentas per visą patentavimo istoriją nebuvo pažeidinėjimas taip dažnai ir be jokių pasekmių. Taip pat „sėkmingai“ Mortonas galėjo mėginti užpatentuoti vandenį. Lūžis buvo pasiektas, kai eterį ėmė naudoti JAV kariuomenės chirurgai per Meksikos ir Amerikos karą. Už tai Mortonas negavo jokio atlygio – tai reišė, kad JAV vyriausybė pažeidinėjo savo pačios patvirtintą patentą.

Nujausdamas žlugimą Mortonas kreipėsi į Kongresą su prašymu išmokėti jam vienkartinę 100 000 JAV dol. kompensaciją už prarastas pajamas. Nors ir sulaukęs kelių Atstovų rūmų narių bei senatorių paramos, išradėjas galiausiai nieko nelaimėjo. Viena vertus, Mortono nesąžiningumas ir įžūlumas nuteikė prieš jį net ir daugumą politikų (pavyzdžiui, vienu metu šis ėmė tvirtinti, kad asmeniškai panaudojo eterį 200 000 pilietinio

karo kareivių – tai buvo tiesiog juokinga). Mortono prašymą Kongresas atmetė dar ir dėl to, jog tuo metu pasipylė konkurentų pretenzijos* – įvairūs veikėjai prisiekinėjo, kad anestezijos idėja jiems atėjo į galvą anksčiau negu Mortonui. Pavyzdžiui, gydytojas Kroufordas (Crawford) Longas iš Džordžijos valstijos panaudojo eterį atlikdamas operaciją 1842 m. – jis užmigdė pacientą naudodamasis eteriu sumirkytu rankšluosčiu ir pašalino jam iš nugaros du auglius, be to, panašiai amputavo berniuko vergo kojos pirštą. Galiausiai Kongresas nusprendė, kad Mortonas nepadarė nieko ypatinga. Mortonas ir toliau kovojo dėl savo 100 000 JAV dolerių, kol galiausiai patyrė insultą ir neteko proto. 1868 m. liepą važiuodamas karieta Niujorke jis paprašė vežėjo sustoti Centriniam parke ir pasinėrė į ežerą „atvėsti“. Po kelių dienų išradėjas mirė pamišėlių prieglaudoje, tačiau diskusijos dėl jo indėlio į chirurginę anesteziją tuo nesibaigė.

Kodėl anestezijos autoriumi laikome Mortoną, jeigu ir kiti žmonės pateikė pretenzijas į šį atradimą, o jų teiginiai buvo gana pagrįsti? Galbūt tai tiesiog dar viena, pati didžiausia – istorinė – Mortono apgavystė? Ne visai. Tiesa ta, kad keliolika žmonių siūlė naudoti anesteziją anksčiau negu Mortonas. Na ir kas? Mortonas iš tiesų pritaikė anesteziją pacientams, ir jam tai, kaip ir daugelis kitų sumanymų, pavyko. Be to, Mortonas turi daugiau teisių į garbingą išradėjo vardą negu Velsas, nes Fortūna lėmė, kad Mortono metodas veikė, o Velso – ne. Jeigu norėsite tvirtinti, kad pirmumo teisė priklauso Kroufordui Longui, atminkite, jog mokslas nėra privatus užsiėmimas – mokslo pasiekimai tampa vertingi tik tada, kai vienaip ar kitaip pasidaro prieinami visuomenei. Dėl įvairių priežasčių – drovumo, nepasitikėjimo savimi, kaimynų kaltinimų raganavimu (deja, buvo ir taip) – Longas savo idėjas pasilaikė sau, o tūkstančiai pacientų ir toliau buvo pasmerkti kančioms. Tiesa, kad Mortonas buvo nemalonus žmogus, ir visi, jį pažinoję, galiausiai dėl to pasigailėdavo. Vis dėlto jis jautė, kad anestezija svarbi, ir turėjo drąsos tai pareikšti. Ir nors pats mirė nelaimingas, visgi utilitarizmo požiūriu, t. y. kalbant apie didžiausią naudą didžiausiam skaičiui žmonių, Viljamas Mortonas, medicinoje įtvirtinęs anesteziją, tapo vienu iš labiausiai žmonijai nusipelnusių asmenų.



Mortono partnerio Horacijaus Velso mirties aplinkybės dar liūdnės – ironiška, bet jį pražudė kitas populiarus XIX a. anestetikas.

Chloroformui kelią į mediciną stengdamasis palengvinti gimdyvių kančias atvėrė į trolį panašus škotų akušeris Džeimsas (James) Simpsonas. Eteris tam netiko – jis veikė per lėtai, nuo jo kvapo moteris supykindavo, be to, siekiant pakankamo poveikio reikėjo didelių dozių. Taigi vakarais Simpsonas ėmė ieškoti eterio pakaitalo. Savo eksperimentams jis ne visada taikė mokslinį metodą – neretai tiesiog priberdavo įvairių cheminių medžiagų į stiklinę vandens ir kvėpuodavo garais, kol imdavo svaigti galva. Vienas istorikas netgi palygino Simpsoną su „klįjus uostančiu paaugliu“. Simpsono draugas per pusryčius dažnai pas jį užsukdavo norėdamas įsitikinti, kad gydytojas naktį nenusinuodijo. Bet štai 1847 m. jis išbandė chloroformą (CHCl_3). Chloroformo molekulė, panašiai kaip ir eterio, yra silpnai polinė – didžiosios jos paviršiaus dalies krūvis neigiamas. Tačiau chloroformo molekulinė masė beveik dvigubai didesnė už eterio – tai reiškia, kad chloroformas garuoja lėčiau, ir gydytojai gali geriau kontroliuoti pacientų įkvepiamas dozes.

Nors chloroformo nauda chirurgijai buvo neabejotina, jo panaudojimas akušerijoje įžiebė ginčus. Kai kurie akušeriai teigė, kad jei motina gimdydama nepatirs skausmo, neužsimegs jos ryšys su kūdikiu. Kiti dėl nesuprantamos priežasties buvo įsitikinę, kad anestezija gimdymo skausmą pakeis nepaprastu malonumu, ir gimdymas staiga taps nelygstamu orgazmu. Treti kalbėjo, jog gimdymo skausmas yra Dievo valia – prakeikimas Ievai už tai, kad ši į pasaulį atnešė nuodėmę. Buvo netgi tokių, kurie tvirtino, kad be skausmo gimusių kūdikių negalima krikštyti. Panašius teiginius Simpsonas atremdavo citata iš Pradžios knygos, kad „Viešpats Dievas giliai užmigdė Adomą, išėmė vieną jo šonkaulių“ (Pr 2, 21) – taigi akivaizdžiai panaudojo anesteziją. Tačiau argumentai prieš chloroformo naudojimą greitai išsisklaidė po to, kai Londono „choleros žemėlapi“ sudaręs gydytojas Džonas Snou (John Snow) panaudojo šią medžiagą karalienei Viktorijai gimdant septintą vaiką – princą Leopoldą. Po to gydytojai chorą ėmė girti chloroformo savybes.

Deja, chloroformas – panašiai kaip eteris ir diazoto oksidas – sukelia priklausomybę. Ko gera, žymiausia tokios priklausomybės auka tapo Ho-

racijus Velsas. Po nesėkmės Bostono operacinėje jis metė dantisto praktiką ir bandė užsiimti įvairiausiais darbais – prekiaavo dušo galvutėmis, kontrabanda gabeno egzotinius paukščius ir netgi pardavinėjo rubinams padirbinti skirtus dažus. Šis užsiėmimas nubloškė jį į Prancūziją, kur Velsas netikėtai susilaukė pripažinimo už ankstyvuosius darbus anestezijos srityje. Karalius Liudvikas Pilypas pasiūlė Velsui tapti karališkuoju odontologu, tačiau šis atsisakė tokios garbės.

Grįžęs į JAV 1847 m. Velsas, palikęs žmoną ir sūnų, persikėlė į Manhattaną. Kelionė į Prancūziją vėl paskatino jį domėtis anestezija, tad Velsas įsigijo šiek tiek chloroformo ir pradėjo bandyti jį pats. Deja, Prancūzijoje praleistas laikas nesumažino ankstesnio pažeminimo skausmo, ir buvęs dantistas kasdien ėmė svaigintis naujuoju anestetiku.

Tapęs narkomanu, jis netrukus susidėjo su nusikaltėliais. 1848 m. vienas toks padugnė įsiveržė į Velso butą ir pareiškė, kad prostitutė apliejo jį sieros rūgštimi ir sugadino jo apsiaustą. Vyras paprašė Velso duoti jam sieros rūgšties, kad galėtų atkeršyti. Nuo narkotikų apsvaigusiam Velsui toks sprendimas pasirodė teisingas, ir jis nusprendė pats palydėti savo draugą. Keršto planas pavyko (jie sugadino moters suknelę), tačiau kai nusikaltėlis pasiūlė Velsui užpulti ir kitas moteris, šis atsisakė.

Vis dėlto ši mintis įstrigo Velso galvoje, ir po kelių dienų, apimtas chloroformo sukeltų haliucinacijų, jis čiupo rūgšties buteliuką ir išbėgo į gatvę. Sutikęs dvi prostitutas Velsas šliūkštelėjo ant jų sieros rūgšties ir vienai sugadino suknelę, o kitai sužeidė kaklą. Tada sukrėstas savo poelgio vyras pabėgo, bet visiškai neprisiminė, kas įvyko toliau. O viskas baigėsi tuo, jog dvi kitos moterys tiesiogine žodžio prasme sulaukė Velsą. Be to, jos pranešė policijai mačiusios, kad šis apliejo rūgštimi jaunos moters veidą, dėl to ši pateko į ligoninę ir liks subjaurota visą likusį gyvenimą.

Teisėjas už didžiulį užstatą leido policijos pareigūno lydimam Velsui grįžti namo ir pasiimti keletą tualetų reikmenų. Vos policininkas nukreipė žvilgsnį, Velsas iš vonios kambario pasiėmė skustuvą ir paskutinį buteliuką chloroformo.

Kitą vakarą po pamaldų kalėjimo bažnyčioje Velsas parašė laišką Konektikute likusiai žmonai, kuri nė nenumanė, kad jis suimtas. Sutvarkęs reikalus jis suvilgė chloroformu vieną nosinę ir užsikišo ją už skruosto, vėliau tą patį padarė su kita nosine. Anestetikui pradėjus veikti, Velsas

skustuvu persipjovė šlaunies arteriją. Kitą rytą sargybiniai rado jį negyvą lipnaus kraujo klane.

Tą pačią dieną vienas policininkas nusprendė surasti moterį, kurios veidą Velsas buvo tariamai sužalojęs rūgštimi, ir pranešti apie jos skriaudiko mirtį. Artimiausioje ligoninėje tokios pacientės nebuvo. Kitoje ligoninėje taip pat. Nebuvo ir trečioje. Niekas nieko negirdėjo apie rūgštimi sužalotą moterį. Galiausiai paaiškėjo, kad prostitutės visą istoriją tiesiog išgalvojo. Tai tapo paskutine skaudžia detale nelinksmoje Velso gyvenimo istorijoje. Jis norėjo palengvinti kančias visai žmonijai, tačiau nesusidorojo su savo demonais.

*

Diazoto oksidas, eteris ir chloroformas buvo atskiri junginiai. Šiuolaikiniai anestetikai dažniausiai yra kokteilis iš kelių vaistų, kurių kiekvienas veikia skirtingas fiziologines funkcijas. Vieni lėtina kvėpavimą, kiti paralyžiuoja raumenis, dar kiti slopina nerimą ir ištrina atsiminimus. Mes daug žinome apie tai, kaip šie vaistai veikia, nes galime tiksliai išmatuoti jų poveikį kraujui, kūno temperatūrai ir dar keliolikai kitų rodiklių.

Tačiau šios žinios toli gražu neišsamios, nes iki galo nežinome, kaip anestetikai veikia smegenis. Tai šiek tiek baugina. Žinome, kad anestetikus sudarantys junginiai pirmiausia tirpsta riebaliniame smegenų audinyje ir akivaizdžiai sutrikdo neuronų funkciją. O kas toliau? Anestezija nuslopina sąmonę, tarsi sustabdo ją, tačiau kol kas tik labai miglotai suvokiame, kaip sąmonė veikia.

Tiesa, naujausi tyrimai šiek tiek praskleidė paslapties skraistę. Vienas stebėtinai dalykas tas, kad negalima sakyti, jog veikiamos narkozės smegenys paprasčiausiai „išsijungia“. Pažvelkime į ant operacinio stalo gulintį pacientą, kuriam jau pritaikyta visiška nejautra. Jeigu chirurgas, darydamas pjūvį, taria „Oi!“, operuojamojo ausų būgneliai užfiksuoja garsą, o jo smegenyse pastebimas tam tikras aktyvumas. Tą patį galima pasakyti ir apie kvapų suvokimą – jei gydytojas ryte nesinaudojo dezodorantu, paciento smegenys tai pastebi. Taigi net veikiami anestezijos mes gauname aplinkinio pasaulio signalus.

Visgi narkozė čia juos ir sustabdo – smegenys gautų signalų nebeatpažįsta. Žmogui nemiegant reaguodamos į garsus ir kvapus, atitinkamos jo

smegenų dalys sukuria vienokį ar kitokį atsaką („Oi, oi!“ arba „Bjauru!“). Tačiau nejautros veikiamam žmogui yra kitaip – gauti signalai nesukelia rezonanso ir kitos smegenų sritys tiesiog jų neišgirsta (neuromokslininkas pasakytų, kad smegenys gauna signalus, bet jų nepriima). Kitaip tariant, anestezija „neišjungia“ smegenų, tačiau neleidžia atskiroms jų dalims keistis informacija.

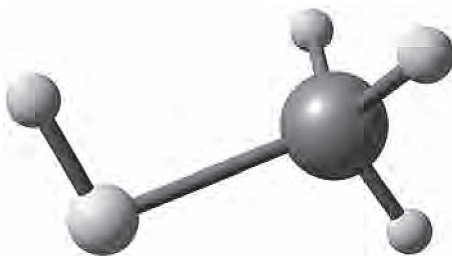
Tyrimai suteikia informacijos ir apie tai, kaip žmogus atsibunda iš nejautros. Gali atrodyti, kad pacientas kyla iš užmaršties pastoviu greičiu, tačiau taip nėra. Atrodo, kad smegenys į „vis normalesnę būseną“ grįžta pakopomis – tokių pakopų dabar nustatyta pustuzinis, ir kiekviena iš jų trunka kelias minutes. Mokslininkai jas išskyrė registruodami skirtingas smegenų bangas kiekvienam etape. Kol nejautros būseną gili, smegenų signalai yra tik nesudėtingas trumpalaikių mažo dažnio impulsų rinkinys. Pacientui bundant iš narkozės, atskiros smegenų dalys pradeda keistis informacija, ir impulsai registruojami dažniau. Po to pasipila tikra signalų kaskada – šie signalai nebeišnyksta, o pasireiškia tai vienoje, tai kitoje smegenų vietoje. Jie tampa vis sudėtingesni, ir kai pacientas galiausiai visiškai atsibunda, jo smegenys tiesiog dūzgia.

Sąmonės tyrimai svarbūs ne tik teoriškai, bet ir praktiškai – jie gali padėti įvertinti komos ištiktų žmonių smegenų aktyvumą ir nustatyti, kokių mastu tokie pacientai suvokia tikrovę, nors ir negali to perduoti. Be to, šie tyrimai galėtų padėti įveikti vieną iš šiuolaikinės chirurgijos siaubų – vis dar pasitaikančius atvejus, kai pacientai pabunda vykstant operacijai. Tiesa, toks reiškinys, dar vadinamas neplanuotu prabudimu iš nejautros, pasitaiko labai retai – rečiau nei vieną kartą iš tūkstančio operacijų, tačiau jis labai nemalonus. Toks iš dalies prabudęs pacientas gali jausti, kaip chirurgas perpjauna jam pilvą, perstumia vidaus organus, nusiurbia kraują. Vis dėlto raumenis atpalaiduojantys vaistai tokiam žmogui neleidžia pranešti, ką jis jaučia, taigi ligonis gali būti priverstas net kelias valandas stebėti savo operaciją. Dauguma dalinio prabudimo aukų pačią operaciją atsimena prastai – jų įspūdžiai migloti ir netikroviški. Tačiau ypač retais atvejais pasitaiko, kad pacientas prisimena viską, netgi skausmą, o vėliau jį kamuoja potrauminis stresas ir košmarai apie tai, kaip kažkas jį skrodžia gyvą. Kartais tokia patirtis baigiasi savižudybe. Aš pats tiesiog negaliu įsivaizduoti baisesnio kankinimo, nei būti operuojamam ir aiškiai tai suvokti

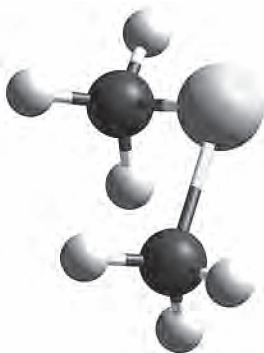
(jeigu Dantė būtų žinojęs apie šį reiškinių, greičiausiai būtų įtraukęs jį į pragarą aprašymą). Supratimas, kaip smegenys pereina iš vienos budrumo stadijos į kitą, ateityje galėtų padėti užkirsti kelią dalinio prabudimo siaubui.

Ne mažiau svarbu ir tai, kad tokie tyrimai galėtų padėti atskleisti vieną didžiausių ir seniausių filosofijos paslapčių – kaip smegenyse gimsta sąmonė. Nors Tomas Bedousas ir Hamfris Deivis naudodami dujas neišgydė jokių ligų, jie tuo pačiu metu stengėsi suprasti žmogaus psichiką. Tad jeigu anestezija tikrai gali atverti žmogaus sąmonės gelmes, turime dar daugiau priežasčių žavėtis šiais stebuklingais cheminiais „džiaugsmo“ junginiais.

INTARPAS. Le Pétomane (Pirdalius)



Metantiolio (CH_3SH) koncentracija ore dabar yra 0,000001 dalelės iš milijono, tad kaskart įkvėpus į mūsų vidų patenka dešimt milijardų jo molekulių (kol kas nors netoliese nepagadina oro).



Dimetilsulfido ($\text{C}_2\text{H}_6\text{S}$) ore yra 0,00001 dalelės iš milijono, taigi kaskart įkvepiame šimtą milijardų šių dujų molekulių (kol kas nors netoliese nepagadina oro).

Ankstesniuose skyriuose nagrinėjome, kaip dujos veikia mūsų biologiją pradedant nuo paprasto kvėpavimo ir baigiant paslaptinga smegenų veikla. Visgi turbūt pastebėjote, kad praleidome vieną akivaizdų dalyką – juose nebuvo užsiminta apie žarnyno dujas. Bet juk negalime apsimesti, kad šios dujos neegzistuoja. Šioje knygoje nagrinėjamos įvairiausios dujos, ir tenka pripažinti, kad dažniausiai galvojame apie tas dujas, kurias į aplinką leidžiame patys. Taigi atsipalaiduokite, pripažinkite, kad ši tema mums visiems įdomi, ir mėgaukitės pasakojimu. Žozefas Piužolis tikrai būtų taip pasielgęs...

Kartą pietų Prancūzijos paplūdimyje paauglys vardu Žozefas Piužolis (Joseph Pujol) plaukiojo banglente. Sulaikęs kvėpavimą jis nėrė į bangą ir staiga kūno viduje pajuto šaltį – išsigandęs jaunuolis suprato, kad organizmas kažkaip „įkvėpė“ vandens.

Vėliau vanduo ištekęs per tiesiąją žarną ir vaikinai vėl ėmė jaustis puikiai. Jis netgi kreipėsi į gydytoją, tačiau šis tik pasijuokė ir pasiūlė pamiršti šį atsitikimą. Bet jaunuolis to nepamiršo. Jis daugiau nebeplaukiojo ir niekam nepasakojo apie šią patirtį, kol peržengęs dvidešimtmečio slenkstį neįstojo į Prancūzijos armiją. Kareiviams laidant šiurkščius juokelius, kurie neretai skamba tokioje draugijoje, Žozefas papasakojo pulko draugams apie tą nutikimą paplūdimyje. Bičiuliams jo istorija pasirodė įdomi, ir jie paprašė Žozefo pabandyti tai pakartoti. Smalsumas įveikė baimę, taigi kitą laisvadienį jis patraukė prie jūros ir įsitikino galintis pasidaryti sau šalto jūros vandens klizmą kada tik panorėjęs.

Šis smagus pasakojimas, ko gero, būtų taip ir nugrimzdęs į užmarštį, jeigu vieną lemtingą dieną Piužolis nebūtų pastebėjęs, kad tą patį triuką gali padaryti ir su oru. Pradžioje jis susilenkė beveik dvilinkas, kad net tapo sunku kvėpuoti. Tada užspaudė nosį ir burną bei išpūtė diafragmą, taip padidindamas pilvo apimtį. Jau žinome, kad dujų tūris ir slėgis yra atvirkščiai proporcingi – vienam šių rodiklių didėjant, kitas mažėja. Tai reiškia, kad padidėjęs pilvo tūriui jame neišvengiamai sumažėja slėgis ir susidaro dalinis vakuumas.

Diafragmai plečiantis oras pro nosį paprastai veržiasi į jūsų plaučius, bet atminkite, kad Piužolis nosį užspaudė, taigi oras į vidų pateko pro „užpakalines duris“. Įdomiausia, kad taip atvirkščiai „įkvėptą“ orą Piužolis išleido su didžiule jėga – tai buvo išpūdingiausias jo gyvenime bezdulys.

Sužavėtas savo gebėjimų vaikiną nedelsdamas pademonstravo šį triuką kitiems kariams. Vėliau kelerius metus jis tobulino įgūdžius, kol išmoko nenustodamas leisti dujas net 10–15 minučių.

Negana to, vyras pastebėjo galintis reguliuoti išleidžiamų dujų tūrį bei greitį ir net skleisti „muzikos“ garsus. Jis apskritai buvo meniškos prigimties, mėgo dainuoti ir šokti. Taigi kariuomenėje išstobulinęs „repertuarą“ Piužolis užsiželdino ūsus ir XIX a. devintojo dešimtmečio viduryje nusprendė užkariauti sceną. Jis pasivadino *Le Pétomane* – Pirdaliumi.

1892 m. keistasis artistas netgi išdrįso pademonstruoti savo gebėjimus garsiajame Paryžiaus naktiniame klube „Moulin Rouge“. Baigiantis perklausai jis nusimovė kelnes, „praplovė“ instrumentą, įtraukdamas į tie-



Meteoristas Pirdalius (*Le Pétomane*) išange sugebėjo dainuoti ir leisti įvairius garsus.

siąją žarną vandens (įprastai per dieną jis darydavo sau penkias klizmas) ir paleido serenadą. Sukrėstas impresarijus nedelsdamas ją priėmė į darbą.

Pradžioje žiūrovai nesuprato, kaip vertinti Pirdaliaus talentą, tačiau vos per dvejus metus jis tapo geriausiai apmokamu Prancūzijos artistu ir už kai kuriuos pasirodymus uždirbdavo po 20 000 frankų – ši suma daugiau nei dvigubai viršijo legendinės aktorės Saros Bernar (Sarah Bernhardt) uždarbį. Pakilus uždangai, Pirdalius pasirodydavo ant scenos pasipuošęs juodo satino smokingu, baltomis pirštinėmis ir raudona kepure (smokingas buvo jo scenos įvaizdžio dalis, be to, padėjo paslėpti pastangas įtraukiant orą). Nutilus pirmajai juoko bangai prasidėdavo tikrasis spektaklis. Trumpas ir aukštas lyg ragelio garsas reiškė jauną merginą. Galingas bliovimas – uošvę. Nedrąsus čirenimas – pirmąją vestuvių naktį, o perkūniją primenantis griausmas – kelis pirmuosius santuokos mėnesius. Pirdalius gebėdavo pavaizduoti gaidį, povą, antį, bites, varles, kiaules ir šunį, kuriam durys prispaudė uodegą. Kai artistas imdavo imituoti fleitos garsus, žiūrovai tiesiog pašėldavo. Spektakliui artėjant į pabaigą, atlikėjas trumpam pasitraukdavo nuo scenos ir grįždavo į išangę lyg kokią uodegą įsistatęs vamzdelį. „Uodegos“ gale buvo įtaisyta cigaretė. Pirdalius prisidėgdavo ir imdavo leisti dūmų žiedus „iš abiejų galų“. Galiausiai jis „sugrodavo“ *Marselietę* ir užpūdavo už kelių pėdų pastatytas žvakes.

Moterims iš juoko suplyšdavo korsetai, o kartais jos net alpdavo. Vieną vyrą netgi ištiko širdies smūgis. („Moulin Rouge“ tuo pasinaudojo ir į spektakliu ėmė kviesti slaugytojas, be to, iškabino įspėjimus, kad spektaklis pavojingas – taip pavyko pritraukti dar daugiau žiūrovų.) Jei manote, jog esate pernelyg drovus, kad juoktumėtės iš „tualetinio“ humoro, arba pernelyg konservatyvus, kad įžvelgtumėte pramogą, atminkite, kad šio artisto gerbėjai buvo Renuaras (Renoir), Matisas ir Ravelis. Sakoma, kad Pirdaliaus portretas kabojo ant sienos net Froido (Freud) kabinete – garsusis psichiatras žiūrėjo į jį kurdamas analinės fiksacijos teoriją. Meteoristo spektaklyje (tiesa, inkognito) apsilankė pats Belgijos karalius.

Kaip Pirdaliaus gebėjimus paaiškinti biologiškai? Norėdami atsakyti į šį klausimą panagrinėkime, kas yra žarnyno dujos. Iš dalies jas sudaro oras. Kaskart nurydami maistą ar vandenį, praryjame ir kelis mililitrus oro. Didžioji šio oro dalis grįžta į aplinką per burną, tačiau šiek tiek jo patenka į skrandį ir žarnyną (ypač jei valgoma gulint) ir ima judėti žemyn.

Apie 75 proc. kiekvieno bezdulio sukuria žarnyno bakterijos vykstant fermentacijos (rūgimo) procesui. Nors mūsų sąmonėje fermentacija pirmiausia susijusi su alaus gamyba, iš tikrųjų šis procesas kur kas platesnis ir apima daugybę atvejų, kai angliavandeniai suskaidomi į mažesnes molekules. Kitaip tariant, bakterijos suskaido angliavandenių grandines į anglies dioksidą, vandenilį ir metaną – taip susidaro mūsų žarnyną užpildančios dujos. Kai kurie maisto produktai skatina ypač gausų dujų susidarymą, nes juose yra angliavandenių (tokių, kaip laktozė piene arba rafinozė kopūstuose ar brokoliuose), kurie skrandyje iki galo nesuskaidomi, taigi tampa tikra puota žarnyno bakterijoms.

Suaugęs žmogus per parą išleidžia apie 1,5 litro dujų, pabezdėdamas apie dvidešimt kartų. Visgi šie skaičiai gali smarkiai svyruoti. Pirdalius per išangę kiekvieną kartą galėjo „įkvėpti“ daugiau nei 3 litrus oro, o vienas medicinos literatūroje aprašytas asmuo kasdien gadino orą daugiau nei šimtą kartų. Jeigu toks dujų kiekis negalėtų pasišalinti iš organizmo, žarnynas tikriausiai plyštų. Be to, žinomas liūdnas atvejis, kai atliekant chirurginį storosios žarnos prideginimą paciento žarnyne buvusios dujos sprogo ir pilve pramušė penkiolikos centimetrų skersmens kiaurymę. Galbūt tai skamba neįtikėtina, bet daugiau nei 99 procentai žarnyno dujų yra bekvapės. Netgi metanas, nepaisant prastos „reputacijos“, neskleidžia jokio blogo kvapo. Nemalonų kvapą šioms dujoms suteikia tokie junginiai kaip sieros vandenilis (H_2S , skleidžiantis supuvusių kiaušinių kvapą), metantiolis (CH_3SH , dvokiantis supuvusiomis daržovėmis) ir dimetilsulfidas (CH_3SCH_3 , pasižymintis šleikščiu salsvu kvapu). Visos šios dujos yra lakieji sieros junginiai, kuriuos išskiria pasisotinusios bakterijos. Beje, jos sukelia ir nemalonų burnos kvapą (siūlau per daug apie tai negalvoti). Štai taip ir susidaro žarnyno dujos.

Visgi toks paaiškinimas netinka Piužoliui. Atminkite: jis nekimšo į skrandį brokolių ir negėrė šviežio pieno tik tam, kad pripildytų žarnyną dujų. Šis vyras tiesiog įtraukdavo į vidų įprasto oro, o vėliau išleisdavo jį lauk. Dėl šios priežasties ant scenos leidžiamos dujos neturėjo jokio kvapo. Beje, savo pasirodymuose Pirdalius vengė lėkštų juokelių ir vadino juos vulgariais. Save jis laikė artistu, kuriame dera dainininko ir parodijų meistro gebėjimai, panašiai kaip „žmogaus orkestro“. Visai tai skatina užduoti keistą, bet rimtą klausimą. Jeigu oro įleidimo ir išleidimo angos yra abiejuo-

se mūsų kūno galuose, kodėl gi „nekalbame per antrą galą“? Tiesą sakant, esminių fiziologinių kliūčių tam nėra. Nors tiesiojoje žarnoje nėra balso stygų, tačiau jos visų pirma apsaugo mūsų kvėpavimo takus nuo maisto ir skysčių. Kita vertus, analiniu sfinkteriu galima leisti panašius į trimito garsus. Svarbiau, kad išangėje nėra lūpų ir liežuvio (ačiū Dievui), kurie oro srovę paverčia žodžiais. Visgi paprasčiausiam bendravimui toks sudėtingas kalbos aparatas nebūtinai. Taigi evoliucija galėjo pasukti kita kryptimi, o šalia išangės galėjo išsivystyti kalbėjimo raukšlės. Kai kurie tyrimai rodo, kad silkės gali bendrauti tarpusavyje pasitelkdamos žarnyno dujas.

Po kelių sėkmingų metų „Moulin Rouge“ Pirdalius įsivėlė į teisinius ginčus su klubo savininku. Kartą jis buvo pastebėtas „dainuojantis“ mugėje – taip meteoristas bandė privilioti klientų imbieriniais pyragėliais prekiaujančiam draugui. Po to „Moulin Rouge“ savininkas iškėlė Pirdaliui ieškinį tvirtindamas, kad šis neturi teisės leisti dujų už jo klubo sienų (toks teiginys nepaprastai linksmino žurnalistus). Galiausiai meteoristas išėjo iš kabareto ir įkūrė savo klubą – tai paskatino dar karštesnius ginčus, ypač po to, kai „Moulin Rouge“ savininkas pasamdė panašių gabumų turinčią moterį. Vis dėlto pasirodė, kad tai apgaulė – moteris po sijonu slėpė dumples. Tiesą sakant Pirdalius karjeros pradžioje irgi buvo panašiai kaltinamas, todėl turėjo nuogas pasirodyti keliems gydytojams.

Nors po šių įvykių Piužolis nebebuvo geriausiai uždirbantis artistas Prancūzijoje, porą ateinančių dešimtmečių jam visai neblogai sekėsi, kol 1914 m. prasidėjęs karas visko neapvertė aukštyn kojomis. Žmonės nebeturėjo laiko linksmybėms, o paties Pirdaliaus šeimą ištiko nelaimė – du jo sūnūs buvo suluošinti fronte. Be to, per Pirmąją pasaulinį karą pradėjus naudoti cheminę ginklą, komedija su dujomis tapo nebejuokinga.

Taigi po karo Pirdalius atidarė kepyklą ir, pasak gandų, kepė gardžiausius rajone sėlenų keksiukus. Kai jis galiausiai mirė 1945 m. (praėjus vos mėnesiui nuo pergalės dienos), keli gydytojai prašė leisti jiems ištirti meteoristo kūną, norėdami suprasti, kas lėmė gebėjimą „įkvėpti“ oro per išeinamąją angą. Deja, šito niekada nesužinosime, nes šeima leidimo taip ir nedavė. Pasak vieno iš jo sūnų, „į kai kuriuos dalykus šiame gyvenime reikia tiesiog žvelgti su pagarba“.

PENKTAS SKYRIUS

KONTROLIUOJAMAS CHAOSAS



Vanduo (H_2O) – molekulių kiekis skirtingas, priklauso nuo reljefo ir klimato. Kiekvieną kartą įkvėpdami įtraukiate nuo kelių milijardų iki kelių kvadrilijonų molekulių.

Šventosios Romos imperijos imperatoriaus kvietimas dažniausiai nežadėjo nieko gero. Tačiau vežimui dardant į pietus Magdeburgo (Vokietija) mero Oto Gerickės (Otto Gericke) pasitikėjimas savimi tik stiprėjo. Juk jis ketino atlikti bene reikšmingiausią mokslo eksperimentą istorijoje.

Gerickė, klasikinis džentelmenas ir mokslininkas, buvo tiesiog pamišęs dėl vakuumo idėjos – uždarų erdvių, kuriose nieko nėra. Tuo metu dauguma žmonių apie vakuumą žinojo tik tiek, kad, pasak Aristotelio, gamta jo nemėgsta* ir netoleruoja. Tačiau Gerickė įtarė, kad gamta iš tiesų nėra tokia kietakaktė, ir XVII amžiaus šeštojo dešimtmečio pradžioje užsimojo sukurti vakuumą. Pirmasis jo bandymas buvo pašalinti vandenį iš statinės vietinių ugniagesių vandens siurbliu. Statinė buvo sklidina vandens ir

visiškai užsandarinta, kad vidun nepatektų oras. Taigi išsiurbus vandenį statinėje turėjo likti tik tuštuma. Deja, pradėjus siurbti po kelių minučių statinės šulai neatlaikė, ir į ją pateko oro. Po to jis bandė panašiu būdu ištuštinti tuščiavidurę vario sferą. Ji atsilaukė kiek ilgiau, tačiau procesui įpusėjus sfera susiprolojo su tokiu trenksmu, kad dar ilgai skambėjo ausyse.

Toks smarkus susiplojimas išgąsdino Gerickę ir sukėlė įvairių minčių. Paprasčiausias oro slėgis, tiksliau, oro slėgio skirtumas sferos viduje ir išorėje, kažkaip ją visiškai sulamdė. Ar dujos išties tokios stiprios, kad lankstytų metalą? Tai neatrodė įtikima. Juk dujos tokios minkštos. Tačiau Gerickė kito atsakymo nerado ir kai galiausiai priėjo prie tokios išvados, tai buvo esminis lūžis žmogaus santykių su dujomis. Tikriausiai tai buvo pirmas kartas istorijoje, kai žmogus suprato, kokios stiprios ir galingos dujos. Nuo tos akimirkos liko tik nedidelis žingsnelis iki garo mašinų ir pramonės perversmo.

Tačiau prieš įvykstant perversmui Gerickė turėjo įtikinti savo amžininkus, kokios galingos dujos, ir, laimė, jis pasižymėjo visais tam reikalingais moksliniais gebėjimais. Tiesą sakant, per kitą dešimtmetį jo surengti demonstravimai sukėlė tiek gandų Vidurio Europoje, kad imperatorius Ferdinandas III galiausiai pasikvietė Gerickę į savo į dvarą, norėdamas viską pamatyti savo akimis.

Į maždaug 350 kilometrų kelionę pietų link Gerickė pasiėmė du varinius pusrutulius. Juos buvo galima sustatyti taip, kad sudarytų apie penkiasdešimt šešių centimetrų skersmens sferinį lukštą. Pusrutulių sienelės buvo pakankamai storos, kad šį kartą nesusilankstytų, ir prie kiekvieno iš jų buvo privirintas žiedas, prie kurio buvo galima tvirtinti virvę. Svarbiausia, viename pusrutulyje Gerickė išgręžė skylę ir joje įtaisė išmoningą oro vožtuvą, kuris leido oro srautui eiti tik viena kryptimi.

Dvare jo laukė trisdešimt arklių ir nemaža smalsuolių minia. Tais laikais nusikaltėliai būdavo velkami arklių ir ketvirčiuojami, tad Gerickė paskelbė miniai, kad būtent tą ir ketina padaryti su savo varine sfera – jis buvo tikras, kad geriausi Ferdinando žirgai nepajėgs atplėšti dviejų sferos pusių vieną nuo kitos. Galima suprasti susirinkusiųjų juoką – jei sferos pusių niekas nelaikydavo, jos pačios atsiskirdavo ir nukrisdavo į šalis. Tačiau Gerickė nepaisė pašaipūnų ir iš vežimo išsitraukė pagrindinę įrangos dalį, primenančią cilindą ant trikojo. Nuo jo ėjo vamzdis, kurio vieną galą Ge-

rickė pritvirtino prie varinės sferos. Tada paprašė kelių vietinių kalvių – tvirčiausių vyrų, kokius tik galėjo rasti – sukti mašinos svertus ir stūmoklius. Kas kelias sekundes mašina sušvokšdavo. Šį keistą įrenginį Gerickė vadino oro siurbliu.

Jis veikė taip. Oro siurblio cilindre buvo speciali sandari kamera su stūmokliu, kuris judėjo aukštyn žemyn. Proceso pradžioje stūmoklis buvo nuspaustas žemyn, vadinasi, kameroje oro nebuvo. Pirmiausia kalvis turėjo pakelti stūmoklį. Kadangi kamera ir varinė sfera buvo sujungtos vamzdžiu, pakėlus stūmoklį oras iš sferos galėjo tekėti į kamerą. Sakykime, kad sferoje iš pradžių buvo aštuoni šimtai oro molekulių. (Šis skaičius gerokai per mažas, bet jis gražus ir apvalus.) Pakėlus stūmoklį, ištektų maždaug pusė to oro. Taigi sferoje ir kameroje būtų po keturis šimtus molekulių.

Tada prasidėjo pagrindinis eksperimento etapas. Gerickė uždarė vienkryptį sferos vožtuvą, tad abiejose jo pusėse liko po keturis šimtus molekulių. Tada atidarė kitą vožtuvą, esantį ant kameros, ir paprašė kalvio nuspausti stūmoklį žemyn, ir visi keturi šimtai molekulių buvo išstumtos iš kameros lauk. Taigi Gerickė išsiurbė pusę sferoje buvusio oro.

Dabar mašina vėl grįžo į pradinę padėtį – stūmoklis buvo nuspaustas žemyn, tad Gerickė galėjo vėl atidaryti sferos vožtuvą ir pakartoti procesą. Šį kartą į kamerą turėjo ištekti du šimtai molekulių (pusė iš likusių keturių šimtų) ir du šimtai likti sferoje. Vėl uždaręs vienkryptį vožtuvą, jis galėjo vėl išstumti tuos du šimtus molekulių iš kameros lauk. Trečią kartą jis išstūmė dar šimtą molekulių, tada dar penkiasdešimt ir taip toliau. Kiekvieną kartą pakelti stūmoklį darėsi vis sunkiau (todėl buvo reikalingi stiprūs kalviai), tačiau kiekvieną kartą siurblys ištraukdavo iš sferos pusę oro.

Kuo mažiau oro liko viduje, tuo labiau didėjo spaudimas į sferą iš išorės. Taip yra todėl, kad į jos paviršių kiekvieną sekundę atsitrenkdavo begalė oro molekulių. Nors molekulės mažytės, bet visos kartu jos sukėlė tūkstančių kilogramų spaudimą (iš tiesų). Paprastai oras sferos viduje atsvertų šį spaudimą pats stumdamas iš vidaus. Tačiau kalviams pašalinus iš sferos orą, susidarė slėgių skirtumas, ir išorinis oras vis stipriau spaudė pusrutulius vieną prie kito. Atsižvelgiant į sferos dydį, esant visiškam vakuumui spaudimo jėga būtų buvusi apie 2 540 kilogramų. Gerickė negalėjo viso šito žinoti, taigi nežinia, kiek jam pavyko priartėti prie visiško vakuumo.



Magdeburgo vilkimo ir ketvirčiavimo eksperimentas, sumanytas Oto fon Gerickės.
(DĖTINIS LAPAS, NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS ORGANIZACIJAI „WELLCOME TRUST“)

Tačiau pamatęs pirmąją vario sferą lankstantis jis suprato, kad oras ganėtinai stiprus. Lažinosi, kad stipresnis net už trisdešimt arklių.

Kalviams ištraukus visą orą (ir išėikvojus visas jėgas), Gerickė atkabino varinę sferą nuo siurblio, iš abiejų pusių prakišo virvę pro žiedus ir pritvirtino ją prie arklių kinkinio. Minia nuščiuvo. Galbūt kokia nors dama pakėlė ir pamojo šilkinę nosinaite. Prasidėjo virvės tempimo varžybos: virvės įsitempė, sfera suvirpėjo. Arkliai šnarpštė ir kasė kanopomis, ant jų kaklų išsprogo gyslos. Tačiau sfera laikėsi – arkliai nepajėgė perskirti jos pusiau. Tada Gerickė pakėlė sferą ir pirštu atidarė antrinį vožtuvą. Pšššš. Sfera prisipildė oro, ir po sekundės pusrutuliai atsiskyrė jo rankose. Kaip tik karalius Artūras pajėgė ištraukti kardą iš akmens, taip tik Gerickė gebėjo atlikti šį triuką. Imperatorius buvo taip sužavėtas, kad paprasčiausias Otas Gerickė netrukus oficialiai tapo Vokietijos kilminguoju – Otu fon Gericke.

Vėliau fon Gerickė su padėjėjais prigalvojo ir daugiau įspūdingų eksperimentų su vakuumu ir oro slėgiu. Jie pademonstravo, kad varpeliai neskamba stiklainiuose, iš kurių pašalintas oras, tuo įrodydami, kad garsui sklusti reikalingas oras. Jie taip pat pastebėjo, kad vakuume laikomas svietas netirpsta net veikiamas iki raudonumo įkaitusių lygintuvų. Tai įrodė, kad vakuumas nelaidus šilumai. Triuką su pusrutuliais jie pakartojo ir kitoje vietovėse, plačiai paskleisdami žinią apie Gerickės atrastą oro jėgą. Pastarasis atradimas turėjo didžiausią įtaką pasauliui apskritai. Normalus oro slėgis mūsų planetoje – apie 1,03 kilogramo į kvadratinį centimetrą. Gal ir neatrodo didelis, tačiau atitinka daugiau kaip vienuolika tonų į kvadratinį metrą. Šį slėgį jaučia ne tik vario pusrutuliai. Vidutinio suaugusiojo kūną iš išorės nuolatos spaudžia dvidešimties tonų jėga. Šios naštos nepastebime dėl to, kad iš vidaus taip pat spaudžia dvidešimties tonų slėgis. Tačiau net žinant apie jėgų pusiausvyrą, visa tai atrodo pavojinga. Turiu galvoje, kad aliuminio folijos lakštas, esantis visiškoje pusiausvyroje tarp dviejų ugnies srautų, išliktų sveikas. Bet kas gi taip rizikuotų? Mūsų odos ir organų padėtis oro atžvilgiu tokia pat kebli – jie pakibę tarp dviejų galingų jėgų.

Laimė, mūsų mokslo protėviai tokios galybės akivaizdoje nesudrebėjo. Jie priėmė fon Gerickės atradimą, kad dujos stulbinamai stiprios, ir pažėrė daugiau idėjų. Kai kurie jų projektai buvo labai praktiški, pavyzdžiui, garo varikliai. Kiti – vėjavaikiški, pavyzdžiui, karšto oro balionai. Dar kiti, pavyzdžiui, sprogmenys, parodė mums savo mirtiną jėgą. Tačiau visi jie buvo paremti paprasčiausia fizine dujų galia.

*

Pramonės perversmas prasidėjo nuo sulūžusio žaislo. XVIII amžiaus šeštojo dešimtmečio pabaigoje Glazgo universitetas nusamdė paniurėlį meistrą Džeimsą Vatą pagaminti ir prižiūrėti paskaitose naudojamą demonstravimo įrangą. Viena iš užduočių buvo sutaisyti mažą atmosferinį garo variklį – Niukomeno (Newcomen) variklį, kasyklose vandeniui pumpuoti naudojamo variklio žaislinę versiją. Jis buvo maždaug pusmetrio aukščio, pagamintas iš žalvario ir niekada tinkamai neveikė. Atsakingas profesorius tik norėjo, kad Vatas sutaisytų tą kvailą daiktą, bet kuo daugiau šis tyrinėjo mažąjį įrenginį, tuo daugiau būdų jį pagerinti matė. Garo varikliai tapo viso jo gyvenimo manija.

Žmonės jau seniai naudojo vandenį įrenginiams varyti*, tačiau pats garas pramonėje beveik nebuvo naudojamas, kol anglas Tomas Seiveris (Thom Savery) 1696-aisiais sukūrė įrenginį Kornvalio kalnakasiams. Nors Kornvalyje glūdėjo tonos alavo ir kitų mineralinių išteklių, įsikąsus vos porą metrų, kasyklų šachtas neišvengiamai užpildydavo vanduo. Norint jį išsemti, reikėjo į milžinišką ratą įkinkyti dešimtis arklių ar jaučių, kurie traukdavo kibirą po kibiro aukšty. Tai buvo lėtas, varginantis ir brangus darbas. Taigi Seiveris išrado įrenginį, kuris galėjo atlikti šį darbą. Jis buvo sudarytas iš dviejų dalių: fon Gerickės tipo vakuuminio siurblio, kuris iš pradžių pakelia vandenį, ir kito siurblio, kuris suspaustais garais stumia vandenį aukšty. Siūlydamas jį klientams, Seiveris įrenginį vadindavo „kalnakasio draugu“, lyg šis būtų koks šuo. Tačiau tas įrenginys buvo panašesnis į drakoną nei į šunį – keliolikos metrų aukščio mašinos viduriuose degė ugnis, gaminanti garus. Iš tiesų, patentinėje paraiškoje Seiveris savo mašiną įvardijo dramatišku, beveik mitiniu pavadinimu: „variklis, keliantis vandenį ugnimi“.

Nors buvo geresnis sprendimas nei jaučiai, „kalnakasio draugas“ turėjo trūkumų. Pirma, Seiverio vakuuminis siurblys negalėjo pakelti vandens aukščiau kaip maždaug dešimt metrų. Šios ribos priežastis subtili ir susijusi su dažnu nesupratimu, kaip veikia vakuuminiai siurbliai. Tais laikais dauguma žmonių manė, kad vakuuminiai siurbliai vandenį kelia kažkoku būdu siurbdami jį aukšty. Ne. Techniniu požiūriu, vakuumas negali nei kelti, nei siurbti. Geriau pagalvojus tai suprantama. Juk vakuume tiesiogine prasme nieko nėra, tai kaip jis gali ką nors daryti ar veikti? Iš tiesų viskas vyksta taip: pašalinus orą iš vakuuminės kameros, staiga niekas priešpriešais nebestumia skysčio, bandančio patekti vidun. Todėl skysčiai netrukdomi suteka į tuštumą. Taigi vakuuminiai siurbliai netraukia skysčio į save, o tiesiog leidžia jam iš išorės tekėti į vidų.

Taigi, kas ta stumianti jėga, kuri verčia vandenį kilti? Oro slėgis. Įsivaizduokite tokią situaciją: kasyklos šachta su vandens sanakaupa dugne. Viršuje stovi vakuuminis siurblys, o nuo siurblio į vandenį nuvestas vamzdis. Vos įjungus siurbį, vanduo ima kilti vamzdžiu. Tačiau jis kyla ne dėl to, kad siurblys kažkaip traukia jį aukšty, o dėl to, kad oras slegia vandens sanakupos paviršių. Turbūt atrodo, kad turėtų būti atvirkščiai – kaipgi žemyn spaudžiantis oras gali kelti vandenį į viršų? Tačiau būtent taip ir

yra. Kaip analogiją įsivaizduokite duonos tešlos gabalą ant stalo. Uždėkite ant jo rankas ir paspauskite žemyn. Kas atsitiks? Dalis tešlos susispaus, tačiau dalis ištrykš pro pirštus. Kitaip tariant, spaudžiama vienoje vietoje, kitoje vietoje tešla pakyla. Tas pat nutinka ir su vandeniu bei oro slėgiu. Oras spaudžia didžiąją dalį paviršiaus žemyn, tačiau tas spaudimas verčia vandenį tekėti aukštyn, ten, kur mažesnis pasipriešinimas, pavyzdžiui, į vakuumą vamzdyje.

Šie skirtumai tarp vakuumo ir oro slėgio, stūmimo ir traukimo iš pirmo žvilgsnio gali atrodyti nereikšmingi. Ir jie tikriausiai nėra svarbūs, kai kalbama apie tai, kaip veikia 23 centimetrų ilgio gėrimo šiaudelis. (Nepradėkite po kiekvieno gurkšnio aiškinti žmonėms, kad gėrimą šiaudeliu pakelia oro slėgis, o ne jų plaučiai, nors tai ir tiesa.) Tačiau kai kalbama apie keliolikos metrų aukštį, toks skirtumas labai svarbus. Taip yra todėl, kad tokia aukštyje gravitacijos trauka taip pat tampa svarbi.

Kad geriau suprastumėte šią kovą tarp oro slėgio ir gravitacijos, įsivaizduokite kalnakasį, bandantį pakelti vandenį Seiverio siurbliu. Nesileisiu į tikslūs skaičiavimus, tačiau siurbliui į vamzdį įsiurbus vandens iki maždaug trisdešimties centimetrų aukščio, tą vandenį žemyn trauktų 0,03 kilogramo į kvadratinį centimetrą gravitacijos jėga. Vandens stulpą palaikantis oro slėgis yra 1,03 kg/cm². Kadangi 1,03 daugiau nei 0,03, oro slėgis čia nugalai. Įsiurbus vandens iki šešiasdešimties centimetrų, gravitacijos slėgis padvigubėja iki 0,06, tačiau tai vis tiek mažiau nei 1,03. Tačiau toliau siurbiant vandenį kažkuriuo metu žemyn traukianti gravitacijos jėga viršys 1,03 kg/cm² ir vanduo nustos kilęs. Paskaičiavę pamatytumėte, kad taip nutinka maždaug dešimties metrų aukštyje.

Būtent su šia riba ir susidūrė Tomas Seiveris. Iš tiesų, joks vakuuminis siurblys Žemėje*, net ir pats tobuliausias, negali pakelti vandens aukščiau nei dešimt metrų. Mūsų atmosferai paprasčiausiai trūksta jėgos. Seiverio siurbliai, kurie toli gražu nebuvo tobuli, nepakeldavo nė tiek – dažniausiai mažiau nei devynis metrus.

Dabar jums gali kilti klausimų dėl kitos Seiverio įrenginio dalies, kuri garais stumdavo vandenį vamzdžiu aukštyn. Čia yra geresnių žinių, nes šis metodas pats savaime neturi ribų. Teoriškai, vis didindami garų slėgį, šiuo būdu galite pumpuoti vandenį kad ir į Mėnulį. Tačiau praktiškai 1690-aisiais vožtuvai ir siūlės neatlaikydavo didelio slėgio ir, pakėlus van-

denį dar apie devynis metrus, įranga subyrėdavo. Seiverio įrenginiai vandenį galėjo pakelti iš viso apie aštuoniolika metrų. Geriau nei arklys, bet nieko įspūdingo.

Galiausiai apie 1710-uosius kalvis vardu Tomas Niukomenas (Thom Newcomen) išrado pranašesnį variklį. Jis taip pat buvo sudarytas iš dviejų dalių. Vienoje kameros pusėje buvo stūmoklis, judėjęs aukštyn žemyn, priklausomai nuo garų slėgio kitimo. Kad suprastumėte, kaip jis veikė, įsivaizduokite stūmoklį viršutinėje padėtyje. Po juo yra garų debesėlis, palaikantis stūmoklio svorį, t. y. kol yra garų, stūmoklis lieka savo vietoje. Tačiau vos tik stūmoklis atsipalaiduoja ant debesėlio, apačioje atsidaro vožtuvas ir viską sugadina. Iš vožtuvo į cilindrą su garais įpurškiama šalto vandens. Šaltas vanduo sukelia šoką (panašiai, kaip kad jums už apykaklės kas nors įmestų ledukų) ir dujos staiga susitraukia bei kondensuojasi į vandenį, kuris išteka pro vamzdį apačioje. (Sakoma, kad iš lauko šis procesas girdėdavosi kaip šniurkščiojimas.) Svarbiausia, kad kai garai kondensuojasi, stūmoklio niekas nebelaiko. Spaudžiamas išorinio oro svorio, jis ima kristi žemyn. Tačiau prieš jam trenkiantis į cilindro dugną, atsidaro kitas vožtuvas ir jį išgelbsti. Į kamerą vėl įleidžiama garų, kurie „sugauna“ stūmoklį ir vėl pakelia jį į viršų. Krizės išvengta ir stūmoklis gali vėl ilsėtis ant garų debesėlio, kol vėl neatsidaro tas prakeiktas vožtuvas, kuris vėl įpurškia šalto vandens ir pradeda ciklą iš naujo.

Variklio dalis su stūmokliu iš tiesų nepumpavo vandens, tik teikė tam reikalingą galią. Pats pumpavimas vyko kitoje pusėje. Virš stūmoklio buvo milžiniška medinė svirtis, kuri sūpavosi aukštyn žemyn, kaip naftos bokšto strėlė. (Kalnakasiai parsiveždavo tas keliolikos metrų ilgio svirtis iš neliestų Britų Kolumbijos ar Baltijos šalių miškų.) Vienas svirties galas buvo grandinėmis pritvirtintas prie stūmoklio, tad kiekvieno stūmoklio ciklo metu svirtis pakildavo ir nusileisdavo. Šis judėjimas varydavo siurblių, kuris buvo pritvirtintas prie kito svirties galo. Tiesą sakant, naudojami „siurbliai“ vargu ar galėjo būti taip vadinami. Dauguma jų buvo ne ką sudėtingesni už kibirus, kiekvieno ciklo metu pakeliančius vandenį metrą ar du. Tačiau ne taip kaip įmantrieji vakuuminiai siurbliai, jie nebuvo ribojami oro slėgio. Ir nors kibirai atrodė labai primityviai, pagrindinė Niukomeno variklio dalis – garo stūmokliai – teikė tokią koncentruotą galią, kad kalnakasiai galėjo pakelti vandenį į keturiasdešimt penkių metrų

aukštį – XVIII amžiaus pradžioje tai buvo neregėtos aukštumos. Nepaisant to, retas kalnakasys Niukomeno variklį galėjo pavadinti geru draugu. Jį įrengti kainavo didelius pinigus – apie 1 000 svarų sterlingų. Dar blogiau tai, kad jis kasdien surydavo nežmonišką kiekį anglių. Didelės kasyklos buvo priverstos jį naudoti, tačiau vien dėl kuro sąnaudų jos balansuodavo ant bankroto ribos. Šie varikliai buvo labiau plėšikai nei draugai, bet nieko geresnio nebuvo sugalvota.

Grižkime prie Džeimso Vato. Universitete taisydamas sugedusį žaislinį variklį, Vatas pastebėjo keletą Niukomeno variklio trūkumų, ypač didžiulės kuro sąnaudas. Šiandien apie tokį neefektyvumą kalbame kaip apie šilumos ir energijos nuostolius, tačiau tais laikais mokslininkai dar neturėjo aiškaus supratimo apie šias sąvokas. Vatas kalbėjo apie „garų švaistymą“. Šiandien ši frazė skamba neįprastai, tačiau joje būta daug tiesos. Tuo metu garai išties buvo itin vertingas dalykas.

Neturėdamas mokslinio išsilavinimo, Vatas ėmėsi spręsti garų švaistymo problemą be jokios aiškos tvarkos. Pavyzdžiui, rytais rinkdavo garus iš arbatinukų ir lydydavo įvairius daiktus, o vakarais rydavo knygas apie flogistono teoriją ar vykdavo cheminius eksperimentus. Galiausiai po pokalbio su Džozefu Blaku – gyvybingu škotų profesoriumi, atradusiu anglies dioksidą, jam pavyko pasistūmėti pirmyn. Blakas taip pat tyrinėjo fazių kitimą, t. y. medžiagų perėjimą iš kietosios būsenos į skystąją arba iš skystosios į dujinę. Būtent šis darbas suteikė Vatui reikalingų įžvalgų.

Kad suprastumėte, kodėl, įsivaizduokite šalto vandens puodą ant viryklės. Šildykite jį nuo 0 °C iki 1 °C, tada nuo 1 °C iki 2 °C, ir taip toliau iki 100 °C. Kiekvieną kartą temperatūrai pakelti vienu laipsniu reikia vieno energijos kiekio, t. y. maždaug vienos kilokalorijos litrui vandens. Tačiau bandant kaitinti vandenį daugiau nei 100 °C, atsitinka kažkas keista. Vanduo užverda prie 100 °C, tad 101 °C temperatūros vanduo yra garai. Gali atrodyti, kad norint pakaitinti vandenį nuo 100 °C iki 101 °C prireiks tiek pat energijos, kaip ir nuo 99 °C iki 100 °C. Nieko panašaus. Tarp skysto vandens ir garų didžiulis atotrūkis. Iš tiesų pakelti vandens temperatūrą nuo 0 °C iki 100 °C reikia daug mažiau (net penkis kartus!) energijos, nei 100 °C temperatūros vandenį paversti garais. Tai panašu į maratoną, kuris baigiasi ant kalno – pirmieji keturiasdešimt kilometrų ne tokie sunkūs kaip du paskutiniai, nes garai sugeria labai daug energijos.

Papildomą garę esančią energiją Blakas vadino „paslėptąja šiluma“, o Vatas užsikabino už šios minties, bandydamas paaiškinti Niukomeno variklių neefektyvumą. Prisiminkime, kad Niukomeno ciklas prasideda stūmokliui esant viršutinėje padėtyje. Įpurškus į cilindrą šalto vandens, stūmoklį palaikantys garai kondensuojasi. Kad tai veiktų, vanduo turi atvėsinti garą žemiau 100 °C. Tačiau ir pats stūmoklis, ir cilindras turi būti atvėsinti iki mažiau nei 100 °C. Priešingu atveju ant karšto metalinio paviršiaus kondensavęsi vandens lašeliai šnypšdami tuoj pat vėl pavirstų garais. Tai reiškia, kad į cilindrą turi būti įpurškiama gana daug šalto vandens – švaistomas laikas ir energija. Tačiau atvirkštinis procesas reikalauja dar daugiau energijos. Žemyn nusileidusį stūmoklį variklis turi vėl pakelti, įleisdamas į cilindrą garų. Deja, kadangi metaliniai paviršiai ką tik buvo atvėsinti šaltu vandeniu, dabar susilietęs su jais garas kondensuojasi. Kitaip tariant, šalti metaliniai paviršiai siurbia garo energiją kaip vampyras, palikdami tik vandens lašelius, kurie neduoda jokios naudos. Norint išspręsti šią problemą, Niukomeno varikliuose turėjo būti pumpuojama dar daugiau garų, o tai reiškė, kad reikėjo užvirinti daugiau vandens, sudeginti daugiau anglių ir iššvaistyti daugiau pinigų. Ir kalbame apie rimtus nuostolius. Vatas apskaiciavo, kad Niukomeno varikliai iššvaistydavo apie aštuoniasdešimt procentų garų. Keturi iš penkių dolerių ištekdavo vandenėliu. Štai kodėl Vatas taip apgailestavo dėl „garų švaistymo“ – garuose tiek daug paslėptos energijos, kad sumažinus jų efektyvumą sumažėja ir viso variklio efektyvumas.

Kad išspręstų šią problemą, Vatas turėjo rasti būdą, kaip išvengti pakartotinio cilindro kaitinimo ir vėsinimo. Tačiau tada užgriuvo gyvenimiški rūpesčiai. Reikėjo išlaikyti žmoną ir mažus vaikus, todėl Vatui teko mesti garo variklius ir imtis darbo – vykdyti geodezinius matavimus kasant kanalus. Tie metai nenuėjo veltui. Kaip ir kasyklų šachtos, kanalai dažnai prisipildo vandens ir juos reikia nusausinti, taigi Vatui teko kelerius metus dirbti su Niukomeno varikliais. Tačiau tai tik dar labiau jį siutino – diena iš dienos iššvaistoma tiek garų!

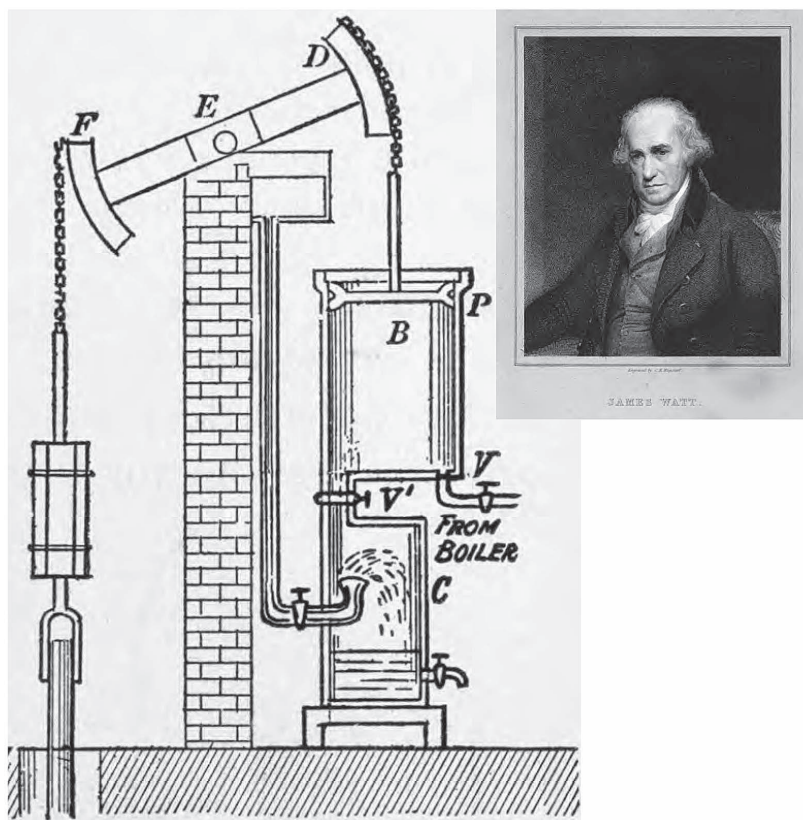
Per tuos metus Vatas pradėjo susirašinėti su grupe mokslininkų, gyvenusių Birmingame, apie keturis šimtus kilometrų į pietus nuo Glazgo. Tam tikra prasme Birmingamas buvo tų laikų Silicio slėnis – technologinių stebuklų pasaulis, į kurį iš visos Europos plūdo turistai paspoksoti į vandens

ratus ir automatines stakles. Kita vertus, tai toli gražu nebuvo utopija. Darbininkai dvokė tepalais, jų akys buvo pasrūvusios krauju, jie nuolat kosėjo. Kai kurių plaukai nuo lydomo vario buvo įgiję žalsvą spalvą.

Nors buvo kilęs iš darbininkų klasės, Vatas gerai pritapo Birmingamo elite, ypač garsiajame intelektualų klube „Pilnatis draugija“ (angl. *Lunar Society*). [Jai priklausė Džozefas Pristlis, Viljamas Geršelis (William Herschel) ir Erazmas Darvinas.] Draugijos nariai susitikdavo kartą per mėnesį ir aistringai diskutuodavo apie literatūrą ir filosofiją. Jie visuomet rinkdavosi pirmadieniais prieš artimiausią Mėnulio pilnatį. Rengti susitikimus pagal Mėnulio fazes šiandien atrodo žavinga ir net mistiška, tačiau tokio pasirinkimo pagrindas buvo labai praktiškas – Mėnulio šviesa padėjo klubo nariams po susirinkimo rasti kelią namo.

Vatas ypač susibičiuliavo su vienu iš „lunatikų“ – pramonininku Me-tju Boltonu (Matthew Boulton). Boltonas susikrovė turtus iš fabriko, gaminusio batų sagtis, sidabrinius stalo įrankius, termometrus ir pigius stiklo karoliukus, kuriais keliautojai apgavyste viliojo iš indėnų žemes. Kiekvieną žiemą Boltono fabriko įrenginius varantis upelis užšaldavo, todėl tekdavo arba uždaryti fabriką, arba nuomotis dešimtis arklių malūno ratams sukti. Vasaros sausros sukeldavo tą pačią problemą. Tad Boltonas ėmė įkalbinėti Vatą persikelti į Birmingamą ir sukurti garo variklį, kurį būtų galima naudoti fabriko įrenginiams.

Vatas ilgai svarstė šį pasiūlymą, kol šeimos neištiko tragedija – 1773 metais mirė jo žmona. Tai paakino jį persikelti ir prisijungti prie Boltono įmonės. Vatas žinojo tik vieną būdą sielvartui palengvinti – dirbti iki nukritimo. Taigi panašiai, kaip vėliau, po kelerių metų mirus dukteriai Džesei (Jessie), jis metėsi į dujų medicinos tyrimus, taip dabar Birmingame jis pasinėrė į darbą su garo mašinomis. Būtent šiuo laikotarpiu Vatas ir sukonstravo savo garsiąją garo mašiną. Iš tiesų pati idėja jam kilo keliais metais anksčiau – 1765-aisiais. Niukomeno mašinoje stūmoklis kyla ir leidžiasi priklausomai nuo garo slėgio svyravimų, ir abu etapai vyksta toje pačioje vietoje, tame pačiame cilindre. Bet galbūt gali būti ir kitaip? Vieną dieną Vatas suprato, kad galbūt galėtų pašalinti garą iš cilindro ir kondensuoti jį kitur, t. y. nuvesti į atskirą aušinimo kamerą. Tokiu būdu pašalinus garą, stūmoklis galėtų nusileisti, kai to reikia, tačiau cilindras nuolat būtų įkaitęs ir būtų išvengta garo kondensavimosi pirma laiko.



Garsioji Džeimso Vato garo mašina.

(DĖTINIS LAPAS, NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS ORGANIZACIJAI „WELLCOME TRUST“)

Atskiro kondensatoriaus vizija Vatui kilo sekmadienį – šventadienį, tad jis visą dieną ėjo iš proto, kad negali tučtuojau skubėti į dirbtuves. Jis dar nežinojo, kad užtruks kelerius metus projektuodamas tinkamai veikiančią atskirą kondensatorių ir dar kelerius, kol kartu su Boltonu pagamins visavertę garo mašiną. Dėl tokios delsos labiausiai kaltas buvo jis pats, nes užvaldytas idėjos patobulinti mašiną jis ėmėsi keisti ir kitas dalis. Vatas apvertė stūmoklį aukštyn kojom ir po juo suprojektavo antrą garo kamerą, kad stūmoklis būtų stumiamas iš abiejų pusių. Prie atskiro kondensatoriaus jis pridėjo oro siurbį, kad garai būtų išsiurbiami greičiau. Prie stūmo-

klio įrengė reguliatorių, kuris automatiškai reguliavo stūmoklio greitį, kad šis nesikilnotų pernelyg sparčiai. Sraigteliai, krumpliaračiai, vamzdeliai – Vatas nebijojo sudėtingumo, jei tik taip buvo galima išspausti bent kiek daugiau efektyvumo.

Galiausiai XVIII amžiaus aštuntojo dešimtmečio viduryje jis sukonstravo veikiančią garo mašiną ir, atleiskite už nuomonę, ji atrodė klaidinga. Aš mėgstu mechaninį paprastumą. Tai buvo būdinga fon Gerickės oro siurbliui ir net Niukomeno mašinai. Palyginti su jais, Vato mašinos trūko elegancijos – tai buvo šiaip ne taip sulipdyta šlamšto krūva. Tačiau rezultatų nuginčyti negaliu. Nors dėl atskiros kondensatoriaus atsirado daug papildomų detalių – vamzdžių, vožtuvų, siurblių, bet garai turi tiek daug paslėptos energijos, kad visi šie pakeitimai pasiteisino. Tiesą sakant, Vato mašinos vandenį pakeldavo ne aukščiau nei Niukomeno mašinos, tačiau joms reikėjo keturis kartus mažiau anglių, tad savininkai sutaupydavo didžiules sumas kasdienių sąnaudų. (Įsivaizduokite, kad jūsų automobilis nuvažiuotų keturis kartus ilgesnį kelią su vienu degalų baku.) Vatas neišrado garų galios panaudojimo būdo, tačiau padarė jį daug ekonomiškesnį. Priešingu atveju pramonės perversmas vargu ar būtų įvykęs.

Vatas ir Boltonas pirmąją savo garo mašiną pardavė 1775-aisiais ir, nors kiekvienai tokiai mašinai surinkti prireikdavo kelių mėnesių, jos netrukus užkariavo kasybos rinką. Vėliau jie išsiplėtė ir į kitas rinkas, ypač gamybos. Šis perėjimas nebuvo toks sklandus, kaip gali pasirodyti, nes dėl istorinių priežasčių gamykloms dažniau reikėjo mašinų, užtikrinančių sukamąją galią, o ne vertikalų judėjimą, kaip stūmokliai. Kelerius metus pasikrapštinėjęs, Vatas sugalvojo kelias gudrias konstrukcijas, kurios atitiko gamyklų poreikius.

Plėtra į kitas rinkas ir patį Vatą paskatino apie garo mašinas mąstyti plačiau. Daugeliui žmonių šios mašinos buvo tik konkrečiam tikslui – pumpuoti vandenį, varyti stakles ir pan. – skirti įrenginiai. Tačiau Vatas jas įsivaizdavo labiau kaip universalų energijos šaltinį, galintį teikti energiją bet kokiam mechaniniam procesui. Žmonių požiūrį į garo mašinas galima palyginti su ankstesniu požiūriu į skaičiavimo mašinas – jos puikiai tinka vienam konkrečiam darbui, bet niekam daugiau. Vatas svajojo sukurti tokią garo mašiną, kokie yra mūsų kompiuteriai – pakankamai universalią, kad būtų pritaikoma bet kurioje pramonės srityje.

Kupinas naujų idėjų, jis pastebėjo, kad jam reikia ir naujų žodžių. Žinoma, gamyklų savininkai žinojo, kad Vatas gali sutaupyti jiems pinigų, tačiau jie buvo konservatyvūs ir norėjo konkrečių skaičių. Puiku, kad kalnakasiai dabar gali pakelti vandenį į keturiasdešimt penkių metrų aukštį, bet ką tai reikštų lentpjūvėje ar batų sagčių gamykloje? Kiek papildomų metrų nérinių ar maišų miltų jie galėtų pagaminti investavę į šią mašiną?

Užuot skaičiavęs kiekvienos gamyklos našumą atskirai, Vatas sugalvojo universalų lyginamąjį vienetą – arklio galią. Jis jį nustatė gan paprastai – tiesiog stebėjo, kaip keli arkliai suka malūno ratą, ir apskaičiavo, kiek jie pastūmė tam tikrą svorį per nustatytą laiką (pasirodo, 550 pėdų svarų¹³ per sekundę). Toks matavimo vienetas buvo gudrus keliais aspektais. Paminėdamas arklius, Vatas gudriai primindavo gamyklų savininkams, ko jie galėtų išvengti – maišų avižų, lūžusių kojų ir veterinarų sąskaitų. Be to, klientai intuityviai suprasdavo tokį matavimo vienetą. Jei jų malūno ratą suka dešimt arklių, vadinasi, jiems reikia dešimties arklio galių mašinos.

Moksliniu požiūriu ši idėja taip pat buvo tarsi pranašiška. Ateinančių šimtmetį chemijos ir fizikos mokslai daugiausia tyrinėjo termodinamiką – šilumos ir energijos mokslą. Moksliniu požiūriu energija – labai plati tema, iškylanti įvairiuose kontekstuose, tad mokslininkams reikėjo standartinio lyginamojo vieneto, nurodančio, kaip greitai įvairūs procesai sugeria ir išlaisvina energiją. Arklio galia tam puikiai tiko. Vargu ar mokslininkai žinojo, jog pati idėja kilo Džeimsui Vatui kuriant savo rinkodaros planą.

(Termodinamikai išsiplėtus į kitas sritis, pavyzdžiui, šviesos ir magnetinių laukų terminas „arklio galia“ vis dėlto ėmė skambėti absurdiškai, tarsi į mašiną vis dar galėtų įkinkyti senąjį bėrį. 1882-aisiais fizikai galiausiai nubalsavo už naują universalų galios matavimo vienetą, kuris tikėtų ir elektros lemputėms, ir šaldytuvams, ir mašinoms, keliančioms vandenį ugnimi. Jie pasirinko „vatą“).

Deja, Vatui gyvam esant, garai taip ir netapo universaliu energijos šaltiniu, kaip jis įsivaizdavo. Taip iš dalies buvo dėl to, kad išradėjas vis daugiau laiko praleisdavo teismo salėje, kovodamas patentų bylose. (Pažeidęs Vatas vadino „šėtono pakalikais“ ir po teisinių jo kryžiaus žygių keli jų buvo patupdyti į kalėjimą.) Tiesą sakant, dėl lėto garo mašinų tobulėjimo

¹³ Jėgos momento matavimo vienetas (atitinka 746 niutonmetrų (Nm)).

kalčiausias buvo pats Vatas. Keli amžininkai buvo sugalvoję, kaip sumažinti milžiniškas Vato garo mašinas, kad šias būtų galima naudoti laivuose su laivaračiais. Užtuot priėmęs šias idėjas, Vatas sudarė joms visas įmanomas teises kliūtis. Boltono gamyklos inžinierius Viljamas Merdokas (William Murdoch) 1784-aisiais sukonstravo garu varomo traukinio modelį. Vatas su Boltonu jam liepė mesti šį užsiėmimą. „Pilnaties draugijos“ narys Erazmas Darvinas, garsus gydytojas, kasmet nuvažiuodavęs tūkstančius kilometrų duobėtais Anglijos keliais, nuo kurių jam įsiskaudėdavo pasturgalį, suprojektavo garu varomą automobilį. Šią idėją Vatas galiausiai užpatentavo, bet daugiau dėl to, kad jos neužpatentuotų kiti. Tačiau net ir stovėdamas istorijai skersai kelio, Vatas negalėjo amžinai stabdyti garo mašinų vystymosi. Garas buvo tiesiog pernelyg dinamiškas ir pernelyg galingas, kad inžinieriai galėtų jo nepaisyti. Tačiau verta paminėti, kad bazinis Vato mašinos dizainas išliko nepakitęs apie tris ketvirčius šimtmečio po jo mirties. Pagalvoję, kaip smarkiai per pastarąjį ketvirtį amžiaus pasikeitė kompiuteriai ir kitos technologijos, galime suprasti, kaip tai neįtikėtina.

Vato garo mašinos buvo tokios galingos, kad apvertė Anglijos visuomenę aukštyn kojomis. Gamyklos nebebuvo prištos prie upių teikiamos galios ir galėjo persikelti į miestus, kartu atsivesdamos milijonus darbininkų. (XIX amžiaus viduryje Anglija tapo pirmąja šalimi istorijoje, kurioje daugiau žmonių gyveno miestuose nei kaimuose.) Moterys ir vaikai taip pat prisijungė prie darbo jėgos, susiformavo naujas visuomenės sluoksnis – vidurinioji klasė. Užtuot sukėlusį kruviną revoliuciją kaip Prancūzijoje, Didžioji Britanija per pramonės revoliuciją atstatė savo visuomenę – prie to daug prisidėjo ir Džeimsas Vatas.

*

Nors XIX amžiuje garas galiausiai tapo universaliu energijos šaltiniu, tam tikrose srityse kitos dujos buvo už jį veiksmingesnės. Pavyzdžiui, sprogmenys.

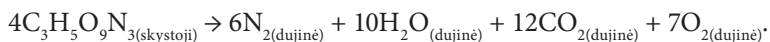
Ištisus šimtmečius žmonija žinojo tik vieną sprogiąją medžiagą – paraką, t. y. anglies, sieros ir nitratų mišinį. Degdamos šios medžiagos reaguoja taip: $3C_{(kietoji)} + S_{(kietoji)} + 2KNO_{3(kietoji)} \rightarrow N_{2(dujinė)} + 3CO_{2(dujinė)} + K_2S_{(kietoji)}$.

Nesigilinkime į smulkmenas, bet atkreipkime dėmesį, kad iš pradžių kairėje turime šešias kietosios būsenos molekules, o po reakcijos dešinėje –

penkias molekules, iš kurių keturios yra dujos. Būtent šios dujos dideliu greičiu iššauna kulkas ir pažeria skeveldras.

Tačiau išgauti vos keturias dujų molekules iš šešių pradinės medžiagos molekulių ne itin įspūdingas pasiekimas, tad italų chemikas Askanijas Sobreras (Ascanio Sobrero) 1846-aisiais atrado parako pakaitalą. Kaip ir dauguma gerų to meto chemikų, Sobreras buvo šiek tiek nutrūktgalvis ir mėgo dirbti su pavojingomis medžiagomis. Vieno eksperimento metu jis tiesiog sumetė įvairias medžiagas (pavyzdžiui, gumą, laktozę) į rūgštis, kad pamatytų, kas iš to bus. Viena tų medžiagų buvo cukraus rūšis – glicerinas, kurio jis įlašino į azoto ir sieros rūgščių vonelę. Susidarė šviesiai geltonos spalvos skystis, kurį Sobreras palygino su alyvuogių aliejumi. Kadangi reakcijos metu prie glicerino jungėsi azoto grupės ($-\text{NO}_2$), gautą medžiagą jis pavadino nitroglicerinu¹⁴ ($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_9\text{N}_3$).

Norėdamas jį išbandyti, Sobreras įlašino vieną lašą nitroglicerino į sandarų mėgintuvėlį ir palaikė jį virš liepsnos. Po akimirkos jis jau traukė stiklo šukes iš veido ir rankų. Pažvelgę į reakcijos formulę, galime suprasti, kodėl sprogo mėgintuvėlis:



Keturios nitroglicerino molekulės virto net trisdešimt penkiomis dujų molekulėmis – tikrai dinamitinis rezultatas. Be to, šios dujų molekulės atpalaiduojamos akimirksniu*, per milijonąją sekundės dalį. (Palyginimui: parakas sprogstą per kelias tūkstantąsias sekundės dalis. Jei parako sprogi-mo laiką prilygintume valandai, nitroglicerino sprogimas atitiktų keturias sekundes.) Dabar mokslininkai žino, kad sprogmenų pavojingumą lemia greitis. Jei palygintume vienodus benzino, anglies ar net sviesto (!) kiekius, įsitikintume, kad šių medžiagų cheminiuose ryšiuose slypi daugiau ener-gijos nei daugumoje sprogmenų. Sprogmenys tiesiog greičiau atpalaiduoja savo energiją. Be to, sprogmenys turi priemonę – dujas – išmesti tą energiją lauk, ir būtent dujos pridaro daugiausia žalos.

Savo „cukrinę bombą“ Sobreras bandė parduoti Italijos vyriausybei, bet ši atsisakė pirkti – bandymų metu paaiškėjo, kad nitroglicerinui per-nelyg gerai sekasi viską naikinti. Net ir tada nitrogliceriną galbūt būtų pavykę kam nors pritaikyti, jei ne kita problema – jo nepastovumas. So-

¹⁴ Azotas – angl. *nitrogen*.

breras nustatė, kad kartais jis sprogsa nuo šilumos. Tačiau kartais tiesiog sudega nesprogęs. Kitais kartais sprogdavo net be šilumos – pakanka stipriau pakratyti. Arba užsidega savaime, kaip Dikenso ponas Krukas. Dėl tokio nenusėjamumo nitroglicerinas buvo pernelyg pavojingas įprastam naudojimui, bet dėl to tik dar labiau masino nutrūktgalvius chemikus. Jie susidomėję žiūrėjo į nitrogliceriną ir suko aplink jį ratus bandydami prisijaukinti. Ir nors tam prireikė dvidešimties metų, galiausiai vienišam ir nelaimingam švedui vardu Alfredas Nobelis tai pavyko.

Nobelio tėvas Imanuelis gamino patrankų sviedinius, mortyras, torpedas ir kitus karo reikmenis, tad taikos metų šeima dažnai kentėjo nepriteklių. 1833-aisiais, kai gimė Nobelis, jų šeima sudegus gamyklai bankrutavo. Imanueliui galiausiai pavyko įtikinti Rusijos kariuomenę leisti jam gaminti jiems jūrų minas, tad pasiėmęs žmoną ir keturis vaikus 1842-aisiais jis persikėlė iš Stokholmo į Sankt Peterburgą. Alfredui, dažnai kosulio kamuojamam jaunuoliui, turėjusiam silpną širdį ir virškinimo problemų, kelionė greičiausiai buvo sunki. Kadangi negalėjo užsiimti aktyvia fizine veikla, Alfredas daugiau dėmesio skyrė mokslams. Jam puikiai sekėsi keliose srityse, jis laisvai kalbėjo vokiečių, anglų, prancūzų, italų ir rusų kalbomis. Turėdamas talentą kalboms, jis norėjo siekti rašytojo karjeros, tačiau tėvas pastūmėjo jį į mokslinę sritį. Tad nors ir nenoromis, Alfredas ėmėsi uoliai studijuoti chemiją. Viskas pasikeitė vieną popietę, kai jo mokytojas Sankt Peterburge surengė demonstraciją – užtepė lašelį kažkokios į alyvuogių aliejų panašios medžiagos ant priekalo ir liepė visiems atsitraukti. Tai tikriausiai neatrodė įspūdingai, galbūt net sukėlė tarp berniukų kikenimą. Bet tada mokytojas per priekalą trenkė kūju.

Sprogimas išvertė Nobelį iš kojų – jei ne tiesiogine prasme, tai perkel-tine tikrai. Tiek galios viename laše! Jis visiškai susižavėjo šia medžiaga, ir po Krymo karo tėvui vėl bankrutavus Alfredas įtikino daugumą šeimos narių skirti likusius pinigus nitroglicerino tyrimams.

Gali nuskambėti beprotiškai, tačiau Nobelis nusprendė, kad geriausias būdas padaryti nitrogliceriną saugesnį – sumaišyti jį su paraku. Žmonės bijojo nitroglicerino, nes atrodė, kad šis sprogsa be jokios aiškos priežasties. Nobelis teigė, kad jam tiesiog reikia patikimesnio triggerio. Patikimiausias triggeris pasirodė esąs senas geras parakas. Jis sukūrė bombos prototipą iš trijų sudedamųjų dalių – mažo stiklinio buteliuko nitroglicerino,

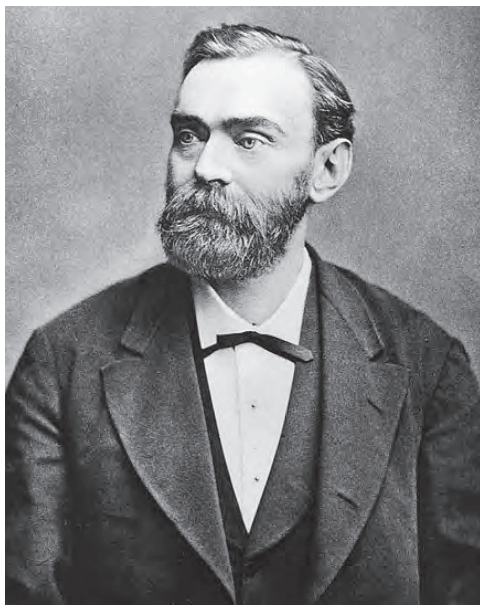
sandaraus parako kanistro, į kurį įdedamas nitroglicerinas, ir degiklio. Jis tikėjosi, kad degiklis pirmiausia uždegs paraką, ir šis išskirs karštas dujas, kurios detonuos nitrogliceriną. Tai buvo pirmasis dviejų pakopų sprogmuo istorijoje. Nobelis pakvietė savo brolius stebėti sprogmens bandymą nuotėkų griovyje prie jų gamyklos Sankt Peterburge. Jis uždegė degiklį, įmetė bombą į vandenį ir leidosi bėgti. BUM! Į orą išlėkusios nuotėkos permerkė jų drabužius. Nobelis džiūgavo.

Kitąmet Nobelių šeima grįžo į Stokholmą, ir vėl ėmėsis tyrinėti nitrogliceriną Alfredas sugalvojo, kaip dar padidinti sprogimą. Jis sukeitė savo pirminio projekto objektus ir į didelį nitroglicerino kanistrą įdėjo buteliuką parako. Šį kartą pažiūrėti sprogimo pakvietė savo tėvą ir brolius Robertą bei Oskarą Emilį. Kadangi jautėsi drąsiau nei pirmą kartą, nusprendė sprogdinti ne po vandeniu, bet ore.

Alfredas vėl uždegė degiklį ir pabėgėjo į šalį. Vienas, du, trys irrrr... nieko. Bomba šnypšdama užgeso. Parakas pavirto dūmų debesėliu, o nitroglicerinas subėgo į balutes ant žemės. Visi kurį laiką spoksojo, negalėdami patikėti. Tada Robertas ir Imanuelis prapliupo juoktis iki ašarų. „Tai paleidai bombikę, ką, Alfredai? Cha cha cha!“ Nobelis niršdamas užsidarė laboratorijoje, kad išsiaiškintų, kodėl eksperimentas nepavyko. Kodėl nitroglicerino ir parako mišinys sprogo po vandeniu, bet ne ore? Tai negali būti atsitiktinumas – turi būti mokslinis paaiškinimas.

Galiausiai jis suprato, kad problema susijusi su slėgiu. Sprogdindamas pirmąją bombą po vandeniu, jis netyčia apribojo karštų parako dujų sklaidą, nes jai trukdė vanduo. Dėl to dujoms pakako laiko detonuoti nitrogliceriną. Tačiau oras negalėjo suteikti tokio ribojančio slėgio, todėl parako dujos išsisklaidė, palikdamos nitrogliceriną nepaliestą. Nobelis suprato, kad reikia rasti būdą uždaryti parako dujas. Metus pasikrapštęs, jis išrado vadinamąją sprogstamąją kapsulę – tuščiavidurį medinį kaištį, kuris neleistų parako dūmams taip greitai išsisklaidyti ir šie suspėtų detonuoti nitrogliceriną. Tai ir buvo jo ilgai lauktas proveržis.

1964-aisiais Nobelis ėmė prekiauti sprogstamosiomis kapsulėmis ir sprogstamuoju aliejumi – tokie buvo jo sugalvoti prekiniai nitroglicerino pavadinimai. Tų metų rugsėjį jis buvo ką tik gavęs pirmuosius didelius užsakymus (padėti kasti Sueco kanalą), kai sandėlyje prie laboratorijos sprogo daugiau kaip šimtas kilogramų nitroglicerino. Nuo sprogimo sugriuvo



Alfredas Nobelis, dinamito išradėjas ir
Nobelio premijos steigėjas.

keli pastatai ir žuvo penki žmonės, tarp jų ir dvidešimt penkerių metų Alfredo brolis Oskaras Emilis – tas, kuris iš jo nesijuokė. Nobelis tuo metu buvo už daugelio kilometrų, todėl niekas taip ir nenustatė, dėl ko sprogo nitroglicerinas. Tačiau sužinojusi, kad jis mieste nelegaliai gamino nitrogliceriną, policija norėjo jį apkaltinti žmogžudyste. Alfredas bandė jai paaiškinti, kad tinkamai tvarkomas nitroglicerinas nepavojingas, tačiau rūkstantys laboratorijos griuvėsiai liudijo ką kita. Po keleto panašių nelaimingų atsitikimų tiek Švedijoje, tiek užsienyje visuomenės nuomonė tapo labai priešiška. Tiesą sakant, kai kurios aukos galėjo būti nominuotos Darvino apdovanojimui – žmonės susigalvodavo nitroglicerinu blizginti batus arba tepti vežimo ratus. Kalnakasys, žaidęs futbolą su skardine nitroglicerino, praktiškai pats prisiprašė. Tačiau kitų incidentų nebuvo galima taip lengvai nurašyti netinkamam naudojimui. 1866-aisiais į San Fransiską atkeliavo lašanti dėžė Nobelio sprogstamojo aliejaus. Keli sandėlio darbininkai bandydami laužtuvu atidaryti dangtį išsprogdino visą kvartalą. Į toliau gatvėje

stovinčio pastato trečio aukšto langą atsitrenkė nuplėšta žmogaus ranka. Dar už kelių namų gelbėtojai ant žemės rado žmogaus smegenis.

Daugėjant tokių nelaimingų atsitikimų – Niujorke, Panamoje, Sidnėjuje, Hamburge – Nobelis tapo tikru visuomenės priešu. Niekas nebenorėjo parduoti jam patalpų laboratorijai, tad jis įsirengė chemijos laboratoriją baržoje ir kelerius metus dirbo ant vandens. Sprogimai ir iš uosto sklindantys dūmai išduodavo jo buvimo vietą, tad jam tekdavo vis kelti inkarą ir bėgti į kitą uostą. Porą kartų „Nobelio mirties laivą“ užpuolė pikta žmonių minia.

1867-aisiais Nobelis pagaliau rado sprendimą, kaip pažaboti nitrogliceriną neatimant jo galios. Cheminiu požiūriu nitrogliceriną galima įsivaizduoti kaip dujas, kurias skystu pavidalu laiko silpni ryšiai. Tačiau skystis nėra pakankamai stiprus, kad sulaikytų tas pašėlusias molekules. Taigi Nobelis nusprendė sustiprinti skystį, įmaišydamas kietosios medžiagos – minkšto balto molio, vadinamo kizelgūru. (Jis susiformuoja po vandeniu, yrant titnaginiams dumbliams.) Pasak įvairių legendų, kurias Nobelis neigė, mišinį jis atrado atsitiktinai, netyčia išpylęs nitroglicerino ant kizelgūro. Kad ir kaip ten buvo, Nobeliui patiko, kad gautą masę buvo galima suformuoti į lazdeles. Paaiškėjo, kad molis susilpnina nitrogliceriną, tačiau ir padeda išvengti sprogimo nuo atsitiktinio supurtymo. Be to, netgi susilpnintas nitroglicerinas buvo penkis kartus galingesnis nei parakas. Nobelis pavadino medžiagą *Dinamitu* nuo graikiško žodžio, reiškiančio galią ar jėgą.

Dinamitas susilaukė didžiulio populiarumo ir tuo pat metu tapo pačia kontroversiškiausia preke pasaulyje, panašiai kaip napalmas ar herbicidas „Agent Orange“ šiais laikais. Viena vertus, kasybos ir statybos įmonės jo trokšte troško – *Dinamitas* puikiai tiko sprogdinti tunelius kalnuose ar kietas povandenines uolas uostuose. Su jo pagalba Londonas pasistatė pirmąjį metro pasaulyje. Kita vertus, vis dar įvykdavo daug nelaimingų atsitikimų, o dėl *Dinamito* galios vienu metu žūdavo ne vienas ar du, o keliolika darbininkų. Vienas ypač daug gyvybių pareikalavęs projektas buvo tunelis Šveicarijoje – žuvo apie 40 žmonių skaičiuojant vienam kilometrui. Dar blogiau tai, kad *Dinamitas* tapo mirtinu karo įrankiu. Jis neatstojo parako, nes buvo pernelyg galingas patrankoms ir šautuvams – šie išsilaktydavo it šipuliai. Tačiau iš jo buvo gaminamos baisios sausumos minos ir bombos. Dėl to Nobelis tapo visuomenės atstumtuoju visame pasaulyje

ir lengvu žurnalistų bei pasipiktinusių politikų taikiniu. „Štai žmogus, – griaudėdavo jie, – kuris kraunasi turtus iš mirties“.

Bylinėjimasis dėl patentų populiarumo taip pat neprisidėjo. Kaip ir Džeimsas Vatas, Nobelis aršiai gynė savo intelektualinę nuosavybę, bet jam tai sekėsi dar prasčiau nei Vatui. Pirma, Nobelis turėjo daug daugiau patentų, kuriuos reikėjo ginti. Per savo gyvenimą jis gavo 355 cheminių medžiagų ir sprogdinimo įrangos patentus. Būtų galima beveik sudaryti kalendorių su patentu kiekvieną metų dieną. Antra, dėl pačios chemijos pobūdžio bylinėjimasis buvo sudėtingesnis. Vos tik Nobelis gaudavo kokios nors molekulės patentą, kas nors ją šiek tiek pakeisdavo – prikabindavo keletą papildomų atomų ar pasukdavo kurią nors jos atšaką į kitą pusę. Molekulė iš esmės veikdavo taip pat, tačiau teisiškai nebūdavo patentuota. Kelios įmonės padirbinėjo *Dinamitą*, sumaišiusios nitrogliceriną su kitokiu moliu ir pavadinusios jį „Heraklio milteliais“ arba „uolaskaldžiu“. Su kiekvienais metais Nobelis vis mažiau laiko skirdavo tyrimams ir vis daugiau – bylinėjimuisi su konkurentais.

Nepaisant ieškinių ir bjaurių straipsnių spaudoje, Nobelio verslas klesėjo. Pasirodo, žmonėms daug labiau rūpėjo patogūs traukinių tuneliai ir kanalai nei žuvę darbininkai. Žmogus, kažkada buvęs priverstas dirbti baržoje, dabar valdė gamybos imperiją su devyniasdešimt trimis gamyklomis dvidešimt vienoje šalyje ir buvo sukaupęs turtą, kuris šiais laikais prilygtų ketvirčiui milijardo dolerių. Turbūt daugiausia pasako tai, kad *Dinamitas* taip paplito sprogmenų rinkoje, kad tapo „dinamitu“, t. y. bendrinio žodžiu, rašomu mažąja raide, panašiai kaip terminas pagal įmonę „Thermos“.

Tačiau turtai Nobeliumi laimės neatnešė. Visuomet laikydamasis nuošalyje, jis liko nevedęs, o sulaukęs vidutinio amžiaus ėmė vis labiau tolti nuo savo šeimos. Kartkartėmis jis prisimindavo savo jaunystės svajonę tapti rašytoju ir sukdavo eilėraščių ar pjesę, tačiau neišdrįso jų skelbti. Didėjant visuomenės pasibaurėjimui juo, Nobelis ir pats pradėjo save niekinti – dėl brolio žūties, dėl pelnyimosi iš karo. Paprašytas parašyti keletą eilučių apie save šeimos genealoginiam medžiui, jis parašė štai ką: „Alfredas Nobelis – apgailėtinas pusamžis; geriau jau būtų uždusintas gailestingo gydytojo vos atėjęs į šį pasaulį. Didžiausi nuopelnai – išsivalo panages. Didžiausi trūkumai – neturi nei šeimos, nei malonaus charakterio, nei gero skrandžio. Didžiausias ir vienintelis troškimas – nebūti palaidotam gyvam.“ Niūriau-

siomis dienomis jis kalbėdavo, kaip atidarytų prabangų „savižudybių saloną“, kuriame žmonės galėtų ramiai pasitraukti iš gyvenimo, gulėdami ant pliušinių sofų privačiuose kambariuose, fone aidint klasikinei muzikai.

Tačiau jis nesuvokė, kaip stipriai visuomenė jo neapkenčia, kol 1888-aisiais Kanuose nemirė jo brolis Liudvikas. Po kelių dienų Prancūzijos laikraštis, klaidingai manydamas, kad mirė Alfredas, išspausdino nekrologą pavadinimu „Mirties prekeivis mirė“. Tuo metu Paryžiuje gyvenęs Nobelis sudrebėjo. Visi tie tuneliai, uostai ir metro, kuriuos jis padėjo pastatyti, visos iškaskenos, kurias jis padėjo išgauti – tačiau jis vis tiek tiesiog žudikas. Pasiryžęs išgelbėti savo reputaciją, Nobelis pakeitė savo testamentą ir įsteigė premijų fondą, skirtą išskirtiniams chemijos, fizikos ir medicinos pasiekimams įvertinti. Norėdamas atsigriebti už neišsipildžiusią jaunystės svajonę, jis įsteigė ir literatūros premiją. O atgailaudamas už prekybą mirtimi, jis įsteigė Nobelio taikos premiją. (Galbūt kiekvienam iš mūsų būtų verta perskaityti savo nekrologą...)

Niekuomet nebuvęs stiprios sveikatos, per kelis tolesnius metus Nobelis visiškai nusilpo. Jis ilgą laiką kentėjo nitroglicerino garų sukeltus galvos skausmus, kuriais skundėsi ir jo gamyklose dirbę darbininkai. Organizmo perdirbtas nitroglicerinas skyla į azoto oksido dujas (NO). Nuo jų išsiplečia kraujagyslės, todėl į kaukolę priplūstantis kraujas sukelia tvinkčiojanti galvos skausmą. Panašu, kad Nobelis atsparumo azoto oksido dujoms taip ir neįgijo, nors daugumai žmonių šis išsivysto. Jo darbuotojai penktadienio popietę užsitedavo šiek tiek nitroglicerino ant skrybėlės juostos, kad per savaitgalį neprarastų to atsparumo ir pirmadienio ryte nepradėtų skaudėti galvą. Be galvos skausmo, Nobelis kentėjo nuo krūtinės anginos – aterosklerozinių plokštelių sanaujų ant vainikinių arterijų sienelių. Jos trukdo deguoniui pasiekti širdies raumenį, o dėl to kyla stiprus krūtinės skausmas. Ironiška, kad kai Nobelis pagaliau kreipėsi į gydytoją, jam paskyrė nitroglicerino. Kadangi nitroglicerinas išplečia kraujagysles, švirkščiamas nedidelėmis dozėmis (kad nesukeltų galvos skausmo), jis praplečia vainikines arterijas tiek, kad neatsirastų baisų skausmą sukeliantis deguonies trūkumas. (Kai kurie Nobelio darbuotojai jau buvo tą supratę. Ne taip kaip tie, kurie bijojo pirmadieninio galvos skausmo, kenčiantieji nuo krūtinės skausmų džiaugdavosi eidami į darbą. Garai buvo kaip nemokami vaistai.) Tačiau Nobelis iš pradžių atsisakė nitroglicerino. Ši medžiaga jau ir taip

buvo užvaldžiusi jo mintis bei verslo reikalus, tad sąmoningai ją švirkšti į savo kūną atrodė jau per daug. Tiesa, galiausiai jis pasidavė ir leido šiai keistai, mirtinai cheminei medžiagai prasiskverbti net į savo širdį.

1896 metų gruodžio 10 dieną Nobelis patyrė insultą ir buvo rastas negyvas susmukęs kėdėje. Po kelių dienų testamentą vykdytojai perskaitė jo keturių lapų testamentą giminaičiams. Šie buvo šokiruoti, kad *jų* pinigai atitenka kažkokiam kvailam premijų fondui. Jų laimė, Nobelis testamentą parašė nepasitaręs su teisininkais. (Po dešimtmečius trukusių ginčų dėl patentų jis nepasitikėjo visais šios profesijos atstovais.) Dėl to testamentą buvo galima užginčyti, tad kelis metus nesiliovė įvairūs kivirčiai. Netgi atsirado slapta meiluzė, grasinusi paskelbti Nobelio meilės laiškus visuose bulvariniuose laikraščiuose. Paprastai apie Nobelio premijas galvojame kaip apie aukščiausią žmogaus pasiekimų įvertinimą. Tačiau jos buvo įsteigtos iš tuštybės – mirštančio žmogaus bandymo susigrąžinti reputaciją – ir vos nebuvo išsidalytos godumo apimtų giminaičių.

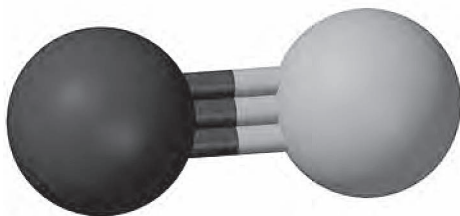
Galviausiai Nobelio testamentą vykdytojai papirko visus, kuriuos reikėjo. Paskutinė kliūtis steigiant premijas buvo Nobelio turto pergabenimas iš Paryžiaus į Švediją. Elektroniniai banko pavedimai neegzistavo ir niekas nesiėmė apdrausti tokios didelės sumos gabenamų pinigų, taigi vienas vykdytojas pradėjo imti po krūvelę banknotų ir vertybinių popierių – po kelis milijonus kaskart – ir krauti juos į lagaminėlius. Tada pasiėmė užtaisytą revolverį ir pats nuvežė juos vežimais ir traukiniais per visą Europą. Nepaisant visų trukdžių, pirmosios Nobelio premijos buvo įteiktos 1901 metų gruodžio 10 dieną, praėjus vos penkeriems metams nuo Alfredo Nobelio mirties. Per šimtmetį jos tapo prestižiniais mokslo apdovanojimais ir tikrai padėjo pamiršti Nobelio kaip mirties prekeivio reputaciją.

*

Garų mašinos ir sprogmenys paskatino pramonės perversmą ir leido lengvai pakelti tūkstančių kilogramų svorį ar per kelias minutes sutrupinti kalną, stūksojusį nuo dinosauro laikų. Tačiau tai tikrai nebuvo vienintelės svarbios to amžiaus technologijos ar net vienintelės svarbios su dujomis susijusios technologijos. Kitas svarbus žingsnis buvo aukštos kokybės metalų, ypač plieno, gamyba. Atrodytų, kad plienas ir dujos turi nedaug bendra, tačiau jei nebūtume turėję kelių svarbių išvalgų apie oro cheminę sudėtį, nebūtume galėję pastatyti tiltų, dangoraižių ir supertanklaivių.

INTARPAS.

Plienas ir tragedija



Anglies monoksidas (CO) – šiuo metu ore jo yra 0,1 milijonoji dalis (miestuose daugiau). Kiekvieną kartą įkvėpdami įtraukiame apie vieną kvadrilijoną jo molekulių.

Galima diskutuoti apie sąlyginius Čoserio (Chaucer) ir Miltono, Odeno (Auden) ir Jeitso (Yeats) privalumus ir trūkumus. Tačiau kalbant apie prasčiausią anglų kalba rašiusį poetą, triuškinamai laimi Viljamas Topazas Makgonagalas (William Topaz McGonagall).

Devynioliktojo amžiaus Škotijoje į jo poezijos skaitymus rinkdavosi minios žmonių pasijuokti iš jo eilėraščių. Sunku pasakyti, kurie literatūriniai liapsusai jiems labiausiai patikdavo – gremėzdiški rimai ir ritmai, nuobodžios įžvalgos („Kaip ir dauguma didžių vyrų, gimiau pačioje savo egzistencijos pradžioje“) ar tvirtas tikėjimas savo talentu (savo pirmąją knygą jis pavadino „Poezijos perlais“). O galbūt juos linksmino teatrališkas skaitymas spigiu balsu arba tai, kad scenoje jis pasirodydavo vilkėdamas kiltu ir mojuodamas kalaviju. (Reikia paminėti, kad prireikus atmušti kartkartėmis viduryje sakinio atlekiančią žuvį ar supuvusį obuolį kalavijas



Viljamas Makgonagalas, ko gera, prasčiausias visų laikų poetas.

praversdavo.) Tačiau didžiausias Makgonagalo talentas tikriausiai buvo gebėjimas neutralizuoti labai liūdnus dalykus – visas patosas tiesiog subliūksdavo. Imkime, pavyzdžiui, kad ir jo šedevrą „Tėjaus tilto katastrofa“. Prašom.

1879 metų gruodžio 28 dienos, sekmadienio, vakarą į šiaurę keliaujantis traukinys pradėjo važiuoti ilgiausiu pasaulio tiltu (daugiau kaip trijų kilometrų ilgio), jungusiu Tėjaus upės žiočių krantus rytų Škotijoje. Netoli šios vietos vyko Šekspyro „Makbeto“* veiksmas, tačiau kraštovaizdis neįkvėpė Makgonagalo iki tokių aukštumų. „Kai traukinys išvyko iš Edinburgo / Keleivių širdys buvo lengvos ir linksmos“, – meistriškai piešia vaizdą poetas. Tačiau ne viskas buvo gerai, nes „lijo smarki liūtis / Grūmojo tam-

sus debesis“. Žinoma, traukiniui kertant „sidabrinį Tėjų“, „centrinės sijos subyrėjo“ ir tiltas sugriuvo. Visi keleiviai žuvo ir Makgonagalas apraudojo šią „1879-ųjų sekmą dieną, / Kurią prisiminsime dieną kiekvieną“. Makgonagalo dėka ši katastrofa tikrai ilgai išliko atmintyje, nors ir ne dėl pačių rimčiausių priežasčių.

Kaip ir dauguma jo amžininkų, dėl tilto griūties Makgonagalas kaltino stiprų vėją. Tačiau nors tą paskutinį 1879-ųjų sekmadienį iš tiesų pūtė stiprus vėjas, šiuolaikinė chemija nurodo ir kitą veiksnį – anglies monoksidą. Tiksliau, anglies monoksido stygių gaminant geležinius tilto bokštus.

*

Mes įsivaizduojame, kad geležis – tvirtas metalas, tačiau iš tiesų gryna geležis gana silpna. Molekuliniu lygiu jos atomai sudaro lygius sluoksnius, kurie gražiai atrodo, tačiau spaudžiami slysta vienas nuo kito. Dėl to gryna geležis lengvai formuojama ir puikiai tinka meno kūriniams arba ten, kur reikia lankstumo. Tačiau ji visiškai netinka sunkioms apkrovoms laikyti.

XIX amžiaus inžinieriai grynąją geležį galėjo pakeisti ketumi. Ketuje yra priemaišų, daugiausia anglies atomų, kurie suardo glotnius molekulių sluoksnius ir neleidžia joms slysti. Dėl to ketus gana stiprus ir tinkamas tiltų bei didelių pastatų atramoms. Deja, dėl anglies priemaišų ketus tampa nelankstus ir trapus. Panašiai kaip keramika, iki tam tikro laipsnio ketus stiprus, tačiau esant pernelyg didelei apkrovai jis ne linksta, o tiesiog lūžta.

Dideliems statiniams buvo reikalingas plienas – tarpinis metalas, kurio sudėtyje yra 1–2 procentai anglies. Ji suteikia stiprumo, tačiau jos ne tiek daug, kad metalas taptų trapus. Deja, tais laikais plieno gamyba buvo tikra rakštis, nes reikalavo beprotiškai daug darbo.

Apdirbimas prasidėdavo nuo geležies rūdos. Nuo deguonies katastrofos prieš kelis milijardus metų didžioji dalis geležies Žemėje yra įstrigusi rūdoje – hematite (Fe_2O_3) ir magnetite (Fe_3O_4). Norint išgauti geležį, reikia išlydyti rūdą, t. y. kaitinti su koksu (medžiaga, išgaunama iš akmens anglių) įmaišant šiek tiek oro. Ore yra deguonies, kuris sureaguoja su kokse esančia anglimi ir sudaro anglies monoksidą (CO).^{*} Tada anglies monoksidas įsiskverbia į rūdą ir „suryja“ deguonies atomus – susidaro CO_2 . Šio proceso metu į rūdą patenka ir anglis iš kokso. Taigi pirminis geležies lydymo produktas yra anglies prisotintas ketus.

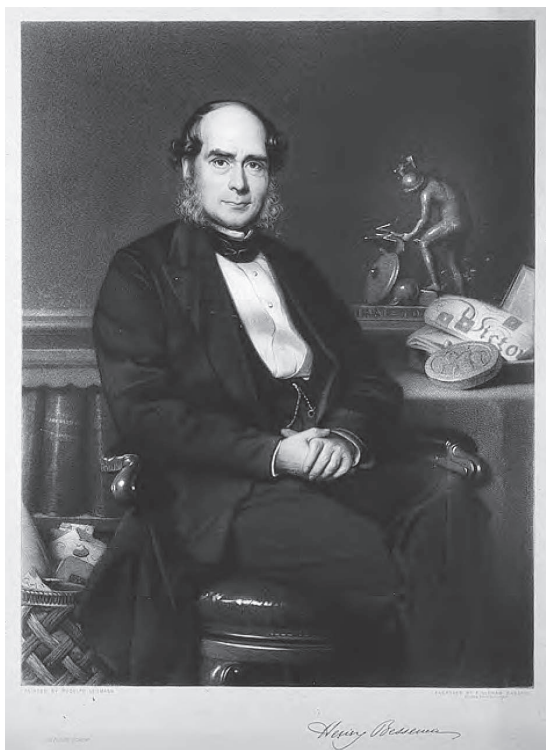
Norint išgauti gryną geležį reikėjo papildomo apdorojimo. Pirmiausia darbininkai išlydydavo ketų. Tai buvo brangus ir daug kuro reikalaujantis procesas. Tada lydytojai pridėdavo daugiau geležies rūdos. Galiausiai sureagavus išsilydžiusio ketaus angliai ir išsilydžiusios rūdos deguoniui susidarydavo daugiau anglies monoksido, kuris išgaruodavo palikdamas gryną geležį. Kadangi šios reakcijos metu maišydavosi ne dujos, o skysčiai, ji užtrukdavo kelias dienas. Visą tą laiką kažkas turėdavo stovėti šalia ir rankiniu būdu maišyti tą masę.

Šioje vietoje dauguma metalo lydytojų pasiduodavo. Vos vienas kitas imdavosi kito etapo – gaminti plieną. Šie atsidadę metalo apdirbėjai į geležį įmaišydavo kokso, kad sudėtyje atsirastų šiek tiek anglies, o tada virindavo tą masę keletą savaičių. Dėl tokio vargano proceso plieno buvo gaminama labai nedaug ir jis buvo skirtas tik įrankiams ar ašmenims gaminti. Niekas nė nesvajėjo, kad iš plieno būtų statomi ištisi pastatai. Tam tikslui buvo skirta tik geležis.

Taigi, arenoje pasirodžius anglui Henriui Besemerui, plienas buvo gaminamas taip. Besemeris su savo vešliomis žandenomis atrodė kaip JAV pilietinio karo generolas, o per savo gyvenimą užregistravo šimtą septyniolika patentų – mikroskopų, velveto, lako, cukraus gamybos ir kitų. Vienas pirmųjų žymesnių jo išradimų buvo XIX amžiaus šeštajame dešimtmetyje sukurtas pailgas artilerijos sviedinys, pasižymėjęs puikiomis aerodinaminėmis savybėmis. Besemeris manė, kad šie sviediniai padės Britanijai laimėti Krymo karą, tačiau nuo jų silpnos tų laikų ketaus patrankos suskildavo. Suirzęs, bet ir susidomėjęs Besemeris nusprendė išsiaiškinti, kaip gaminama geležis ir plienas.

Besemerio atradimų šioje srityje istorija ilga ir paini, todėl jos visos čia nepateiksime. (Joje dalyvavo dar keli kiti chemikai ir inžinieriai, daugelio kurių indėlį jis vėliau iš šykštumo atsisakė pripažinti.) Gana pasakyti, kad dėl kelių laimingų atsitiktinumų ir protingų išvadų Besemeris sugalvojo du būdus, kaip sutrumpinti plieno gamybą.

Pirmiausia, kaip ir dauguma kitų meistrų, jis išlydydavo ketų. Tada pridėdavo deguonies, kad pašalintų anglį. Tačiau užuot naudojęs geležies rūdą deguonies atomams pagausinti, Besemeris naudojo orą – pigesnę ir lengviau gaunamą pakaitalą. Kitas gamybos sutrumpinimo būdas buvo dar svarbesnis. Užuot pridėjęs gausybę deguonies dujų ir pašalinęs iš išlydyto



Henris Besemeris (Henry Bessemer), plieno magnatas.
(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS ORGANIZACIJAI „WELLCOME TRUST“)

ketaus visą anglį, Besemeris nusprendė po tam tikro laiko nutraukti oro srautą. Todėl vietoj geležies be jokios anglies jis gaudavo plieną su nedidele anglies priemaiša. Kitaip tariant, Besemeris gamindavo plieną tiesiogiai, be papildomų etapų ir brangių medžiagų.

Šį procesą jis pirmiausia išbandė pro ilgą vamzdelį įpūsdamas į išlydytą ketų oro. Eksperimentui pavykus, vietos liejykloje jis suorganizavo rimtesnį bandymą su trimis šimtais kilogramų išlydytos geležies metro skersmens katile. Šį kartą orą į mišinį jis pūtė ne savo plaučiais, o keliomis garo mašinomis. Besemerui aiškinant, kad noris pagaminti plieną įpūsdamas oro, liejyklos darbininkai žvelgė į jį su gailėsčiu. Ir iš tiesų dešimt ilgų minučių nieko neįvyko. Tada, kaip vėliau prisiminė Besemeris, patalpą

staiga sudrebino „nedidelių sprogimų seka“. Iš katilo pakilo baltos liepsnos, o išsilydžiusi geležis išsiveržė laukan kaip „tikras ugnikalnis“ ir vos nepadegė lubų.

Palaukęs, kol liausis pirotechnika, Besemeris žvilgtelėjo į katilą. Kibirkštys neleido jam laiku nutraukti oro tiekimo, todėl katile telkšojo gryną geležis. Jis vis tiek buvo patenkintas – tai buvo įrodymas, kad procesas veikia. Dabar jam liko tik išsiaiškinti, kada tiksliai nutraukti oro tiekimą, ir jis pagamins plieną.

Toliau leidai pajudėjo labai greitai. Per kelerius ateinančius metus Besemeris įregistravo gausybę patentų, o jo įkurta liejykla sumažino plieno gamybos kainą nuo maždaug keturiasdešimties iki septynių svarų sterlingų už toną. Dar geriau tai, kad plieną jis pagamindavo mažiau nei per valandą, o ne per kelias savaites. Dabar plieną buvo galima naudoti dideliems inžineriniams projektams. Pasak kai kurių istorikų, šis pokytis vienu ypu užbaigė tris tūkstančius metų trukusį geležies amžių ir atvedė žmoniją į plieno amžių.

Žinoma, tai vertinimas dabarties akimis. O tuo metu Besemerio kelias nebuvo rožėmis klotas ir jam sunkiai pavyko įtikinti žmones, kad jo plienas patikimas. Problema buvo ta, kad kiekvienos plieno partijos kokybė smarkiai skyrėsi, nes buvo sudėtinga nustatyti, kada nutraukti oro tiekimą. Dar blogiau tai, kad dėl fosforo pertekliaus Anglijos geležies rūdoje plienas tapdavo trapus ir žemoje temperatūroje lūždavo. (Besemerui pasisekė, kad pirmuosius bandymus jis atliko su rūda iš Velso, kurioje nebuvo fosforo. Antraip bandymai būtų nepavykę.) Kitos priemonės lėmė kitas struktūros problemas, taigi su kiekviena nesėkme visuomenės pasitikėjimas Besemerio plienu mažėjo. Panašiai kaip Tomą Bedousą dėl dujinių vaistų, kolegos ir konkurentai kaltino Besemerį plieno pervertinimu ir net sukčiavimu.

Siekdami pašalinti šias problemas, kitą dešimtmetį Besemeris ir kiti mokslininkai dirbo su Džeimso Vato užsidegimu, ir iki XIX amžiaus aštuntojo dešimtmečio plienas objektyviai buvo tapęs pranašesniu metalu už ketų – stipresniu, lengvesniu ir patikimesniu. Tačiau negalime kaltinti inžinierių dėl jų nepatiklumo. Plienas atrodė pernelyg geras, kad būtų tiesa. Atrodė neįmanoma, kad pučiamas oras gali taip sustiprinti metalą, o metai iš metų susiduriant su problemomis jų pasitikėjimas vis blėso. Kai Besemeris kartą pasiūlė naudoti plieno siją geležinkelio bėgiams,

geležinkelio vadovas pasipiktino: „Norite, kad mane nuteistų už žmogžudystę?“ O Britų prekybos taryba, prižiūrėjusi viešąją infrastruktūrą, uždraudė naudoti plieno karkasus tiltams. Todėl 1871-aisiais pradėjus statyti Tėjaus tiltą inžinieriai neturėjo kito pasirinkimo, kaip tik naudoti ketų atraminiams bokštams ir gryną geležį skersinėms sąvaržoms (ir tikėtis, kad jų silpnosios vietos atsvers viena kitą).

Inžinieriai tikrai negalvojo, kad toks sprendimas pakenks konstrukcijai. Priešingai, jie sveikino tiltą kaip didžiausią ir stipriausią kada nors pastatytą tokios paskirties statinį – architektūros „Titaniką“. Deja, tiltui pakenkė keli veiksniai. Pirmiausia, nesusipratimas tarp ketų tiekusios liejyklos ir statybos įmonės, kuri išliejo bokštus. Statybos įmonė kai kuriems komponentams pareikalavo „geriausios“ geležies. Jie nežinojo, kad liejykla prekiauja trijų kokybės klasių geležimi – geriausia, geriausia geriausia ir geriausia geriausia geriausia. Paprašiusi „geriausios“, statybos įmonė gavo prąsciausią. Liejant bokštus, kai kurios struktūrinės dalys atskilo, ir jas teko privirinti atgal. Be to, bokštai išėjo skylėti, tarsi supuvę. Norėdami neatsilikti nuo grafiko ir nuslėpti broką, bokštus statę darbininkai užpildė tuščias ertmes mase, kuri nepasižymėjo atsparumu apkrovoms – kanifolijos, bičių vaško, geležies drožlių ir suodžių mišiniu. (Darbininkai vadino šią masę „Beaumont's egg“ (Bomonto kiaušiniu), iškraipydami prancūzišką pavadinimą „beau montage“ – *gražus montažas*.)

Atidarius tiltą, tingūs inspektoriai padidino pavojų nepranešdami apie keletą atsiradusių įtrūkių. Vienas istorikas inspektoriaus patikrinimą aprašo taip: „Jis paseilino popieriaus lapą iš savo bloknoto, užlipdė jį ant įtrūkio ir palaukė, kol pravažiuos traukinys. Popierius neįplyšo. Viskas gerai!“ Dar blogiau tai, kad pats tiltas buvo prastai suprojektuotas – su sunkia viršutine dalimi ir linkęs svyruoti. Net ramiomis dienomis važiuojant traukiniui jis svyruodavo apie dešimt–penkiolika centimetrų į šonus. Be to, vyriausiasis inžinierius Tomas Bočas (Thomas Bouch) aplaidžiai atliko kai kuriuos skaičiavimus ir nenumatė tinkamo sutvirtinimo nuo vėjo gūsių.

Todėl 1879 metų gruodžio 28 dieną, pučiant štorminiam vėjui (apie 30 m/s), Tėjaus tiltas siūbavo kaip palmė per uraganą. Šeštą valandą vakaro per tiltą važiuavęs nedidelis keleivinis traukinys vos nenulėkė nuo bėgių, atsišliejo į apsauginius atitvarus ir nučiuožė palei juos keldamas kibirkštis. Nedaug truko iki nelaimės, bet pravažiavo.



Sugriuvęs Tėjaus tiltas Škotijoje.

Tačiau po valandos važiavusiam šimto tonų greitajam traukiniui nepasisekė. Jis taip pat atsitrenkė į atitvarus, sukeldamas dar daugiau kibirkščių. Tuo momentu, pačiu netinkamiausiu metu, į tilto konstrukciją bloškėsi stiprus vėjo gūsis. Iš stipraus ir lankstaus plieno pastatytas tiltas galbūt – galbūt – būtų atlaikęs. Nelankstus ir prastas ketus neturėjo jokių šansų. Sugriuvo visi dvylika centrinių bokštų ir atsivėrė beveik kilometro ilgio tarpas. Traukinys išlėkė į tuštumą ir nukrito dvidešimt septynis metrus žemyn į vandenį. Visi septyniasdešimt penki keleiviai žuvo.

Vyriausybė netrukus pradėjo tyrimą, ir išaiškėjo visi gėdingi dalykai, susiję su nekokybiška konstrukcija ir „išdaviku“ (jų žodis) ketumi. Atpirkimo ožiu tyrėjai pasirinko vyriausiąjį inžinierių Bočą. Niekam buvo nežinoma, kad jis ką tik buvo išventintas į riterius (beje, kartu su Henriu Besemeriu) ar kad per tą katastrofą neteko žento. Jau ir taip silpnos sveikatos, Bočas palūžo ir po kelių mėnesių mirė.

Kol visi buvo nukreipę dėmesį kitur, Prekybos taryba patyliukais panaikino draudimą statyti tiltus iš plieno. Iš tiesų vienam pirmųjų jos patvirtintų tiltų – naujam tiltui per Tėjaus upę – buvo naudojami plieniniai atraminiai bokštai. Jis buvo atidarytas 1887-aisiais ir stovi iki šiol. Savaime suprantama, Viljamas Topazas Makgonagalas parašė naują poezijos perlą, šlovinantį jo atidarymą.

Ankstesnio skyriaus istorijos apie garą ir sprogmenis pabrėžė dujų galią, o plieno gamyba papildė šią temą. Juk įmaišius anglies monoksido ir deguonies, trapi geležies rūda tampa stipriu plienu. Tačiau čia galime įžvelgti dar geresnę pamoką apie dujų eleganciją.

E. E. Kamingsas (Cummings), daug geresnis poetas už Viljamą Makgonagalą, šią mintį puikiai perteikia kitame kontekste. Savo eilėraštyje Kamingsas žavisi jausmais, kuriuos jame pažadina mylimas žmogus: „žiedlapis po žiedlapio... kaip pavasaris / paslaptinai ir švelniai atveria savo pirmąją rožę“. Jis sako, kad „niekas, netgi lietus, neturi tokių mažų rankų“. Tai nuostabus lietaus vaizdinys – kaip jis sruvena į dirvą ir ten pažadina gyvybę, veikdamas tokiu lygiu, kad sunkiai galime suvokti. Dujos daro tą patį. Ar tai būtų šokis mūsų plaučiuose, ar precizinė chirurgija, kurią CO ir O₂ atlieka pliene, jų alchemija tokia pat paslaptiną. Dujų rankos taip pat labai mažos.

ŠEŠTAS SKYRIUS

Į DANGAUS ŽYDRYNE



Helio (He) koncentracija atmosferoje siekia 5 milijonąsias dalis; kiekvienu įkvėpimu įtraukiate 70 kvadrilijonų helio molekulių.



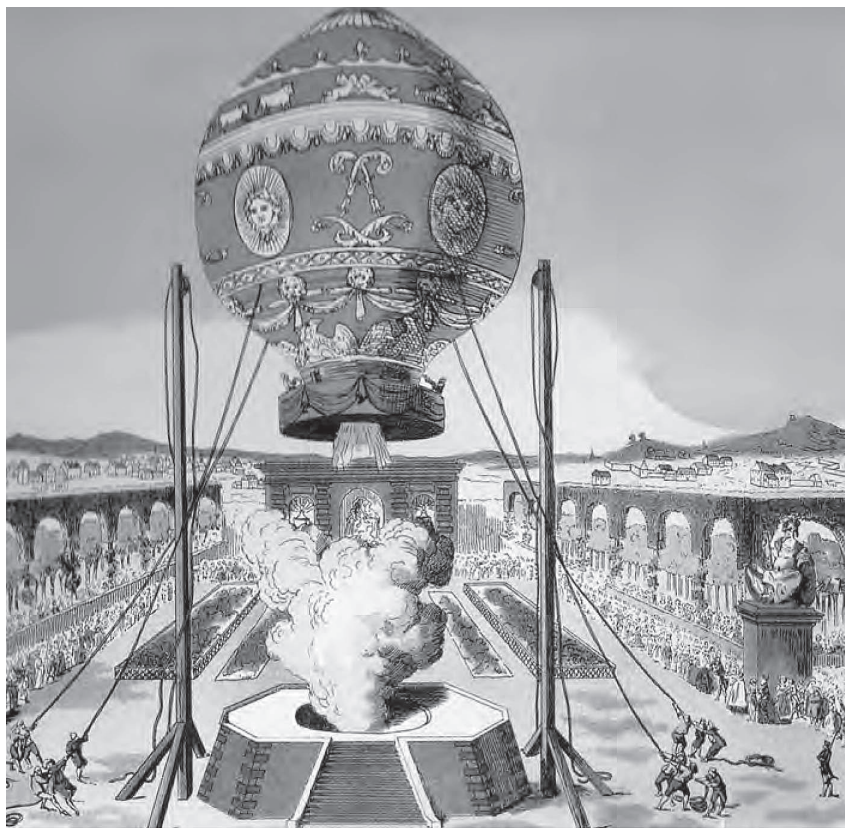
Argonas (Ar) sudaro vieną procentą atmosferos oro (10 000 milijonųjų dalių); kiekvienu įkvėpimu įtraukiate šimtą kvintilijonų argono molekulių.

Nauji eksperimentai su oru ne tik leido padaryti apčiuopiamą pažangą, bet ir palietė žmonijos dvasią. Staiga suvokėme, kas tos paslaptingos, stebuklingos mus supančios dujos, ir tai suteikė mums gilesnių įžvalgų apie mūsų planetos procesus. Dar nuostabiau tai, kad aštuonioliktą amžiaus pabaigoje dujos padėjo išpildyti, ko gera, seniausią žmonijos svajonę – pirmą kartą leido tvirtai ant žemės stovinėti, besparnei ir vien tik sausumoje gyventi sutvertai rūšiai pagaliau atsipłęsti nuo žemės.

Pasak legendos, žmogaus pakilimo į orą istorija prasidėjo nuo moteriškų apatinių. Keturiasdešimt dvejų sulaukusį Žozefą Mišelį Mongolfjė (Joseph Michel Montgolfier) visą gyvenimą persekiojo vien nesėkmės. Nors Žozefas buvo popieriaus gamybos verslo paveldėtojas, jam teko atlikti bausmę centrinėje Prancūzijoje veikusiame skolininkų kalėjime, o tada iškęsti jaunesniojo brolio pažeminimą šiam perėmus jam priklausiusią šeimos verslo dalį. Mongolfjė atsidavimas Pristlio ir Lavuazjė išplėtotoms pneumatinės chemijos studijoms žmonių akyse dar stipriau jam prilipdė nepritapėlio etiketę. 1782 m. popietę šios dujų studijos jam netikėtai atsipirko su kaupu. Stebint virš ugnies džiūstančius žmonos skalbinius, jo žvilgsnį patraukė viliojančiai ant virvės besisupantys žmonos apatiniai. Jis pastebėjo, kad kaskart šoktelėjusios liepsnos ant virvės džiūstančius skalbinius priversdavo pakilti. Kodėl? Kas verčia juos pakilti? Jis susimąstė, gal jam pavyktų sukonstruoti „oro maišą“, kuris būtų tokio dydžio, kad galėtų pakelti jį į orą. Taigi panirusiam į iš pirmo žvilgsnio išdykėliškas fantazijas Mongolfjė gimė idėja sukurti pirmąjį pasaulyje oro balioną.

Nė nestabtelėjęs apgalvoti savo sumanymo (pasirodo, tai kartais į gera), jis sukonstravo stačiakampę medinę dėžę ir apdengė ją šilko audiniu. Penkis svarus svėrusią keturių pėdų aukščio dėžę jis iškėlė virš tirštais dūmais apgaubtos nedidelės namuose įžiebtos ugnies. Dėžė pakilo iki pat lubų. Tokį pat bandymą atlikus lauke, dėžė pakilo į septyniasdešimties pėdų aukštį. Kaip rodo istoriniai liudijimai, atliekant cheminius bandymus Žozefui viskas krisdavo iš rankų, tačiau, visų nuostabai, šie eksperimentai pavyko sėkmingai. Jis netvėrė džiaugsmu: pagaliau ir jį lydėjo sėkmė.

Šį savadarbį aparatą Žozefas parodė savo jaunėliui broliui Žakui Etjenui (Jacques Étienne). Negalima nesižavėti Etjeno atsidavimu nelaimėlio brolio užmačioms. Nuvijęs į šalį visas savo dvejones, jis padėjo Žozefui sukonstruoti didesnę, penkiolikos svarų, dėžę. Ir, didžiai jų nuostabai, pa-



Brolių Mongolfjė paleistas pirmasis karšto oro ir dūmų pripildytas balionas.

leistą skristi dėžę laikiusi virvė nutrūko ir į orą pakilusi ši nusklendė visą mylią. Broliai leidosi pavymui. Kai galiausiai jų stebimas aparatas nutūpė ant žemės, pasipiktinęs praeivis jį pačiupo ir suardė. Vis dėlto tai nesugadino pakilios brolių nuotaikos. Tikras skrydis! Kitus kelis mėnesius jie praleido kurdami brėžinius, norėdami pasidaryti dar didesnį balioną, kuris, kaip jie tikėjosi, išgarsins jų vardą.

Visais atžvilgiais eksperimentinis oro balionas buvo trisdešimties pėdų skersmens, ir broliai pirmą kartą nusprendė jam suteikti sferinę formą. Baliono kupolą broliai Mongolfjė nusprendė sukonstruoti iš susegtų ir kartonu sutvirtintų šilko audinio juostelių. Tai buvo itin vykusi mintis.

Tačiau atlikdami kitą svarbų eksperimentą su keliamosiomis dujomis, jie susidūrė su sunkumais. Iš pradžių bandymą jie atliko su garais. Žinia apie šį brolių eksperimentą nuskambėjo visoje Anglijoje.

Tačiau nuo garų popierius paprasčiausiai sudrėko. Tada broliai sugalvojo panaudoti Kavendišo išskirtas vandenilio dujas. Tačiau jie suprato, kad dar niekam nėra pavykę vienu metu pagaminti daugiau nei keleto litrų šios medžiagos, o jiems reikėjo kelių tūkstančių litrų. Dar didesnė problema buvo ta, kad vandenilio molekulės – smulkausios iš visų egzistuojančių – lengvai prasismelkė pro šilkinį baliono apvalkalą ir dėl šios priežasties balionas subliūško. Galiausiai 1783 m. jie grįžo prie karšto oro, tačiau šįkart savo sumanymą kiek pakoregavo. Nors ir aistringai domėjosi chemijos mokslu, Žozefas neką išmanė apie dujas. Jis buvo įsitikinęs, kad pakaitinus orą ir pridėjus dūmų, šie magiškai pakeičia cheminę karšto oro sudėtį. (Tiesa ta, kad dūmai net nėra dujos; tai paprasčiausiai ore pakibusios kietosios dalelės, kurias galima sulyginti su drumzlinu vandeniu.) Be to, jis tikėjo, kad keliamąją jėgą suteikia vien tik dūmai: pakanka prisiminti garsiąją jo frazę, kai oro balioną jis prilygino „debesiui popieriaus maiše“, ir nors tai skamba išties poetiškai, tikriausiai jis turėjo galvoje tikrus dūmų debesis. Taigi 1783 m. birželį įvykusiam pirmajam demonstraciniam bepiločio oro baliono skrydžiui broliai Mongolfjė užkūrė kuo labiau dūmijantį laužą, šiam tikslui panaudoję šiaudus, vilną, triušio odą ir senus batus.

Reginio stebėti susirinkusi tūkstantinė minia žiūrovų, kurie troško ir ašarojo nuo dūmų, stebėjo, kaip oro baliono apvalkalas išsipūtė ir galiausiai įgavo formą. Keli kresni vyrukai prilaikė balioną virvėmis. Davus signalą, jie balioną paleido. Balionas šovė viršun ir nusklendė virš žmonių galvų tarsi miniatiūrinis mėnulis.

Nors brolius Mongolfjė šis demonstracinis skrydis išgarsino, tačiau jis turėjo ir neigiamų pasekmių, mat šis reikalas sudomino jų varžovus, kurie žinojo, ką daro. Neilgai svarstę, kiti du netoli Paryžiaus gyvenę broliai – Anas Žanas (Anne-Jean) ir Nikolas Lui (Nicolas-Louis) Robertai – sugalvojo būdą, kaip ištirpinus gumą terpentine ir gauto lako sluoksniu padengus šilko audinį pagaminti orui nepralaidžius balionus. Tačiau tai subjaurojo baliono išorę: nors pagal jų pirminį sumanymą balioną turėjo puošti raudonos ir baltos spalvos juostos, galutinis jų kūrinys buvo išmargintas

raudona ir rūkalių dantims būdinga nešvaria gelsva spalva. Vis dėlto jų sumanymas atvėrė galimybę balionams naudoti vandenilį, nes mažytės H_2 molekulės negalėjo prasiskverbti per lako sluoksnį. Brolių pažįstamas chemikas Žakas Aleksandras Sezaris Šarlis (Jacques Alexandre César Charles) išsprendė kitą su vandenilio naudojimu susijusią problemą, išradęs masinės šio cheminio elemento gamybos būdą. Tai jis padarė pripildęs didžiulę statinę geležies ir ant viršaus šliūkštelėjęs šiek tiek sieros rūgšties (H_2SO_4). Su metalu sureagavusi rūgštis ėmė skaidytis ir išskyrė kamuolius vandenilio dujų, kuriomis pripildė balioną per iš odos pagamintus plokščius vamzdelius. Jam pririekė 1 100 svarų geležies ir keturių varginančio darbo dienų, kol pagaliau, 1783-ųjų rugpjūtį, jam pavyko pripildyti balioną 34 tūkst. litrų vandenilio dujų. (Kad padengtų šių darbų išlaidas, jis išplatino bilietus, kviesdamas žmones stebėti šį procesą, taigi, panašiai kaip ir Lavuazjė eksperimentų atveju, baliono pildymas tapo viešu reginiu.) Paleistas skristi balionas nusileido laukuose Paryžiaus pakraštyje, įveikęs neįtikėtiną – penkiolikos mylių – atstumą. Šakėmis ir dalgiais apsiginklavę valstiečiai kaipmat pasileido baliono link, palaikę jį iš dangaus nusileidusia pabaisa. Tačiau ir šįkart baliono sunaikinimas neužtemdė pergales džiaugsmo.

Nustebinti šių žinių, broliai Mongolfjė savo darbus netrukus perkėlė į šiaurę nuo Versalio ir ėmė planuoti antrą skrydį. Kaip tikri prancūzai, broliai norėjo, kad jų balionas atrodytų kuo įspūdingiau, taigi šią užduotį jie pavedė vietiniam tapetų dizaineriui. Šis pasiūvė nuostabų žydrą kupolą, išmargintą aukso spalvos zodiako ženklais. Be to, šį kartą broliai nusprendė bandomajam skrydžiui panaudoti gyvūnus – avį, gaidį ir antį, kurie buvo pasodinti į narvą, pritvirtintą prie baliono kupolo. (Turbūt jums kyla klausimų dėl anties, kuri ir taip moka skraidyti, bet verčiau į tai nesigilinkime.) Savo senąją batų deginimo techniką jie buvo išstobulinę iki pseudomokslo aukštumų, ir, stebint karaliui Liudvikui XVI, balioną jiems pavyko pripūsti vos per kelias minutes. Tuomet penkiolika balioną laikusių vyrų jį paleido. Netekę amo susirinkusieji stebėjo, kaip balionas kartu su krepšyje buvusiais kvykiančiais ir bliaunančiais gyvūnais staiga metėsi į šoną. Vis dėlto kildamas balionas išsilygino ir galiausiai sveikut sveikutėlis nusileido už dviejų mylių.

Tada broliai Mongolfjė ir broliai Robertai ėmė varžytis, kuriems teks garbė pirmą kartą leisti į orą pakilti žmogui. Karalius Liudvikas šiai misijai



Valstiečiai puola Paryžiaus pakraštyje nusileidusį balioną.

pasiūlė du nusikaltėlius, akivaizdžiai manydamas, kad tikimybė išgyventi tokį skrydį ne itin didelė. Tačiau abiem varžovų komandoms tokia idėja pasirodė visiškai nepriimtina: jie nenorėjo, kad nuteistieji iš jų atimtų šią šlovę.

Šarlio ir brolių Robertų komanda mokslinių žinių požiūriu turėjo neabejotiną pranašumą. Broliai Robertai buvo geresni inžinieriai už savo varžovus, o Šarlis buvo puikus chemikas. Tačiau knygines žinias vis dėlto nugalėjo entuziazmas, kai 1783 m. lapkričio 21 d. broliai Mongolfjė padėjo dviem savo draugams – fizikui Žanui Fransua Pilatrui de Rozjė (Jean François Pilâtre de Rozier) ir vietiniam markizui – įlipti į krepšį, pritvirtintą prie naujo jų sukonstruoto oranžinės spalvos baliono. Virves laikę vyrai paleido balioną, ir oranžinis kupolas ėmė sklęsti virš Paryžiaus tarsi lėtas meteoras. Iki to momento per visą istoriją tikriausia milijardai žmonių žvelgdami į dangų ir matydami virš galvos ore nardančius paukščius tyliai svajonoje „Kada nors...“ Pilatrui de Rozjė ir markizui pagaliau pavyko šią svajonę įgyvendinti. Nuskridę oro balionu penkias mylias, jie tapo pirmaisiais žmonėmis, pakilusiais į orą.

Nors Šarlio ir Robertų komanda varžybas pralaimėjo, paryžiečiai parodė ne ką mažesnę susidomėjimą po dviejų savaitių, gruodžio pradžioje, pirmą kartą jų surengtu žmogaus skrydžiu oro balionu. Kai kuriais skaičiavimais, Žako Šarlio ir Ano Žano Roberto pasirengimą skrydžiui stebėjo pusė Paryžiaus gyventojų – apie pusė milijono žmonių. (Tarp susirinkusiųjų buvo ir ambasadorius Bendžaminas Franklinas, po savaitės pasirašęs susitarimą, kuriuo buvo užbaigtas JAV nepriklausomybės karas. Kai tą dieną vienas ciniškas žiūrovas paklausė Franklino: „Kam išvis reikalingas tas balionas?“, Franklinas jam atšovė: „Kam išvis reikalingas naujagimis?“) Kadangi vandenilis sukuria didesnę keliamąją jėgą nei karštas oras, Šarlis ir Anas Žanas pakibę ore praleido dvi valandas ir nusileido už dvidešimties mylių jau sutemus. Tarsi vaikas atrakcionų mugėje, Šarlis iškart paprašė antro skrydžio ir vos po kelių minučių tapo pirmuoju žmogumi, atlikusiu solo skrydį oro balionu. Tąkart jis pakilo į 10 tūkst. pėdų aukštį – pakankamai aukštai, kad galėtų antrą kartą išvysti saulėlydį. Tačiau dėl kilimo ir leidimosi oro balionu jis pajuto duriantį skausmą ausų kanaluose. Po šio skrydžio jis niekada daugiau nepakilo į orą. Sunku pasakyti, kokia buvo to priežastis: galbūt jis žinojo, jog nebeįmanoma pamatyti nieko įspūdingiau už dvigubą saulėlydį, o gal nebenorėjo vėl patirti abipusio ausų skausmo.

Nepaisant galimų pavojų, skrydžiai oro balionu Europoje greitai tapo populiariu pramoginiu reginiu. Profesionalūs „aeronautai“ pradėjo tarpusavyje varžytis, kuriam pavyks pakilti aukščiau, nuskristi toliau ar greičiau. Sėkmingiausi jų tapo tikromis įžymybėmis – tų laikų eveliai knieveliai. Kiti pilotai ėmė organizuoti komercinius skrydžius oro balionais su galimybe danguje surengti iškylą ir papietauti: stebėdamiesi po kojomis atsiveriančiu vaizdu, žmonės vaišinosi kepta vištiena, kruasanais ir šaldytu limonadu. (Šampanas pasirodė esantis ne itin tinkamas pasirinkimas dideliame aukščiui, mat dėl žemesnio oro slėgio šampano butelyje esantys burbuliukai per greitai išsiplėsdavo ir išsivadėdavo.*) Daugelio skrydžių metu vienintelis nepatogumas skrendantiems buvo žema temperatūra, jaučiama pakilus į didesnę aukštį, taigi jiems tekdavo susisupti į kailius arba apklotus. Tačiau kartais oro balionams grėsdavo realūs pavojai. Dideliame aukštyje, kur oro sąlygos keičiasi neprognozuojamai, įgulas karštais užklupdavo kruša arba į jas pataikydavo žaibas. Kai kuriems žmonėms pasireikšdavo aukštumų liga: jie skųsdavosi besiliejančiu vaizdu akyse,

pajusdavo, jog jų kojos tampa tarsi guminės arba jiems pajuoduodavo rankų pirštai. (Sunkiausiais atvejais prasidėdavo kraujavimas iš akių, kaip Ebolos viruso aukoms.) Žmonių žūtys nukritus oro balionams fiksuojamos jau nuo 1785 metų. Tiesą pasakius, pirmasis žmogus, žuvęs oro balionui patyrus nelaimę, buvo pirmasis oreivis – fizikas Pilatras de Rozjė, kurio balionas užsidedė virš Normandijos šiam mėginant perskristi Anglijos kanalą. Jo sužadėtinė Suzana savo akimis regėjo, kaip jis krito iš pusės mylios aukščio ir trenkėsi į žemiau stūksojusias uolas. Pati Suzana po aštuonių dienų mirė nuo šoko.

Be nutrūktgalvių drąsuolių ir išskylautojų, į dangų veržėsi ir mokslininkai. Vieni matavo rasos taško temperatūrą ir magnetinius laukus bei kitus parametrus. Kiti atlikinėjo primityvius eksperimentus, kurių metu iš krepšio išmesdavo gėrimų butelius ir fiksuodavo, per kiek laiko jie suduž atsitrenkę į žemę. Daugelis tenkindavosi paprastais, tačiau nuostabą keliančiais stebėjimais. Kartais, pakilus į kelių mylių aukštį, netikėtai galėdavo pasirodyti drugelių būriai, kurie nutūpdavo ant pakeleivingo kupolo. Skrendantieji oro balionu stebėdavosi ir dangaus garsais. Kadangi oro balionas skrisdavo pavėjui, keleiviai skrydžio metu negirdėdavo aplink juos užiančio vėjo. Dėl to jie galėdavo itin aiškiai girdėti nuo žemės sklinančius garsus: giedančius gaidžius, plaktuko smūgius į priekalą ar šautuvo salves. Dideliame aukštyje ir pats dangus atrodė kitoks. Retesnis oras neiškraipydavo žvaigždžių vaizdo, taigi žvaigždžių šviesa atrodė ne tokia švelni, jos mažiau mirgėjo ir atrodė tarsi šalti ledo gabaliukai. Dienos metu švelnią dangaus žydrinę keisdavo tamsesnė, niuresnė sodriai mėlyna dangaus spalva.

Skrydžiai oro balionu taip pat skatino susidomėjimą įvairių dujų savybėmis. Taigi nenuostabu, kad pirmieji skrydžių oro balionu entuziastai taip pat buvo pirmieji, sistemingai ištyrinėję įvairių dujų elgseną. Nepasiteisinus jų teorijoms, jie galėdavo labai daug ką prarasti, įskaitant ir gyvybę.

Vienas iš pirmųjų klausimų, į kuriuos bandyta atsakyti – kaip balionai pakyla nuo žemės. Pagrindinis jų veikimo principas susijęs su Archimedo – garsiojo senovės Sirakūzų nuogaliaus – dėsnium. Trečiajame amžiuje prieš Kristų Sirakūzų karalius vietiniam auksakaliui davė didelį gabalą aukso, kad šis nukaltų karūną, bet karaliui kilo įtarimas, kad auksakalys jį apgavo, dalį aukso pasilaikęs sau ir vietoj jo į lydinį įmaišęs tokį pat kiekį

sidabro. Kadangi karalius negalėjo to įrodyti, pagalbos jis kreipėsi į Archimedą. Archimedas kelias savaitės suko galvą, bandydamas susidoroti su šia keblia užduotimi. Vieną dieną mokslininkas ropštėsi į kubilą ruošdamasis maudytis ir pastebėjo, kad jam įlipus vandens lygis kubile pakilo. Prieš jo akis iškilo eksperimentas, ir po kelių akimirkų gatvėje pro šalį ėjusios Graikijos motinos turėjo uždengti savo vaikams akis.

Daugelyje šios istorijos versijų Archimedas šį galvosūkį išsprendžia panardindamas karūną į indą, iki pusės pripildytą vandeniu, ir stebėdamas, kiek pakils vandens lygis. Tuomet jis tą patį padarė su tokio pat svorio aukso grynuoliu. Jei vandens lygis kiekvienu atveju pasikeitė skirtingai, vadinasi, auksakalys sukčiavo. Tačiau daugelis istorikų kvestionuoja šį scenarijų, nes skirtumas tarp vandens lygio pirmuoju ir antruoju atveju naudojantis tipišku graikišku ąsočiu būtų siekęs apie pusę milimetro, o tai per mažas kiekis, kad jį būtų galima pastebėti plika akimi. (Pamėginkite patys.) Tačiau Archimedas greičiausiai elgėsi taip: jis žinojo, kad vandenyje panardintas objektas yra veikiamas aukštyn nukreiptos jėgos. (Šią jėgą galite jausti plaukiodami.) Kuo objekto tūris didesnis, tuo didesnė jį veikianti aukštyn nukreipta jėga. Taigi Archimedas pasiėmė svarstyklės, iš vienos jų pusės pakabino karūną, o iš kitos – gabalą gryno aukso ir visa tai panardino į vandenį. Karūna akivaizdžiai svėrė tiek pat, kiek ir aukso grynuolis (štai kodėl iš pradžių svarstyklės išsilygino). Tačiau jei karūnoje būtų buvę sidabro (kurio tankis mažesnis nei aukso), karūnos tūris būtų didesnis už aukso grynuolio. Į vandenį panardintą didesnio tūrio karūną veiktų didesnė keliamaoji jėga. Kadangi vieną svarstyklių pusę veiktų didesnė aukštyn nukreipta jėga, svarstyklės pakryptų. Ir tikrai – Archimedui panardinus svarstyklės į vandenį, karūnos pusė pakilo į viršų. Eureka – auksakalys sukčiavo.

Tokie eksperimentai davė pradžią tam, ką dabar vadiname „Archimedo dėsnio“. Pagal šį dėsnį bet kokią skystyje panardintą kūną veikia aukštyn nukreipta jėga. Be to, šis dėsnis teigia, kad kuo didesnis panardinto kūno tūris, tuo didesnė jį veikianti jėga. (Konkrečiau tariant, aukštyn nukreipta jėga lygi išstumto skysčio svoriui.)

Tačiau ką visa tai turi bendra su balionais? Iš pirmo žvilgsnio nedaug ką, kol XVIII a. mokslininkai priėjo prie išvados, kad oras taip pat skystis ir gali kūnus veikti keliamaoji jėga. Nors kasdienybėje šios jėgos nejaučia-

me, tačiau ji vis tiek egzistuoja: iš tiesų jūs sveriate truputėlį mažiau ore nei vakuume. Didelius, mažesnio tankio objektus, tokius kaip balionai, šios keliamosios jėgos veikia itin lengvai. Atsvarą šios jėgos veikimui, žinoma, suteikia baliono svoris ir bet koks prie jo pritvirtintas krovinys (pvz., krepšys), kuris tempia balioną žemės link. Reikia atsižvelgti ir į dujų svorį. Skaičiuojant, ar oro balionui pakaks keliamosios jėgos, kad galėtų skristi, negalima neatsižvelgti į kupolo viduje esančių keliamąją jėgą sukuriančių dujų svorį. (Nors šios dujos ir padeda sukurti keliamąją jėgą, tačiau tai nėra nulinis krovinys, nes jis vis tiek skaičiuojamas kaip svoris.) Štai kodėl tokios lengvos dujos kaip vandenilis itin tinkamos oro balionams. Kadangi šios dujos tokios lengvos, traukos jėga jų taip smarkiai neveikia, todėl keliamoji jėga turi daugiau šansų nusverti traukos jėgą.

(Vandenilis, kaip lengviausias elementas, pradedant skaičiuoti nuo vienos molekulės, sukuria didžiausią keliamąją jėgą. Tačiau iš tiesų balioną pakelti galėtų bet kurios už orą lengvesnės dujos – helis, garai ar amoniakas. Teoriškai tą padėtų padaryti net vakuumas. Tačiau vargu ar tai įmanoma, mat jokia žinoma medžiaga nėra pakankamai tvirta, kad išlaikytų vakuomo baliono formą ir šis nesubliūkštų, ir drauge pakankamai lengva, kad galėtų pakilti į orą – juk vario balionai toli nenusukristų.)

Nors pradžioje vandeniliu užpildyti oro balionai ir buvo populiari, tačiau galiausiai pasirodė esantys per brangūs, per daug lengvai užsidegantys ir per sunkiai valdomi, kad tikėtų dažnam naudojimui. (Vandenilis sukuria tokią didelę keliamąją jėgą, kad net išpylus stiklinę vandens arba nusišlapinus per krepšio kraštą balionas šautų aukštyn.) Todėl daugelis oreivių pradėjo naudoti karšto oro balionus ir pastebėjo, kad tokie balionai į orą kyla dėl kiek kitų priežasčių nei vandenilio balionai. Archimedo dėsnis ir šiuo atveju atlieka tam tikrą vaidmenį, tačiau reikia tam tikrų papildomų veiksmų – dujų dėsnų, kad iki galo suprastume, kaip tai veikia.

XVIII a. pabaigoje mokslininkai jau šiek tiek nusimanė apie dujų dėsnius, nusakančius dujų temperatūros, dujų slėgio ir dujų tūrio tarpusavio ryšį. Pavyzdžiui, airių chemikas Robertas Boilis 1662 m. nustatė, kad didinant dujų temperatūrą didėja ir jų slėgis. Kalbant apie karšto oro balionus, reikia atsižvelgti į tūrio ir temperatūros santykį. Vienas pamatinis dujų dėsnis skamba taip: šildomos dujos plečiasi; ir atvirkščiai – šaldomos

traukiasi. Tuo galite įsitikinti patys naudodami lateksinį balioną: įdėtas į šaldytuvą, toks balionas susitrauks, o išimtas – vėl išsipūs.

Tačiau su karšto oro balionais šis tas vyksta kitaip. Oras, kuriuo užpildyti šie balionai, šildomas taip pat plečiasi. Tačiau ne taip kaip lateksiniai balionai, karšto oro balionai įprastai pagaminti iš netamprių medžiagų. Dėl šios priežasties pats balionas išsiplečia nedaug. Vietoj to besiplečiančios dujos, neturėdamos kur dėtis, išteka pro angą baliono apačioje. Dėl to mažiau dujų lieka baliono kupole, taigi jo svoris būna mažesnis. Dėl mažesnio keliamosios jėgos veikiamo objekto svorio aukštyrą nukreipta Archimedo jėga gali nusverti traukos jėgą ir pakelti balioną į dangaus žydrynę.

Ironiška, kad nepaisant to, jog broliai Mongolfjė sukonstravo karšto oro balionus, o Žakas Šarlis – vandenilio balionus, būtent Šarlis buvo tas, kuris pirmasis atrado su temperatūra ir tūriu susijusį dujų dėsnį, paaiškinantį karšto oro balionų veikimo principą. Didžiąją dalį mokslinių tyrimų, padėjusių padaryti šį atradimą, jis atliko Luvre veikusioje savo laboratorijoje. Vis dėlto dėl nežinomų priežasčių jis nesiryžo paskelbti apie atrastą temperatūros ir tūrio dėsnį, todėl šiandien nuopelnai už šį atradimą jam dažniausiai nėra priskiriami. Tarp kitko, šiuos savo eksperimentus jis aptarė su savo kolega Lui Žozefu Gei-Liusaku (Joseph-Luis Gay-Lussac), kuris išplėtojo Šarlio eksperimentus ir galiausiai 1802 m. pats paskelbė apie šį dėsnį.

Kaip ir Žozefo Mongolfjė atveju, Gei-Liusako gyvenimą pakeitė moteriški apatiniai. Gei-Liusakas savo žmoną sutiko moteriškų apatinių pardavėjęje. Ji buvo vienintelė pardavėja, laisvu metu skaitinėjusi chemijos vadovėlį. Chemikas ją patraukė tuo, kad, kaip ir daugelis jo kolegų chemikų, savyje turėjo kažkiek kaubojaus. Kartą, mėginant išskirti natrį ir kalį, šie metalai sprogo tiesiai jam į veidą ir vos neatėmė regėjimo. Dar per kitą eksperimentą jį taip stipriai nukratė savos gamybos baterija, kad jis visą dieną negalėjo valdyti rankų. 1844 m. įvykusio incidento metu jam tiesiai į veidą sprogo kolba. Tą kartą jis tikrai būtų netekęs akies, jei ne akiniai, kuriuos jis užsidėjo pasimokęs iš ankstesnės nesėkmės.

Taigi, eksperimentuodamas su balionais, Gei-Liusakas buvo linkęs rizikuoti savo gyvybe ir į dangų kildavo pirmai progai pasitaikius. Ruošdamasis vienam plačiai nuskambėjusiam skrydžiui, kuris įvyko 1804 m. rugpjūtį, jis susikooperavo su vienu fiziku, Žanu Baptistu Bio (Jean Baptiste Biot).

Nors techniškai Bio buvo antrasis pilotas, jis nedaug prisidėjo prie baliono valdymo, nes didžiąją laiko dalį praleido skirtingame aukštyje atlikdamas žemės magnetinio lauko matavimus. (Dideliam savo džiaugsmui, išsiaiškino, kad magnetinis laukas net ir kelių mylių aukštyje išlieka stiprus. Ne taip, kaip temperatūra ar slėgis, magnetinis laukas didėjant aukščiui beveik nekinta.) Tuo tarpu Gei-Liusakas tikėjosi surinkti duomenų apie cheminę aukštutinių atmosferos sluoksnių sudėtį. Tuo tikslu jis planavo skirtingame aukštyje atidaryti keletą kolbų ir surinkti oro mėginių vėlesnei analizei.

Tačiau balionui kylant aukštyrų reikalai pakrypo netikėta linkme. Bio nebuvo geros fizinės formos, kad atlaikytų tokį aukštį, todėl pajuto svaigulį. Staiga jis sukniubo kaip negyvas. Galiausiai vis dėlto atsigavo, tačiau galima tik įsivaizduoti, kaip dėl to supanikavo Gei-Liusakas. Stengdamasis suvaldyti balioną ir atgaivinti Bio, jis visiškai pamiršo savo kolbas. Ši praleista galimybė jam nedavė ramybės, taigi po trijų savaičių jis atliko skrydį vienas. Šįkart balioną veikė didesnė keliamoji jėga, be to, be Bio, kuris atstojo balastą, jis pakilo į 23 tūkst. pėdų aukštį. Šio aukščio rekordo nepavyko niekam pranokti visą ateinančių pusšimtį metų. Tokiame aukštyje jis tikrai turėjo patirti deguonies trūkumą, tačiau jam pavyko išlaikyti blaiyvų protą ir į kolbas surinkti išretėjusio aukštutinių atmosferos sluoksnių oro mėginių. Vėliau atlikta analizė parodė, kad net ir kelių mylių aukštyje esančių atmosferos sluoksnių sudėtis tokia pati, kaip ir atmosferos jūros lygyje. Kitaip tariant, nors dideliame aukštyje oras retesnis, sąlyginė azoto, deguonies ir kitų dujų koncentracija tokia pat.

Vis dėlto atmosferos chemikai, naudodamiesi nepilotuojamais oro balionais, palaipsniui įgijo vis daugiau žinių ir pastebėjo, kad didėjant aukščiui, oras visgi subtiliai keičiasi. Galiausiai jie atrado keturis skirtingus Žemės atmosferos sluoksnius, kurie gaubia vienas kitą ir savo struktūra primena svogūną. Mes gyvename troposferoje, kuri prasideda ties Žemės paviršiumi ir driekiasi iki maždaug dešimties mylių aukščio (priklausomai nuo platumos ir sezono). Didžioji dalis oro susikoncentravusi šiame sluoksnyje. Toliau eina stratosfera, kurioje yra ozono sluoksnis ir kuri driekiasi iki maždaug trisdešimties mylių aukščio. Mezosfera, kurioje sudėga meteorai – iki maždaug penkiasdešimties mylių aukščio. Pastaroji galiausiai pereina į skaidrią termosferą, kurioje matoma šiaurės pašvaistė

(*aurora borealis*) ir kuri driekiasi iki penkių šimtų mylių aukščio. Penki šimtai mylių skamba kaip svaiginamai didelis aukštis – šiame aukštyje atmosfera pereina į kosminę erdvę. Kita vertus, tai tėra penkių šimtų mylių atstumas, kurį su antigravitaciniu automobiliu įveiktumėte per maždaug septynias valandas. (Tačiau vaizdas pro langą tokios kelionės metu greitai pasibaigtų: beveik pusė visos Žemės atmosferos masės yra apatiniame keturių mylių sluoksnyje.) Pasiėkus vos septynių mylių aukštį (atstumas, kurį galima įveikti per sekmadieninį bėgimą), deguonies, lygis palyginti su jo koncentracija jūros lygyje, sumažėja maždaug ketvirtadaliu, taigi gyvybės tokiam aukštyje palaikyti neįmanoma. Senovės Graikijos mokslininkai teigė, kad kylant aukštyn dangaus skliautu oro kokybė gerėja, kol galiausiai pasiekiamą kvintesencija. Tiesa ta, kad mus gaubia bauginamai plonas oro sluoksnis, žvelgiant proporcingai, gerokai plonesnis už obuolio žievę.

Gei-Liusakas ne tik tyrinėjo atmosferą, bet ir atliko laboratorinius eksperimentus, siekdamas atrasti dar vieną dujų dėsni. Pastarasis teigia, kad didėjant dujų slėgiui, tų dujų temperatūra taip pat turi didėti. Jeigu šiuo atveju jus aplanke *déjà vu* jausmas, jūs ne vieninteliai tokie: šis dėsnis iš esmės analogiškas tūrio ir temperatūros dėsniui. Gei-Liusako laikais chemikai ėmė pastebėti, kad tyrinėjant dujų elgseną iškyla vis tie patys kinamieji (temperatūra, slėgis, tūris). Natūralu, kad jie ėmė kelti klausimą, ar nebūtų galima sujungti keleto skirtingų dujų dėsnių į vieną visą apimančią taisyklę – dujų dėsnių dėsni. Kad taip įvyktų, turėjo užaugti visiškai nauja mokslininkų karta. XIX a. ketvirtajame dešimtmetyje mokslininkai pagaliau atrado vadinamąjį idealiųjų dujų dėsni. Pasiruoškite. Jei V yra tūris, T – temperatūra, P – slėgis, n – dujų kiekis, o R – pastovus dydis (kad būtų užtikrintas aritmetinis balansas), tuomet bet kokių žinomų dujų elgseną galima nusakyti šia lygtimi: $PV = nRT$.

Galbūt iš pirmo žvilgsnio ši formulė ir atrodo ne itin įspūdinga. (Lažinuosi, kad dabar nenorėtumėte dėvėti akinių nuo saulės.) Tačiau patikėkite manimi, kai sakau, kad tai nitroglicerinas: neįtikėtinas kiekis galios, sutelktas į mažytį erdvės plotą. Tinkamai pritaikytas, šis dėsnis gali akimirksniu atskleisti įvairių dalykų apie dujų elgseną: kaip keičiantis dujų temperatūrai keičiasi jų tūris, kaip keičiantis jų tūriui keičiasi jų slėgis, ar atsakyti į kitus panašius klausimus, susijusius su šių veiksnių kombinacija. Ne mažiau svarbu tai, kad pritaikius šią lygtį galima nustatyti įvairių

nežinomųjų reikšmes. Įsivaizduokite, kad jūsų gamykloje esančios cisternos slėgio vožtuvai rodo klaidingus duomenis, ir jūs pradėdate nerimauti, kad cisterna gali sprogti. Kaip jums išsiaiškinti, ar taip neįvyks? Pirmiausia nustatykite cisternos tūrį, temperatūrą ir kitus parametrus, ir – *voilà* – pritaikę idealiųjų dujų dėsnį, išsiaiškinsite cisternos slėgį. Kitaip tariant, žinant kitų kintamųjų reikšmes, iš jų automatiškai išplaukia slėgis. Arba jei jūsų termometrai ima rodyti klaidingus duomenis, temperatūrą lengvai sužinosite ir be jų. Tam tikra prasme tai atrodo tarsi sukčiavimas: matuojate vieną parametą, o gaunate informaciją apie visiškai kitą parametą. Tarsi galėtumėte sužinoti tam tikro objekto spalvą paprasčiausiai išmatavę jo aukštį. Nors iš pirmo žvilgsnio šie parametrai visiškai skirtingi, dujų slėgis, tūris ir temperatūra tam tikru Gilesnio pamatiniu lygmeniu tarpusavyje susiję, ir tą paaiškina idealiųjų dujų dėsnis.

Išties, šis dujų dėsnis atskleidžia visiškai naują požiūrį į jas. Pristlis, Lavuazjė ir Deivis siekė ištirinėti skirtumus tarp įvairių dujų: kuo skyrėsi naujai atrastų dujų kvapas ar degimo procesas ar kaip skirtingai jos veikia žmogaus fiziologiją. Tačiau idealiųjų dujų dėsnis visoms šioms dujoms galioja vienodai. Jis atmeta visas kalbas apie skirtumus, todėl jį galima vadinti demokratišku. Vandenilio dujų debesį sudaro mažalo dydžio molekulės, o radono dujų debesį – kamanės dydžio molekulės. Tačiau abejos šios dujos pakaitintos plečiasi vienodai. Azoto dujų debesys neutralūs ir nereaktyvūs, o chloro dujos itin dirginančios ir toksiškos. Vis dėlto padidinus šių dujų slėgį, jos susitrauktų lygiai tokia pat dalimi. Įvairios kietosios medžiagos ir skysčiai turi mažai ką bendra, neskaitant akivaizdaus fakto, kad dažniausiai būna kieti arba šlapi. Tačiau įvairių rūšių dujos turi neįtikėtinų panašumų. Fizikiniu ir netgi cheminiu požiūriu visos dujos elgiasi vienodai.

Vienas iš aukščiausių žmogaus pašaukimų – moksliniai atradimai: polinkis stebėti chaotišką aplinkinį pasaulį ir pabandyti išgryninti tam tikras pastovias tiesas. Lygtis $PV = nRT$ tą padeda pasiekti sėkmingiau už daugelį mokslinių principų. Šios penkios raidės nusako bet kurias dujas, kokias tik galite įsivaizduoti. Senesnės kartos atstovai idealiųjų dujų dėsnį vadina tobulųjų dujų dėsniu. Būtų smagu šį pavadinimą atgaivinti – juk šis dėsnis iš tiesų atspindi kažką absoliutaus ir idealaus, amžino ir nemirtingo, kažką išties tobulo, palaikančio šio pasaulio tvarką.



Dabar metas prisipažinti: tai, kas pasakyta skyriaus pabaigoje, buvo melas. Baltas, pagrįstas gerais ketinimais, mielas, žavus, galbūt netgi taurus, bet vis dėlto melas. Tiesa ta, kad tikros, realios dujos – tokios kaip oras, kuriuo dabar kvėpuojate – iš esmės neprilygsta idealiųjų dujų dėsnyje užkoduotam tobulumui. Lygiai kaip ir jūsų nubrėžtas apskritimas nebus toks apskritas ir simetriškas kaip idealus apskritimas, net jei jį nubrėžtumėte skriestuvu. Chemikai tą puikiai žino, taigi atlikdami tam tikrus su idealiųjų dujų dėsniu susijusius skaičiavimus, jie daro prielaidą, kad realybė truputėlį skirsis nuo skaičių. Vis dėlto kai kurios dujos labiau priartėja prie tobulumo už kitas. Tiesą sakant, kai XIX a. dešimtajame dešimtmetyje du mokslininkai atrado kelias kone idealias dujas, labiau už bet ką kita pasaulyje priartėjusias prie tobulumo, kiti mokslininkai atsisakė tuo patikėti. Jų įsitikinimu, tokie tobuli dujų pavyzdžiai tiesiog negalėjo egzistuoti.

Tai istorija apie žmogų, kuris pasižymėjo, ko gera, didžiausiu pakantumu nuoboduliui per visą mokslo istoriją. Džonas Viljamas Strutas (John William Strutt) gimė 1842 m. turtingoje šeimoje. Nuo pat gimimo silpnos sveikatos Strutui, regis, buvo lemta nugyventi nuobodų Anglijos veltėdžio didiko gyvenimą. Susirgęs kokliušu, jis turėjo mesti Itono koledžą. Grįžus į mokslus, jam nepavyko ryškiau sublizgėti savo pasiekimais. Vis dėlto Strutui netrūko ambicijų. Įstojęs į Kembridžo universitetą, jis netraktavo studijų šioje institucijoje kaip paprasčiausio pasirengimo aukštuomenei ir nemaloniai nustebino savo šeimą, pasirinkęs studijuoti matematikos ir fizikos mokslus. Šeimynykščius jis dar labiau suglumino šiose srityse pademonstravęs aukštus pasiekimus ir galutinai juos pribloškė, nusprendęs prisijungti prie šio universiteto kaip fizikos mokslinis bendradarbis. Sveiką protą jis, regis, atgavo, kai 1871 m. vedė ir atsistatydino iš šių pareigų. 1873 m., mirus tėvui, Strutas tapo lordu Reiliu (Rayleigh). Tačiau senos svajonės jam nedavė ramybės, ir 1876 m. Reilis teises į paveldėtą tėvų turtą perleido savo jaunesniajam broliui. Kitaip tariant, Reilis pasirinko tokią pat žeminančią padėtį, kokią turėjo iškęsti ir Žozefas Mongolfjė: leido jaunesniajam broliui perimti šeimos verslą, kad galėtų visą savo dėmesį skirti mokslui.

Reilio veidą puošė jūrų vėplio ūsai ir vešlios žandenos, o su kiekvienais metais slenkantys plaukai vis labiau atidengė jo pakaušį. Per savo karjerą jis paskelbė daugiau kaip keturis šimtus mokslinių darbų ir pramynė

kelių įvairių sričių (įskaitant biologiją) tyrimams. (Vienas iš jo atradimų buvo tas, kad jis išsiaiškino, kodėl gaidžių plunksnos pasižymi patraukliu metalo blizgesiu.) XIX a. devintojo dešimtmečio pradžioje Reilio dėmesį patraukė itin nuobodi sritis: jis ėmėsi matuoti tokių dujų, kaip deguonis ir vandenilis, tankį. Pažymėtina, kad tokio pobūdžio tyrimai buvo aktualūs XVIII a., tačiau neaišku, ką šiais tyrimais mėgino išsiaiškinti Reilis praėjus šimtmečiui. Šiems tyrimams su pertraukomis jis skyrė dešimt savo gyvenimo metų, tačiau taip nieko naujo ir nesužinojo. Tiesiog keliais skaičiais po kablelio patikslino šių dujų tankio matavimų rezultatus. Tokie atradimai toli gražu nedavė pagrindo sušukti „Eureka!“

Dar labiau stebina tai, kad vėliau Reilis mazochistiškai atsidėjo dar nuobodesniems tyrimams – azoto tankio matavimams. Tam, kad galėtų juos atlikti, Reiliui reikėjo grynų azoto dujų mėginių. Jam pavyko juos gauti po vieną iš oro pašalinus kitus jo komponentus. Norėdamas iš drėgno angliško oro pašalinti vandens garus, savo laboratorijos reakcijos kameroje jis paklojo vilnones antklodes. Tam tikromis dienomis jos tiek permirkdavo, kad iš jų būdavo galima išgręžti du pilnus svarus vandens. Paskui jis perleido orą pro iki raudonumo įkaitintus varinius vamzdžius, o tada pro potašą (kalio turintį mineralą), kad pašalintų iš jo anglies dvideginį. Naudodamas sieros rūgšties vonias, jis pašalino likusias priemaišas. Tuomet jis surinko gryno azoto mėginius ir išmatavo jo tankį.

Tarsi apsėstas, Reilis šį eksperimentą pakartojo azotą išgryninęs kitu būdu. Užuoat pašalinęs deguonį iki raudonumo įkaitintais vamzdžiais, šį kartą šiam tikslui jis pasirinko skystą amoniaką. Cheminiu požiūriu tai buvo daug nešvaresnis procesas. Be visų kitų reakcijų, deguonis (O_2) sureagavo su amoniaku (NH_3), ir išsiskyrė šalutinis reakcijos produktas – azoto molekulės. Tačiau Reilis bet koku atveju norėjo tyrinėti azotą, todėl papildomas jo kiekis nesudarė didelio skirtumo. Nepatikėsite, kas vyko toliau. Reilis išsiaiškino, kad litras amoniaku išgryninto azoto septyniais miligramais lengvesnis nei litras variu išgryninto azoto. Tai sudaro vieną penkiatūkstantąją uncijos dalį. Koledžo metais daugybę valandų bergždžiai praleidęs chemijos laboratorijose, galiu pasakyti, kad jei atlikus du atskirus bandymus skirtumas tarp gautų rezultatų būtų siekęs vos vieną dešimtąją svaro, būčiau apsiašarojęs iš laimės. Tai per daug gerai, kad būtų tiesa: iš karto kyla įtarimų, ar tokį rezultatą gavęs asmuo neklautoja duo-

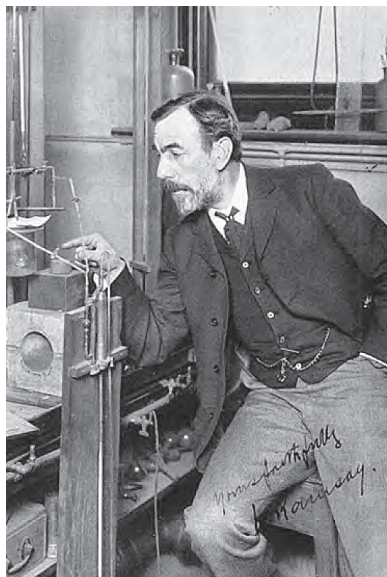
menų. Tačiau šis skirtumas Reiliui nedavė ramybės. Jo laikais mokslininkų naudotos svarstyklės buvo milijoną kartų jautresnės už tas, kuriomis naudojosi Lavuazjė, mat galėjo pasverti mažesnių už miligramą vienetų tikslumu. Septynis miligramus buvo galima laisvai priskirti eksperimento metu įvykusiai klaidai, taigi Reilis pradėjo kruopščiai (netgi neurotiškai) tikrinti savo bandymų rezultatus. Jis sugalvojo dar šešis naujus oro išgryninimo būdus. Taikant vienus iš jų papildomas azoto kiekis susidarė, o taikant kitus – nesusidarė. Mokslininkas, cituojant jo paties žodžius, buvo „pasibjaurėjęs“, kad skirtumas tarp skaičių vis tiek išliko.

1892 m. Reilis leidinyje „Nature“ galiausiai paskelbė laišką, kuriame prisipažino surinkęs gluminančių duomenų, ir kreipėsi į viso pasaulio chemikus patarimo. Daugelis jų pasiūlymų neatrodė verti dėmesio. Tačiau vis dėlto jis paklausė Viljamo Ramzio (William Ramsay) – laibo škoto pavargusiomis akimis, kuris tuo metu dirbo Londone. Neilgai trukus Ramzį, kaip ir Reilį, apsidėjo mintis apie prieštarigus azoto bandymų rezultatus. Toks Ramzio įsikišimas Reiliui labai nepatiko. Vis dėlto jie sutarė vienas kitą informuoti apie savo eksperimentus ir bendrai paskelbti jų rezultatus.

Vieną mintį jie iškart atmetė. Reilis buvo iškėlęs spėjimą, kad galbūt jam pavyko atrasti egzotišką azoto formą – N_3 (panašią į ozoną (O_3)). Tai galėjo paaiškinti skirtingus tankius, tačiau Ramzis šią mintį atmetė, nes N_3 struktūra neatrodė stabili.

Jie pagaliau padarė šiokią tokią pažangą, peržvelgę seną, pamirštą Henrio Kavendišo mokslinį darbą. 1785 m. Kavendišas gyvsidabrio pripildytame vamzdelyje suformavo oro kišenę. Tada per gyvsidabrijį perleido elektros srovę. Šio proceso metu per minėtą oro kišenę šoko kibirkštys. Jos paskatino joje buvusio azoto ir deguonies reakciją, kurios metu susidarė oranžiniai ir raudoni garai. Jie išsisklaidė gyvsidabryje, priversdami jame susiformavusią oro kišenę palaipsniui trauktis. Kavendišas tikėjosi, kad ši oro kišenė galiausiai visiškai susitrauks, tačiau kad ir kiek ilgai truko šis eksperimentas – keletą valandų, dienų ar savaitių, oro kišenėje vis likdavo maždaug 1 proc. joje buvusių dujų. Galiausiai jis pasidavė. Praėjus šimtmečiui šį darbą perskaitę Reilis ir Ramzis suprato, kad jis galėjo išgauti naujos rūšies dujas.

Reikia pripažinti, kad tai buvo ištis drąsus spėjimas. Iki 1892 m. mokslininkai jau buvo daugiau kaip šimtmetį tyrinėję atmosferos sudėtį,



Argoną atradęs fizikas lordas Reilis (kairėje) ir kitas tauriųjų dujas atradęs chemikas Viljamas Ramzis (dešinėje).

(UŽ NUOTRAUKAS DĖKIJAME „WELLCOME TRUST“ FONDUI)

todėl tikimybė, kad jie galėjo pražiopsoti visą procentą oro sudėties, neatrodė didelė. Kita vertus, naujos dujos galėjo lengvai paaiškinti Reilio gautus keistus dujų tankio matavimų duomenis. Tarkim, kad išgrynintuose oro mėginiuose iš tiesų buvo už azotą sunkesnių dujų. Šių mėginių tankis priklausytų nuo azoto ir X dujų santykio, lygiai kaip ir riešutų mišinio dėžutės tankis priklausytų nuo sąlyginių žemės riešutų ir brazilinių bertoletijų proporcijų. Tačiau Reiliui kaskart taikant metodą, dėl kurio jam nežinant prisidėjo papildomas azoto kiekis, t. y. mišinį papildė tam tikras žemės riešutų kiekis, jis tą santykį būtų išbalansavęs, dėl ko mėginio tankis būtų šiek tiek pasikeitęs. Ramzis ir Reilis sutiko, kad X dujų paieškos buvo vertos pastangų.

Mėgindami atrasti X dujas, abu vyrai taikė skirtingas strategijas. Įkvėptas Kavendišo bandymų, Reilis atliko eksperimentą su kibirkštimis, kad iš oro pašalintų visus komponentus, išskyrus paslaptinęsias dujas. Šis darbas buvo toks monotoniškas, kad juo ėmė bodėtis net ir pats Rei-

lis. Savo namų laboratorijoje mokslininkas įsirengė telefono liniją ir vieną ragelį padėjo greta kibirkščių generatoriaus, kuris kaskart suveikęs suzvimbavo. Kitą ragelį laikė savo bibliotekoje, taigi galėjo snūduriuoti krėsele ir pasikelti tik tada, kai per telefoną girdimas zvimbimas liaudavosi. Tuo tarpu Ramzis iš savo oro mėginio, veikdamas jį magniu, išskyrė azotą (N_2) – itin reaktyviu metalu, kuriam sureagavus su azotu susidarė birūs rudi milteliai. Vis dėlto tam, kad būtų galima sukelti šią reakciją, magnį reikėjo pakaitinti tiek, kad jį gaubiantis stiklinis vamzdelis kone ėmė lydytis. Ramzis monotonišką darbą mėgo ne mažiau nei Reilis: kartą jis net dešimt dienų praleido leisdamas azotą per įkaitintą metalą. Šių dviejų mokslininkų eksperimentai pavyko: abiem vyrams pavyko išgauti mažytį kiekį 99 proc. grynumo X dujų.

Tada duetas ėmėsi tyrinėti šių dujų savybes. Paaiškėjo, kad šios dujos beskonės, bekvapės ir bespalvės. Šios savybės išties suintrigavo mokslininkus. Tačiau labiausiai jos nustebino savo akustinėmis savybėmis. Garso bangos iš esmės yra energijos impulsai, kurie pasklinda tarp molekulių šioms susiduriant tarpusavyje. (Šį principą galime palyginti su situacija, kai minioje pastumiamo žmogų: tas žmogus atsitrenkia į kitus, o šie – į dar kitus, tokiu būdu vis toliau perduodami pirminio postūmio energiją.) Toks judėjimas sukuria aukšto ir žemo slėgio svyravimus, kuriuos mūsų ausys interpretuoja kaip tonus. Šios postūmį sukeliančios bangos juda skirtingu greičiu, priklausomai nuo atitinkamų dujų molekulių masės ir formos.

Toliau prasideda paini fizika (patikėkite manimi). Paprastais žodžiais tariant, Ramzis ir Reilis išmatavo X dujose sklindančio garso greitį dviem skirtingomis sąlygomis, o tada, remdamiesi šiais dviem skaičiais, apibrėžė tam tikrą santykį. Visa tai turėjo padėti nustatyti dujų molekulių formą, nes šis santykis svyruoja priklausomai nuo molekulių dydžio ir sudėtingumo. Tai buvo esminė įžvalga. Įsivaizduokite, kad, tarkim, jūsų sugeneruotas garso impulsas sklinda pro anglies dioksido (CO_2) arba amoniako (NH_3) dujų debesį. Šių dujų debesų molekulėse C ir O arba N ir H atomai gali suktis vienas kito atžvilgiu arba šokinėja pirmyn atgal tarsi spyruoklės. Tokie papildomi sukinėjimai galiausiai išsklaido dalį garso energijos. Dėl kitų painios fizikos nulemtų priežasčių šios energijos sąnaudos sumažina minėtą santykį iki maždaug 1,3. Paprastesnių dujų (tokių kaip vande-

nilis, H_2 , ir azotas, N_2) atomų judėjimas vienas kito atžvilgiu ribotas, todėl jos išseikvoja mažiau energijos. Taigi minėtas santykis siekia 1,4. Ramzio ir Reilio tyrinėtų paslaptinių dujų santykis siekė 1,67, o tai reiškia, kad jas sudaro mažiau nei du atomai. Kitaip tariant, šios dujos, ne taip, kaip bet kurios kitos žinomos dujos, buvo vienatomės.

Tačiau tai nebuvo pati didžiausia staigmena. Ramzis ir Reilis, be kita ko, norėjo pamatyti, kaip jų tyrinėjamos dujos reaguoja su kitomis medžiagomis, taigi ėmėsi bandymų su deguonimi, vandeniliu ir anglies dioksidu. Tačiau nieko nepasiekė. Tada jie išbandė įmantresnius junginius, tokius kaip siera, fosforas ir kalis, tačiau ir tai nedavė jokių rezultatų. Tada jie pabandė atlikti eksperimentus su chloru ir įvairiomis rūgštimis bei kitomis atsitiktinėmis medžiagomis. Vis tiek nieko. Galiausiai mokslininkai ištuštino visą savo cheminių medžiagų spintą, bandymams panaudodami visas įmanomas medžiagas, kokios tik pasitaikė po ranka, tačiau jokios reakcijos taip ir nesulaukė.

1894 m. rugpjūtį mokslininkų duetas jau žinojo atradęs naujas dujas, o galbūt netgi naują cheminį elementą. Vis dėlto jie nesiryžo viešinti tokios galimybės. Vietoj to jie paskelbė gautus neįprastus duomenis, susijusius su garso sklaidos dujose santykiu, be to, paskelbė menkus savo eksperimentų, kurių metu neįvyko jokių reakcijų, rezultatus, tačiau nesiryžo daryti platesnių išvadų ir rizikuoti skelbdami apie naujo elemento atradimą. Tokį sprendimą iš dalies nulėmė sveikas apdairumas, t. y. noras visų pirma viską išsiaiškinti iki galo, iš dalies – tuštybė. Juos buvo pasiekusi žinia, kad institutas „Smithsonian“ buvo įsteigęs 10 tūkst. JAV dolerių (šiandien tai atitiktų 275 tūkst. JAV dolerių) prizą už geriausią mokslinį darbą, kuriame būtų aprašytas originalus atradimas oro tyrimų srityje. Institutas norėjo gauti tik neskelbtus rezultatus, todėl mokslininkų duetas, norėdamas laimėti prizą, turėjo viešai neprasitarti apie savo atradimą.

Draudimas publikuoti atradimą žiniasklaidoje nereikšė, kad apie jį nebuvo galima pasakoti kolegoms mokslininkams. Pastarieji puikiai suprato, ką šie rezultatai reiškė, ir jiems tai nepatiko. Atmosferos chemikai jautė be galo didelę nuoskaudą: kaip jie visi galėjo pražiopsoti paslaptinę dują? (Jei, kaip teigė mokslininkų duetas, X dujos sudaro 1 proc. atmosferos, tuomet kiekvienas gyvas žmogus kasdien įkvepia trečdalį svaro šių dujų.) Dar blogiau buvo tai, kad jei Ramzis ir Reilis tikrai atrado naują elementą,

kurį kai kurie mokslininkai ėmė vadinti argonu (iš graikiško žodžio, reiškiančio „tingus“), šį elementą reikėjo įrašyti į periodinę elementų lentelę. Tačiau į kurią vietą? Remdamasis argono tankiu, Reilis apskaičiavo, kad jo atominė masė lygi 40. Tačiau tai reiškė, kad šios dujos turėtų būti įrašytos greta chloro ir kalio – reaktyvumu pagarsėjusių elementų. Tokia mintis neatrodė protinga. Galiausiai šiuo klausimu pasisakęs periodinės elementų lentelės tėvas Dmitrijus Mendelejevas argono atradimą pavadino kvailyste ir teigė, kad mokslininkai iš tiesų sukūrė dujas N_3 .

1895 m. sausį, įveikę 218 konkurso dalyvių, Ramzis ir Reilis laimėjo instituto „Smithsonian“ įsteigtą prizą. Tačiau tai buvo Pyro pergalė, nes per tą laiką, kol jie tylėjo, tarp mokslininkų įsigalėjo dar stipresnis nusistatymas prieš galimą jų atradimą. Vienas kritikas argoną pavadino „cheminiu monstru, netikėtai ir nelauktai tarsi gegutė išiveržusiu į laimingą elementų šeimą“. Periodinė elementų lentelė tapo tokia svarbia chemijos mokslo dalimi, jog bet kas, kas kėlė grėsmę jos legitimumui, kėlė grėsmę visam chemijos mokslui. Reilis ir Ramzis galiausiai atsiprašė už jų sukeltą chaosą, tačiau neatsiėmė nė vieno savo žodžio.

Po kiek laiko Ramzis padarė naują atradimą, kuris dar labiau komplikavo padėtį. Jungtinėse Amerikos Valstijose keliais metais anksčiau vienas naivus geologas, dirbdamas su urano rūda, pastebėjo iš šios medžiagos besiveržiančius mažičius dujų burbuliukus. Šios dujos nereagavo su jokiais jam po ranka buvusiomis medžiagomis, todėl jis pavadino jas azotu ir prie šio reikalo nebegrižo. Paskelbus apie argono atradimą, apie šią istoriją Ramziui papasakojo jo draugas. Ramzis paėmė iš urano rūdos besiveržiančių dujų mėginį ir patvirtino, kad šios dujos nereagavo su jokiais medžiagomis, net ir tomis, kurios įprastai reagavo su azotu. Tada jis žengė dar vieną žingsnį ir pademonstravo, kad šios dujos sveria gerokai mažiau nei argonas, o tai reiškė, kad Ramzis atrado dar vieną naują elementą ir pavadino jį kriptonu (nuo graikiško žodžio „kryptos“, reiškiančio „slaptas“ arba „paslaptis“). Bet kai šį mėginį jis išsiuntė kitam mokslininkui, kad šis patvirtintų atradimą, teko nustebti pačiam Ramziui. Dar XIX a. septintajame dešimtmetyje astronomai mėgino išskaidyti saulės šviesą į atskiras sudėtines spalvas. Tarp šių spalvų jie pastebėjo keistas geltonos ir žalios, o kartais ir raudonos spalvos juostas, kurias priskyrė nežinomam elementui. Pakaitinus Ramzio atrastas dujas, atsirado tokių pat spalvų juostos.

Kitaip tariant, Ramzis iš naujo atrado šį „saulės“ elementą Žemėje. Kadangi ankstesnės kartos mokslininkai jau buvo pavadinę šį elementą, Ramzis atidavė duoklę šiam precedentui ir pavadino šias dujas „helium“.*

Helis dar labiau apsunkino argono atradimo problemą, nes dabar chemikai harmoningame lizde – periodinėje elementų lentelėje – turėjo rasti vietos dviem gegutėms. Nors keletą drąsesnių mokslininkų pasiūlė periodinę elementų lentelę papildyti nauju, vien tik dujoms skirtu, stulpeliu, į kurį būtų galima įrašyti naujas dujas, Mendelejevui ši idėja nepatiko. Periodinė elementų lentelė ženklino svarbiausią proveržį per visą chemijos mokslo istoriją. Šimtai mokslininkų praleido milijonus valandų ją tobulindami. O dabar dėl kažkokių nelemų dviejų britų jie turėjo viską perdaryti ir į lentelę įterpti naują stulpelį? Dar ko!

Tačiau Ramziui patiko naujo stulpelio idėja: iš dalies dėl to, kad tai reiškė, jog egzistavo ir daugiau šių sunkiai aptinkamų dujų rūšių. Norėdamas patikrinti šį spėjimą, 1898 m. jis su savo padėjėjais ėmėsi gryninti 1 600 litrų oro mėginį – pašalinti iš jo deguonį, azotą ir kitus komponentus, kol mėginyje liko tik nereaktyvios dujos. Tada jie atvėsino likusias dujas iki keleto šimtų laipsnių, kol jos įgavo skystą formą. Jie žinojo, kad šį skystį daugiausia sudaro argonas, tačiau jeigu mėginyje buvo ir kitų elementų, juos „sužvejoti“ galėjo lėtai kaitindami šį mėginį. Kaip jau spėjome įsitikinti anksčiau, įvairios skystyje esančios medžiagos išgarinamos skirtingu tempu, esant skirtingai temperatūrai. Ir tikrai: skysčio temperatūrai artėjant link kambario temperatūros, buvo išgaautos trys naujos dujos. Vienas dujas jis pavadino jau anksčiau sugalvotu – kriptonu – pavadinimu. Kitas dujas – ksenonu (nuo graikiško žodžio, reiškiančio „nepažįstamasis“). (Keleto iš šių dujų pavadinimai kiek įžeidžiami.) Apie trečiųjų dujų atradimą Ramzis pranešė šeimai vienos vakarienės metu. Į pokalbį įsiterpęs jo dešimtmetis sūnus Vilis (Willie) drąsiai pasiūlė šias dujas pavadinti „novum“, lotynų kalba – „naujos“. Tėvas visą naktį apie tai galvojo, kol galiausiai nusprendė, kad pavadinimas turėtų nuosekliai derėti prie kitų graikiškos darybos žodžių, taigi apsistojo ties kompromisiniu variantu, pakrikštijęs šias dujas „neonu“.

Turbūt pamanėte, kad penkios „gegutės“ – dar blogiau nei dvi, tačiau klystate. Susidūrus su penkių rūšių nereaktyviomis dujomis – argonu, heliumu, neonu, kriptonu ir ksenonu – chemikams pasirodė daug priimtinau

periodinėje elementų lentelėje įterpti naują, vien tik dujoms skirtą, stulpelį. (Praėjus metams mokslininkai rado šiam stulpeliui tinkamą šeštąją dujų rūšį – radoną. Tada, ištyrinėjęs šiam elementui būdingą šviesos spektrą, Ramzis patvirtino, kad radonas išties egzistuoja. Tai reiškė, kad Ramzis prisidėjo prie visų žinomų tauriųjų dujų atradimo,* o tai buvo išties beprecedentis pasiekimas.) Tiesą sakant, dauguma chemikų į šį naująjį stulpelį žvelgė tarsi į getą, į kurį jie nutrenkdavo visas problemiškas dujas ir apie jas pamiršdavo. Vis dėlto ilgainiui dauguma mokslininkų ėmė šias dujas vertinti. Net ir kaprizingojo Mendelejevo veide atsirado šypsena.* Šiandien šios dujos pagarbiai vadinamos „tauriosiomis“, nes jos nesiteikia reaguoti su kitais elementais. Jos visiškai pasitenkina atskalūniška egzistencija ir visiškai nereaguodamos į kitus atomus neįtikėtinais sėkmingai paklūsta tobulam idealiųjų dujų dėsniui.

1904 m. Ramzis galiausiai buvo apdovanotas viena iš naujai įsteigtų Alfredo Nobelio chemijos premijų ir tapo tikra mokslo pasaulio įžymybe. Duodamas interviu savo sėkmę jis kukliai pateisino savo riebiais nykščiais, mat šie padėjo jam užkimšti stiklinius vamzdelius, kai savo laboratorijoje tauriasias dujas turėjo perkelti iš vieno indo į kitą. Jis taip pat pridūrė, kad tokią sėkmę jam pasiekti padėjo rankų miklumas, kurį išlavino sukdamas papirosus. (Pirktines cigaretes jis niekinamai apibūdino kaip „nevertas eksperimentatoriaus dėmesio.“) Galiausiai įprotis rūkyti atsiliepė jo sveikatai – XX a. antrajame dešimtmetyje mokslininkas susirgo nosiaryklės vėžiu. Silpstant sveikatai, jį apsėdo Pirmojo pasaulinio karo tema ir menamas civilizacijos žlugimas. Mokslininkas pradėjo rašyti vokiečių mokslininkams adresuotus neapykantos kupinus laiškus, kurie buvo paskelbti Londono laikraštyje „The Times“. (Gėdą dėl tokio mokslininko elgesio jausdami draugai jo apsėstumą Vokietija paaiškino vėžio sukkelto skausmo nulemtu laikinu pamišimu.) Ramzis mirė 1916 m. su tulžies kupina širdimi, sugniuždytas minties, kad žmonių elgesys retai toks idealus, kaip jo atrastos dujos.

1904 m. Reilis už argono atradimą pelnė Nobelio fizikos premiją. Šis apdovanojimas turėjo papildyti Ramzio chemijos premiją, tačiau visų egzotiškų Ramzio atrastų dujų fone Reilio premija atrodė antraeilė. Turbūt jums įdomu, kuo visą tą dešimtmetį Reilis užsiėmė. Nejaugi tiesiog sėdėjo sudėjęs rankas, kol Ramzis perrašinėjo periodinę elementų lentelę? Anaip-

tol. Pakludamas savo pašaukimui, Reilis galiausiai padarė puikų fizikinį atradimą, pagaliau, po tūkstantmečius trukusių spekuliacijų, išsiaiškinęs, kodėl dangus mėlynas.

Iki XX a. filosofai ir protomokslo atstovai dangaus mėlynumą aiškino įvairiai. Kai kurie teigė, kad mėlyna spalva buvo tarsi kompromisinis spalvos variantas – nakties dangui būdingos tamsiai mėlynos ir saulės geltonumo spalvos mišinys. Kiti šią spalvą aiškino ore sklindančiais ledo kristalais. Treti kėlė teorijas apie tokius egzotiškus veiksnius kaip ozono fluorescencija arba mikroskopinius burbulus. Aiškindamas mėlyną dangaus spalvą, Reilis teigė, kad ją lemia ore esančios nežinomos dalelės, kurios išskaido saulės šviesą. Šiuo atveju taip pat suveikia painūs fizikos dėsniai, tačiau svarbu paminėti tai, kad trumpesnių bangų šviesa išskaidoma (nukreipiamą) labiau nei ilgesnių bangų šviesa. Konkrečiai kalbant, mėlyna šviesa, kurios bangos trumpesnės už praktiškai bet kurios kitos vaivorykštės spalvos, išskaidoma daug lengviau nei raudona arba oranžinė šviesa.

Toliau paaiškinsime, kaip toks išskaidymas lemia mėlyną spalvą. Įsivaizduokite, kad lauke gulite ant patiesalo ir žvelgiate į praplaukiančius debesis. Tuo tarpu Žemę pasiekia tam tikras kiekis saulės išspinduliuotos baltos šviesos. Šią „baltą šviesą“ iš tiesų sudaro keletas skirtingų šviesos spektro spalvų (tarp jų ir mėlyna), kurios viena su kita persikloja. Pagal Reilio teoriją labiau tikėtina, kad bus išskaidyta ir nukreipta būtent mėlyna, o ne bet kokia kita spalva. Po to, kai taip įvyksta, mėlyna šviesa gali sklirti bet kokia kryptimi. Ji gali nutolti septyniolika mylių nuo jūsų buvimo vietos. Ji gali būti nukreipta aukštyn ir nusklisti kosmoso link. Tačiau tam tikras mėlynos šviesos kiekis bus nukreiptas iš dangaus į jūsų akies vyzdį. Žinoma, į jus gali būti nukreiptas ir tam tikras raudonos (geltonos ar žalios) šviesos kiekis. Tačiau tas kiekis bus gerokai mažesnis už mėlynos šviesos. Bet kokiame viename dangaus taške vyrauja mėlyna šviesa. Padauginkite tą tašką iš trilijonų kitų taškų ir gausite nuostabų žydrą dangų.

(Spalvų teorijos žinovai šioje vietoje gali pakelti antakį. Juk violetinės spalvos bangos ilgis dar trumpesnis nei mėlynos. Taigi, remiantis pirmiau išdėstytais samprotavimais, dangus turėtų būti mėlynai violetinis! Galbūt tokia mintis atrodo logiška, tačiau neatsižvelgiama į keletą kitų veiksnių. Saulė išspinduliuoja daugiau mėlynos nei violetinės šviesos, taigi išskaidoma daugiau mėlynos šviesos. Be to, mūsų tinklainėje esančios kūginės

ląstelės ne taip lengvai atskiria ir aptinka violetinę spalvą. Taigi išsamus dangaus mėlynumo paaiškinimas remiasi ne tik Reilio iškelta šviesos išskaidymo teorija, bet ir saulės šviesos spektru bei mūsų akių sandara.)

Didžiąją dalį šio paaiškinimo Reilis išdėstė 1871 m., kai dėl santuokos paliko Kembridžo universitetą. Tačiau pateikęs šį paaiškinimą, jis neįsigilino į vieną esminį dalyką: šviesą išskaidančių dalelių kilmę. Ar tai buvo dulkės, ledas, ar ore esančių mikrobų spiečiai? Reilis teigė, kad tai buvo druskos kristalai, tačiau niekas negalėjo tiksliai pasakyti, kaip yra iš tiesų.

Užuomina, kaip įminti šią mįslę, pirmą kartą pasirodė laiške, kurį Reiliui 1873 m. atsiuntė fizikas Džeimsas Klarkas Maksvelas (James Clerk Maxwell). Tuo metu Maksvelas atostogavo šiaurės rytų Indijoje ir vieną popietę buvo praleidęs viešbučio terasoje žvelgdamas į Himalajus. Jis netgi galėjo matyti už šimtų mylių stūksantį Everesto kalną. Fizikas buvo apstulbintas oro skaidrumo, ir jam kilo klausimas, kodėl dujų molekulės, esančios tarp jo ir Everesto, nesugėrė visos šviesos. Jei Maksvelas būtų geriau pagalvojęs, tikrai būtų radęs atsakymą į šį klausimą. Jis buvo pripažintas fizikas, neseniai perrašė termodinamikos dėsnius ir šviesos teoriją. Tačiau kad pradėtų gilintis į šį klausimą, mokslininkas po ranka neturėjo fizikos vadovėlių ir savo laiške pripažino, kad tą dieną jį buvo apėmęs tingulys, taigi šią užduotį perleido Reiliui.

Reilis neskubėjo gilintis į šį klausimą – prireikė net ketvirčio amžiaus, kad į jį atsakytų. Per tą laiką šį pasaulį paliko pats Maksvelas. 1899 m. Reilis galiausiai atliko reikiamus skaičiavimus ir priėjo prie išvados, jog oro molekulės yra tobulo dydžio, kad galėtų išskaidyti regimąją šviesą. Taigi ją išskaidė visai ne tokios priemonės kaip dulkės, druska ar burbulai. Pats Reilis pareiškė taip: „Net jei ore nebūtų pašalinių dalelių, dangus vis tiek būtų mėlynas.“ Taigi dangaus skliautas mėlyna spalva nusidažo vien dėl azoto, deguonies ir argono dujų*. Reilis niekada to nebūtų išsiaiškinęs, jei jo senas draugas Maksvelas nebūtų vieną tingią popietę žvelgęs į Everesto kalną – labiausiai prie dangaus priartėjantį Žemės paviršiaus tašką.

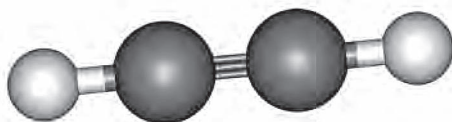
*

XVIII a. devintajame dešimtmetyje chemikai išpildė turbūt seniausią žmonijos svajonę – išsivaduoti iš gravitacijos pančių ir pakilti į orą. Praėjus dar šimtmečiui fizikas įminė vieną seniausių žmonijos mįslių atsakęs į klau-

simą, kodėl dangus mėlynas. Taigi galima suprasti, kodėl XX a. mokslininkai buvo labai geros nuomonės apie save ir manėsi viską žinantys apie orą. Tokių chemikų kaip Pristlis ir Ramzis dėka jie jau buvo išsiaiškinę pagrindinius orą sudarančius komponentus. Pritaikę idealiųjų dujų dėsni, jie sužinojo, kaip oras reaguoja į kone visus galimus temperatūros ir slėgio svyravimus. Šarlio, Gei-Liusako ir kitų oreivių pastangomis mokslininkai pagaliau galėjo sužinoti, kaip oras atrodo kelių mylių aukštyje. Žinoma, vis dar buvo tam tikrų palaidų galų, ypač atomo fizikos ir meteorologijos srityse. Tačiau tam, kad rastų atsakymus į šiuos klausimus, mokslininkams reikėjo tik apibendrinti turimus dujų dėsnius. Turbūt jie jautė, kad tuoj galės atskleisti visas pasaulio paslaptis.

Tačiau viskas pakrypo kiek netikėta linkme. Mėgindami surišti tuos palaidus galus, mokslininkai ne tik susidūrė su sunkumais, bet ir beviltiškai mėgindami suvokti, kas aplink juos vyksta, galiausiai turėjo suformuluoti visiškai naujus gamtos dėsnius. Atomo fizika, žinoma, davė pradžią absurdiškiems kvantinės mechanikos dėsniams ir privedė prie branduolinio karo baisių. Nors ir sunku tuo patikėti, bet būtent viena iš nuobodžiausių mokslo šakų – meteorologija – pagimdė chaoso teoriją, kuri tapo vienu svarbiausių ir labiausiai gluminančių dvidešimtojo amžiaus minties aspektų.

INTARPAS. Nakties šviesos



Acetileno (C_2H_2) koncentracija atmosferoje siekia nuo 0,0001 iki 0,001 milijonosios dalies (miestuose gali būti ir daugiau); kiekvienu įkvėpimu įtraukiate nuo vieno iki dešimties milijardų jo molekulių.



Vandenilio (H_2) koncentracija atmosferoje siekia 0,55 milijonosios dalelės; kiekvienu įkvėpimu įtraukiate septynis kvadrilijonus jo molekulių.

Negalime baigti temos apie tauriąsias dujas trumpai neapžvelgę jų išymiojo pritaikymo būdo – vadinamųjų neoninių lempų. Tiesą sakant, neoninės lempos susijusios su platesne istorija apie šviesą ir dujas. Kadangi tokios dujos kaip garai tapo varomąja pramonės revoliucijos jėga, dujos (pvz., metanas ir acetilenas) atliko ne ką mažesnę vaidmenį: jos šią revoliuciją įžiebė. Vienas istorikas tokias šviesos šaltiniu galinčias tapti dujas bei garus pavadino „dviem pagrindinėmis istorijos varomosiomis jėgomis“.

Šioje vietoje reiktų pateikti platesnį kontekstą. Žozefo Pristlio „Pilnates draugijos“ nariai rinkdavosi pirmadieniais, kai mėnulis būdavo arčiausiai pilnates, nes tik šviečiant mėnulio šviesai draugijos nariai galėdavo rasti kelią namo. Tačiau Pristlio karta buvo kone paskutinė, kuriai reikėjo

rūpintis tokiomis problemomis. XVIII a. mokslininkų atrastos kelių rūšių dujos turėjo tokį potencialą tapti ryškiu šviesos šaltiniu, kad per pusę amžiaus nuo Pristlio mirties 1804 m. dujinis apšvietimas Europoje tapo norma. Nors istorija labiausiai akcentuoja Edisono lemputę, iš tiesų šiuolaikiniame pasaulyje tamsą pirmą kartą įveikti padėjo būtent anglių dujos.

Žinoma, dirbinės šviesos šaltiniais (laužais, žvakėmis, žibalinėmis lempomis) žmonės naudojo dar iki XIX a. Vis dėlto, kad ir kaip romantiškai šiandien atrodytų laužai ar vakarienė žvakių šviesoje, iš tiesų tai labai prasti šviesos šaltiniai. Tai ypač pasakytina apie žvakes, skleidžiančias itin blyškią ir silpną šviesą, kuri, kaip pajuokavo vienas istorikas, davė ne itin daug naudos, nebent „dar labiau paryškino šviesą“. (To meto prancūziškas posakis tokį požiūrį atskleidė kiek kitu kampu: „Prie žvakių šviesos ir ožka atrodo kaip ledi.“) Tačiau ne visi galėjo sau leisti kasdien naudoti žvakes – įsivaizduokite, jei kas kelintą naktį turėtumėte pakeisti visas jūsų namuose esančias lemputes. Didesni namų ūkiai ar įmonės per metus galėdavo sunaudoti net 2 500 žvakių. Negana to, žvakės skleidavo kenksmingus dūmus, be to, pakakdavo užkliudyti vos vieną žvakę, kad šiai nuvirtus namuose arba gamykloje kiltų gaisras.

Žvelgiant retrospektyviai, anglių dujos atrodė neabejotinai geriausias šių problemų sprendimas. Anglių dujos yra heterogeniškas metano, vandenilio ir kitų dujų, susidarančių lėtai degant anglims, mišinys. Tiek metanas, tiek vandenilis ryškiai dega ir pavieniui, o deginami kartu jie skleidžia keliolika kartų ryškesnę šviesą nei žvakės. Tačiau kaip ir juoko dujas, anglių dujas žmonės traktavo kaip paprasčiausią keistenybę. Verteivos už pusę penso įleisdavo minias žmonių į tamsias patalpas ir stebindavo juos dujų pirotechika. Ryški šviesa nebuvo vienintelis išpūdį daręs dalykas. Kadangi šiems pasirodymams nereikėjo naudoti dagčių, anglių dujų liepsnos galėjo nepaklusti traukos jėgai ir šokinėti į šonus ar iš viršaus į apačią. Kai kurie šoumenai naudodavo net kelias skirtingas liepsnas formuodami gėlių ar gyvūnų figūras, panašiai, kaip tai daroma su balionais.

Pamažu žmonės suprato, kad anglių dujos gali tapti puikiu vidaus apšvietimo šaltiniu. Dujos tapo stabilia ir švaria apšvietimo priemone. Dujų skleidžiama šviesa nemirgėjo ir neskleidė dūmų taip, kaip žvakės, be to, dujų žibintus buvo galima pritvirtinti prie sienų, taigi sumažėjo gaisro tikimybė. Ekscentriškas inžinierius Viljamas Merdokas (tas pats žmogus,

kuris Džeimso Vato gamykloje išrado garo lokomotyvą prieš Vatui paliepiant jo nenaudoti) 1792 m. savo namuose Birmingame įsirengė pirmąją pasaulyje dujinio apšvietimo sistemą. Tai padarė nemažą įspūdį keliems vietiniams verslininkams, taigi jie nusprendė tokį apšvietimą įvesti savo gamyklose.

Sekdama šių pirmųjų dujinio apšvietimo entuziastų pavyzdžiu miestų valdžia anglių dujas pradėjo naudoti gatvėms ir tiltams apšviesti. Miestai įprastai šias dujas laikė milžiniškose cisternose (kurios buvo vadinamos gazometrais) ir tiekė jas požeminiais dujotiekio vamzdžiais, kuriuos galima palyginti su dabartiniais vandentiekio vamzdžiais. Vien Londono gatvėse 1823 m. jau buvo įrengta keturiasdešimt tūkstančių dujinių žibintų. Londono pavyzdžiu pasekė ir kiti Europos miestai. (Juk Paryžius nenorėjo, kad „šviesos miesto“ titulas atitektų Londonui.) Pirmą kartą istorijoje žmonių gyvenvietės naktį buvo matomos iš kosmoso.

Toliau savo eilės laukė visuomeniniai pastatai, įskaitant geležinkelio stotis, bažnyčias ir ypač teatrus, kuriems dujinis apšvietimas atvėrė daugiau galimybių nei bet kokiai kitai įstaigai. Turėdami stipresnį apšvietimą, teatro režisieriai galėjo leisti aktoriams judėti į scenos gilumą, taip padidinant judesių gylį. Su šiuo apšvietimu susijusi technologija, vadinama ramos šviesa (sukuriama per degančias negesintas kalkes leidžiant deguonies ir vandenilio srautus) suteikė dar ryškesnį apšvietimą ir davė pradžią pirmiesiems teatriniais prožektoriams. Kadangi dabar žiūrovai galėjo aiškiai matyti aktorius, pastariesiems nebereikėjo tiek daug grimo, o jų gestai tapo realistiškesni ir ne tokie dramatiški.

XIX a. viduryje net ir Anglijos kaimuose jau buvo nutiestos šalutinės dujotiekių linijos. Pigaus, patikimo apšvietimo įsigalėjimas lėmė tam tikrus pokyčius ir pačioje visuomenėje. Sumažėjo nusikalstamumas, nes banditai ir vagys nebegalėjo prisidengti tamsa. Pailgėjus smuklių ir restoranų darbo laikui, suklestėjo naktinis gyvenimas. Gamyklos įvedė pastovias darbo valandas, nes žiemos sezonu nebereikėjo užsidaryti vos nusileidus saulei. Kai kurie gamintojai nepaliovė prekių gaminę net ir naktį.

Kitos rūšies dujos davė pradžią pirmiesiems stabiliems nešiojamiesiems žibintams. 1836 m. Hamfrio Deivio pusbrolis Edmundas atrado acetileną – trivalente jungtimi sujungtų vandenilio ir anglies (C_2H_2) junginį, sudarytą iš standžiai suręstų kaisčio pavidalo molekulių. Ši neįtikėtina in-

tensyviai deganti medžiaga buvo greitai pradėta naudoti gatvių žibintams, plūdūrams ir švyturiams. Verslininkai ėmė gaminti patogius nešiojamus acetileno žibintus, kurie ypač pravertė kasyklų šachtoms ir urvams apšviesti. Vėliau acetilenas pradėtas naudoti dviračių ir automobilių (įskaitant ir garsųjį T modelį) priekiniams žibintams, nepaisant vieno specifinio savo šalutinio poveikio. Daugelyje lempų ir žibintų acetilenas susidarė vandeniui lašant ant lūžaus pilko mineralo – kalcio karbido (CaC_2). Garuojantis acetilenas neskleidė jokio kvapo, tačiau tam tikri šio proceso metu susidarę šalutiniai produktai trenkė česnaku. Nors dujinis apšvietimas buvo pranašesnis už žvakes, tai toli gražu nebuvo tobula technologija. Anglių dujos kartais išskirdavo įvairius šalutinius produktus, tokius kaip amonias ir siera. Nuo pastarųjų žmonės pasijusdavo blogai. Intensyvios liepsnos dažnai išdegindavo visą patalpoje buvusį deguonį. Dėl šios priežasties teatre vakarą praleidę žiūrovai grįždavo namo skaudama galva. Kartais dujų žibintai sprogdavo ir patalpoje buvę žmonės uždusdavo. Šioje vietoje verta prisiminti garsiąją filosofo Frydricho Šilerio (Friedrich Schiller) frazę, kai įsigalinčią dujotiekio sistemą jis palygino su lėtu būdu nusižudyti. Tokia „reklama“ nesustiprino ir taip šlubuojančios dujinio apšvietimo reputacijos.

XX a. pradžioje daugelis miestų dujinį apšvietimą ėmė keisti lemputėmis, kurios neskleidė jokio kvapo, neišdegino deguonies ir užtikrino ryškesnę šviesą. Be to, lemputės atrodė moderniau. Tai buvo logiškas pažangos žingsnis: anglis teikė gryną ugnį be medžio ir dūmų; lemputės teikė gryną šviesą net ir be ugnies. Vis dėlto lempučių gamintojai visiškai neatsisakė dujų. Daugelyje lempučių yra plonas metalinis siūlelis (įprastai gaminamas iš volframo). Per metalą tekanti elektra priverčia šį siūlelį ne tik švytėti, bet ir jį įkaitina, o aplinkoje, kurioje yra deguonies, karštas metalas pradeda degti. Norėdami išspręsti šią problemą, gamintojai sugalvojo iš lempučių pašalinti visą orą, viduje palikdami vakuumą. Tačiau išsprendus vieną problemą atsirado kita, mat esant itin žemam slėgiui įkaitęs metalinis siūlelis pamažu išgaruodavo ir dėl to lemputės vidus imdavo juoduoti. Dėl šios priežasties šiandien gaminant lemputes pirmiausia iš jų pašalinamas deguonis, o tada jos pripildomos azoto ar kitų inertinių dujų.

Lemputės pašalino ugnį, o kai kurios šiuolaikinės apšvietimo sistemos žengė vienu žingsniu toliau – pašalino siūlelį. Kaip pavyzdį galime pa-

minėti garų apšvietimą – pagrindinį gelsvų natrio gatvių žibintų veikimo principą. Garų apšvietimas skiriasi nuo devynioliktojo amžiaus dujinio apšvietimo, nes dujiniam apšvietimui reikėjo cheminės reakcijos: suirus vidiniams molekuliniams metano ir vandenilio ryšiams išsiskirdavo karštis bei šiluma ir šio proceso metu susidarydavo naujos medžiagos. Garų apšvietimui nereikia, kad būtų suardyti molekuliniai ryšiai, ir šio proceso metu naujos medžiagos nesusidaro. Garų apšvietimas paremtas tokiu principu: per natrio dujų atomus tekanti elektra šiuos atomus sužadina. Konkrečiau kalbant, sužadinti natrio atomuose esantys elektronai persoka į aukštesnę orbitale, o tada vėl grįžta į nesužadintą būseną. Vykstant šiam sužadinimui ir grįžimui į nesužadintą būseną, išskiriami šviesos fotonai, kurie sklinda tolyn į išorę ir pasiekia mūsų akis, taigi neleidžia mums einant įvirsti į duobę.

Neoninės lempos skleidžia šviesą dėl tokio paties elektronų sužadinimo proceso. Norėdami pasigaminti neoninę lempą, galite naudoti bet kurias iš šešių tauriųjų dujų, priklausomai nuo to, kokios spalvos šviesą norite išgauti. Paprasčiausiai pripildykite vamzdelį kriptono, ksenono ar kitų dujų ir leiskite per jas tekėti elektros srovei, tik nepamirškite saugoti savo akis. Žemų temperatūrų bandymuose besispecializavęs prancūzų chemikas Žoržas Klodas (Georges Claude) savo sukurtą pirmąją neoninę reklamą iškabą 1912 m. pardavė Paryžiaus barzdaskučiu. Vėliau tokią pat iškabą ant stogo įsirengė vermuto gamintojas. Po to chemikas gavo užsakymą apšviesti Paryžiaus operos rūmų vestibulį, o tada pasipylė galybė kitų užsakymų. Tačiau neoninis apšvietimas išpopuliarėjo ne iškart: XX a. trečiajame dešimtmetyje Klodas vos nebankrutavo. Vis dėlto prieš mirtį 1960 m. jau jis buvo spėjęs susikrauti didžiulius turtus. Stebina tai, kad didelės dalies pirmųjų kompiuterių ir skaičiavimo mašinų ekranai buvo apšviesti neonine šviesa, nes toks apšvietimas reikalavo mažiau energijos nei tradicinės lemputės, be to, neoninės lempos taip lengvai neperkaisdavo.

Apšvietimui dar netapus nuolatinis žmonių palydovu, dirbtinė šviesa kartais buvo vadinama „skolinta šviesa“. Toks apibūdinimas šiandien skamba keistokai, tarsi būtų reikėję pavogti dalelę saulės šviesos ir ją paslapčia įsinešti į tamsą. Dabar labiau sukame galvą, kaip naktimis pabėgti nuo šviesos. Piktinamės kalbėdami apie šviesos taršą, kuri trukdo gėrė-

tis žvaigždėmis, ir keiksnojame už lango stovinčius gatvės žibintus, kurių skleidžiama šviesa trikdo ramų nakties miegą. Toks istorijos posūkis būtų ištis pribloškęs mūsų protėvius: šiuolaikiniame pasaulyje pati tamsa tapo branginama vertybe.

III. RIBOS

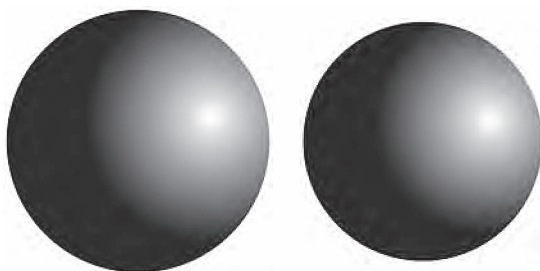
NAUJIEJI DANGŪS

Jei 1600-aisiais gyvenę žmonės būtų perkelti į XVIII amžiaus pradžią, pasaulis jiems neatrodytų neatpažįstamai pasikeitęs. Netgi XIX amžiaus pradžios pasaulis jiems tikriausiai nebūtų visiškai svetimas. Tačiau persikėlus dar šimtą metų į priekį, į XX amžiaus pradžią, jiems iš nuostabos atviptų žandikaulis. Į dangų kylantys dangoraižiai, prekybos ir kelionių perversmą sukėlę garlaiviai, netgi pasikeitęs dienos ir nakties laiko atskyrimas – pagrindinis žmogaus gyvenimo tvarkos principas. Dujų poveikis kiekvienos iš šių sričių pažangai buvo didžiulis. Tai reiškia, kad oras suformavo ne tik mūsų biologiją, bet ir žmonių civilizaciją.

Per kelis pastaruosius dešimtmečius žmonių ir oro santykis dar kartą pasikeitė. Oras, kuriuo kvėpavo tie žmonės iš 1600-ųjų, nebuvo toks pat, koku kvėpuojame šiandien – pramonės pažanga pakeitė jo cheminę sudėtį. O mūsų suvokimas apie jį pasikeitė dar labiau – tik visai neseniai mokslininkai įvertino, kokia sudėtinga mūsų atmosfera, savo painumu ir trapumu nenusileidžianti žmogaus smegenims. Iki šiol šioje knygoje kalbėjome, kaip atmosfera paveikė žmones. Dabar pažvelgsime priešinga kryptimi – kaip mes, žmonės, paveikėme atmosferą.

SEPTINTAS SKYRIUS

RADIOAKTYVIŲJŲ DULKIŲ PASEKMĖS



Jodas-131 (I) ir stroncis-90 (Sr) – šiuo metu ore jų yra nulis dalių iš milijono (jei jums pasisekė).

Pamatyti Pietų Ramiajame vandenyne plaukiojančią kiaušę buvo keista. O mariose ją pastebėjusiems jūreiviams šis vaizdas turėjo būti dar siurrealesnis – juk jie ką tik ten buvo susprogdinę branduolinę bombą. Ne taip kaip apie itin slaptą „Manhatano projektą“, JAV karinės pajėgos ištisus mėnesius gyrėsi apie operaciją „Kryžkelės“ (*Crossroads*). 1946 metų liepą vykdyta ir 100 milijonų JAV dolerių (šiandienos atitikmuo – 1,2 milijardo dolerių) kainavusi operacija buvo lig tol didžiausias mokslinis eksperimentas, nors žodis „eksperimentas“ reiškia tam tikrą rafinuotumą, kurio šiuo atveju nebuvo. Iš esmės, karinis jūrų laivynas ketino numesti atominę bombą ant devyniasdešimties laivų flotilės ir pasižiūrėti, kas bus. Opera-



Operacijos „Kryžkelės“ metu radioaktyvių dulkių
ir radiacijos paveiktos ožkos ir žiurkės.

(NUOTRAUKA IŠ „GETTY IMAGES“)

cijai koordinuoti prireikė 42 000 jūreivių, 25 000 radiacijos detektorių ir maždaug 460 000 metrų vaizdajuostės (pusės tuo metu pasaulyje buvusio kiekio) duomenims užfiksuoti. Operacija vyko Bikinio atole – koralinių salų žiede apie 4 200 kilometrų į pietvakarius nuo Havajų. Tikras rojus.

Ankstesniais metais karinis jūrų laivynas buvo perėmęs keletą Vokietijos ir Japonijos karinių laivų, įskaitant nekenčiamąjį „Nagato“ – Perl Harboro antpuoliui vadovavusį laivą. Tačiau eksperimento flotilėje buvo ir amerikiečių laivų, kovojusių svarbiose operacijose, pavyzdžiui „USS New York“ ir „USS Pensylvania“. (Tiesa, pareigūnai iš visų laivų paėmė varpus ir sentimentalią vertę turėjusius arbatos servizus. Merginų plakatus paliko.) Kilus visuomenės protestams, įsikišęs Kongresas amerikiečių laivų skaičių sumažino iki trisdešimt trijų, tačiau povandeninių, karo laivų ir drednotų flotilė Bikinio mariose vis tiek būtų buvusi penktas pagal dydį karinis laivynas pasaulyje.

Dar kontroversiškesni dalykai prasidėjo 1946 metų pavasarį. Pirma, JAV karinės pajėgos iškeldino visus 167-is vietinius Bikinio salos gyventojus. Salos karinis gubernatorius akiplėšiškai aiškino, kad jiems pasisekė, ir palygino tai su izraelitų išlaisvinimu iš Egipto vergovės ir nuvedimu į Pažadėtąją žemę. (Spėkite, kas buvo Mozė...) Antra, tęsiant bibliniais motyvais, kariškiai į Bikinio salas atgabeno visą Nojaus laivą gyvūnų ir patalpino juos laivuose taikiniuose, siekdami ištirti atominės bombos biologinį poveikį. Apie tai paskelbus, JAV vyriausybę užplūdo keli tūkstančiai piktų laišku. Devyniasdešimt žmonių net pasisiūlė užimti gyvūnų vietą, tarp jų rašytojas E. B. Vaitas (White) ir San Kventino kalnys, teigęs, kad nori visuomenei padaryti ką nors gera. (Mažiau geraširdiški žmonės siūlė gyvūnus pakeisti karo belaisviais. Vietoj knygos „Eichmanas Jeruzalėje“ (*Eichmann in Jerusalem*) turėtume „Eichmaną Bikinyje“, kas skambėtų ne taip rezonuojančiai.) Kariuomenė sutiko nenaudoti šunų, tačiau atgabeno 5 000 žiurkių, 204 ožkas, 200 kiaulių ir kitokių gyvūnų. Kad eksperimentas būtų realistiškesnis, jo išvakarėse mokslininkai didesnius gyvūnus aprenge karinėmis uniformomis ir nukirpo jų kailį ar šerius iki žmogiško ilgio. Kiaulės buvo pasirinktos todėl, kad jų organai panašūs į žmonių, o kai kurios ožkos buvo specialiai paveiktos* taip, kad būtų labiau linkusios į psichozinius epizodus; tai turėjo neva padėti įvertinti branduolinio karo psichologines pasekmes.

Didysis eksperimentas prasidėjo 1946 metų liepos 1 dieną. Likus kelioms minutėms iki pradžios, tūkstančiai jūreivių susirinko pagalbinių laivų deniuose. Pareigūnai liepė jiems nežiūrėti į sprogimą, tačiau, žinoma, visi žiūrėjo. Nuovokesni žiūrėjo dėl viso pikto užmerkę vieną akį. Populiariausias tą rytą sklandęs juokelis buvo, kad jei bomba sunaikins Bikinio atolą, jį bus galima pavadinti Nieko atolu¹⁵. Vis dėlto dauguma vyrų nervinosi. Per vienuolika mėnesių nuo Nagasakio nebuvo panaudoti jokie branduoliniai ginklai, ir visuomenės vaizduotėje „Bomba“ įgijo kone antgamtinę reikšmę.

Virš galvų pasirodžius bombonešiui B-29 „Dave’s Dream“, jūreiviams ėmė drebėti kinkos. Jis nešė branduolinį ginklą, kurį lakūnai praminė „Gilda“ pagal seksualiosios Ritos Heivord (Hayworth) vaidmenį neseniai

¹⁵ Žodžių žaismas – angliškai „Nieko atolas“ (*Nothing atoll*) skamba taip pat, kaip „visiškai nieko“ (*Nothing at all*).

pasirodžiusiame filme. (Oficialiai bombos bandymas buvo vadinamas „Able“ pagal A – „atominis“ – raidę.) Taikinys „USS Nevada“ stovėjo maždaug už 5,6 kilometro nuo Bikinio salos pakrantės, apsuptas pustuzinio kitų laivų. Laivas „Nevada“ buvo nudažytas ryškiai oranžine spalva, kad būtų lengviau pastebimas. Bombarduotojai vis tiek nepataikė. „Gilda“ sprogo apie 160 metrų virš vandens, kaip ir buvo numatyta, tačiau nukrito apie 600 metrų į šiaurės vakarus nuo laivo „Nevada“, netoli lėktuvnešio.

Sprogimo galia buvo apie 2,3 milijono kilogramų TNT ekvivalento. Vienakiai jūreiviai pamatė šviesos blyksnį ir pajuto, kad įkaito skruostai. Sprogimo garsas juos pasiekė tik po dviejų minučių. Gyvūnai laivuose tiek laiko neturėjo. Bomba sunaikino viską aplink ir sukėlė smūgio bangą, sklindančią 16 000 kilometrų per valandą greičiu. Daugelis gyvūnų žuvo nuo smūgio jėgos, o penki laivai, buvę maždaug 900 metrų atstumu nuo sprogimo vietos, ėmė skęsti. Visi tuose laivuose buvę gyvūnai įstrigo ir nuskendo kartu su laivais. Išskyrus vieną.

Kiaulė Nr. 311 – taip pavadinta pagal numerį ant ausies – buvo aprenpta uniforma ir užrakinta japonų kreiserio „Sagawa“, buvusio maždaug už 385 metrų nuo sprogimo vietos, vado kajutėje. Po sprogimo kreiseris atrodė lyg milžino bato sutraiškytas kulnas. Negana to, sprogimas praplėšė skylę šone ir laivas ėmė skęsti. Visame tame chaose kažkaip atsirakino tualetų durys. O kiaulė Nr. 311 kažkoku būdu išsinėrė iš uniformos ir, prasibrovusi pro nuolaužas, pliumptelėjo į marias. Kitą rytą žalos įvertinti išsiųstas patrulinis laivas (kam gi rūpi tos radioaktyvios dulkės?) rado ją „šuniuku“ beplaukiančią į krantą. Ji buvo šešių mėnesių amžiaus, balta su juodais lopais ir svėrė 23 kilogramus.

Nepaisant stebuklingo kiaulės išgelbėjimo, veterinarai neabejojo, kad ji neišgyvens.

Kiaulei pradėjo kristi svoris ir slinkti šeriai. Dar blogesnis ženklas buvo tas, kad sumažėjo kraujo kūnelių skaičius, mat radiacija sunaikina kaulų čiulpus, gaminančius naujus kraujo kūnelius. Spėjant pagal kitų radiacijos paveiktų gyvūnų simptomus, greičiausiai jai pradėjo tinti skrandis ir smegenys, atrofuotis kepenys – tai pati sunkiausia spindulinės ligos forma. Tačiau per kelias savaites jos būklė stabilizavosi. Šeriai ataugo, kraujo kūnelių skaičius nustojo kritęs ir ėmė kilti. Netrukus ji priaugo svorio,

atsistatė kitos gyvybinės funkcijos. Netrukus ji ir vėl atrodė kaip normali kiaulė.

Žinoma, kariškai džiaugėsi jos sveikimu. Valdininkai norėjo sumenkinti branduolinių ginklų grėsmę ir, vos tik kiaulė Nr. 311 vėl atrodė riebi ir laiminga, jie pradėjo pristatinėti ją kaip „tautos didvyrę“ – mažą paršėlį, kuris nepabūgo didelės baisios bombos. Visuomenė užkibo ant masalo. Žurnalas „Life“ išspausdino nuotraukų, o apžvalgininkas paskelbė ją „proto pergalės prieš materiją ir kaulienos pergalę prieš jas abi simboliu“. Netrukus jai buvo paskirtas puikus aptvaras Nacionaliniame zoologijos sode Vašingtone, kur jos pažiūrėti plūdo lankytojai iš visos šalies. Niekosau kiaulė.

Apie kiaulę Nr. 311 skleidžiamos propagandos tikslas buvo vienas – įtikinti visuomenę, kad branduoliniai ginklai saugūs. Ir didelė dalimi šis tikslas buvo pasiektas. Tiesa, dabar, žvelgdami atgal į branduolinį amžių, galvojame apie radioaktyvų pieną ir vaikus, mokomus slėptis po mokykliniais suolais. Tačiau mūsų pasibaisėjimas branduoliniais ginklais atsirado ne iš karto. XX amžiaus penktajame dešimtmetyje ir šeštojo pradžioje žmonės į juos žiūrėjo menkinančiai ir net pasijuokdavo. Užuo galvoję apie Hirosimą ir Nagasakį, jie tikriausiai galvodavo apie operaciją „Kryžkelės“ ir kiaulę Nr. 311. Iš tiesų – jei kiaulė gali išgyventi atominės bombos sprogimą, tai kiek baisi tėra ta bomba?

Toks ramus požiūris labai tiko JAV vyriausybės tikslui kuo greičiau išbandyti kuo daugiau branduolinių ginklų. Per kitus du dešimtmečius karinės pajėgos sugebėjo atlikti du šimtus bandymų, o su jų pasekmėmis gyvename iki šiol – net po šešiasdešimties metų vis dar įkvepiame šiek tiek tų sprogimų paskleistų radioaktyviųjų atomų.

*

„Manhatano projektas“ buvo ne tiek mokslinis proveržis*, kiek inžinerijos triumfas. Visi pagrindiniai fiziniai dalykai buvo išsiaiškinti dar prieš prasidedant karui, tad ištis didvyriškos pastangos buvo ne skaičiavimai ir atradimai, o tiesiog sunkus darbas. Pagalvokime apie urano gryninimą. Be kitų dalykų, darbininkai turėjo paversti daugiau kaip 9 000 kilogramų žaliavinės urano rūdos dujomis (urano heksafluoridu) ir tada kone po vieną atomą suspausti į 51 kilogramą skylančio urano-235. Tam reikėjo pasta-

tyti 500 milijonų dolerių kainavusią gamyklą Ouk Ridže Tenesio valstijoje (šiandien ji kainuotų 6,6 milijardo dolerių). Ji užėmė aštuoniolikos hektarų plotą ir vartojo tris kartus daugiau elektros energijos nei visas Detroitas. Visos teorijos apie bombas būtų nieko vertos, jei ne ši milžiniška investicija.

Su plutoniu irgi nebuvo lengva. Plutonio gamyba (gamtoje jis nėra randamas) pasirodė esanti tokia pat sudėtinga ir brangi, kaip ir urano gryninimas. Detonuoti šias medžiagas buvo dar sunkesnis uždavinys. Nors plutonis gana radioaktyvus (dauguma suaugusių žmonių mirtų įkvėpę dešimtąją gramo dalį), esant nedideliam plutonio kiekiui, su kuriuo dirbo mokslininkai Los Alamos, grandininė reakcija neįvykdavo ir jis nesprogdavo, nebent mokslininkai smarkiai padidindavo jo tankį. Tačiau plutonio tankis ir taip gana didelis, tad vienintelis įmanomas būdas tą padaryti buvo suspausti jį sprogmenų žiedu. Deja, nors sprogmenimis lengva ištaškyti viską į šalis, juos suspausti į mažesnę formą itin sudėtinga. Los Alamoso mokslininkai praleido daug laiko pliekdamiesi dėl smulkmenų.

1945-ųjų pavasarį jiems pagaliau pavyko suplanuoti galimą sprogmenų išdėstymą. Tačiau idėją reikėjo patvirtinti, tad 1945 metų liepos 16 dieną buvo suplanuotas garsusis bandymas „Trinity“. Už bombos (pavadintos „Gadget“) užtaisymą atsakingas buvo Luisas Zlotinas (Louis Slotin), jaunas kanadietis fizikas, pagarsėjęs polinkiu rizikuoti (ideali savybė dirbant su bombomis). Pakilęs į trisdešimties metrų aukščio „Trinity“ bokštą ir sumontavęs bombą, Zlotinas su savo viršininkais pasiėmė dviejų milijardų dolerių čekį ir nuvažiavo stebėti bandymo į štabą už šešiolikos kilometrų.

5.30 valandą ryte sprogmenų žiedas sprogo ir suspaudė greipfruto dydžio „Gadget“ plutonio branduolį į persiko kauliuko dydžio kamuoliuką. Tada viduryje buvęs mažas lašelis berilio ir polonio mišinio išmetė kelias subatomines daleles, vadinamas neutronais, kurie ir užsuko visą reikalingą. Neutronai prisijungė prie netoliese buvusių plutonio atomų, todėl jie tapo nestabilūs ir pradėjo skilti. Skilimas išlaisvino didžiulį kiekį energijos – vieno plutonio atomo energijos pakanka smėlio grūdeliui pastebimai šoktelėti, nors plutonio atomas šimtą tūkstančių milijonų milijardų kartų mažesnis. Be to, skylančioms atomams išlaisvinama daugiau neutronų. Tada šie neutronai prilipo prie kitų plutonio atomų, padarė juos nestabilius ir labiau suaktyvino skilimą.

Per kelias milijonąsias sekundės dalis skilo aštuoniasdešimt plutonio atomų kartų, išlaisvindamos energijos kiekį, lygų 23 milijonams kilogramų TNT. Kas vyko toliau, sudėtinga papasakoti, tačiau ta energija išgarino viską aplink sprogimo vietą – metalinį bokštą, po juo buvusį smėlį, kiekvieną driežą ir skorpioną. Ir ne tik išgarino. Temperatūra prie branduolio pakilo iki dešimčių milijonų laipsnių, tiek aukštai, kad nuo garų atomų atplėšė elektronus, kurie pradėjo patys vieni lakstyti aplink kaip jonvabaliai. Dėl to susidarė nauja agregatinė būseną, vadinama plazma, t. y. tarsi superdujos, dažniausiai randamos branduolinėje žvaigždžių kaitroje.

Atsižvelgiant į milžinišką energijos kiekį, net ir tokie blaiviaus proto mokslininkai kaip „Manhatano projekto“ vadovas Robertas Openheimeris (Robert Oppenheimer) nerimavo, kad „Trinity“ gali uždegti atmosferą ir supleškinti viską Žemės paviršiuje. Akivaizdu, kad taip nenutiko, bet kiekvienas iš kelių šimtų vyrų, tą rytą stebėjusių bandymą (kai kurie jų buvo išsitepę veidus apsauginiu kremu nuo saulės ir užsidėję saulės akinus), suprato į pasaulį paleidę naują pabaisą. Daugeliui žinoma, kad „Trinity“ triukšmui nurimus, Openheimeris ištare frazę iš Bhagavadgitos: „Dabar tapau mirtimi, pasaulių naikintoja.“ Mažiau kam žinoma, kad Openheimeris prisiminė ir Alfredo Nobelio kažkada ištartus žodžius, kad dėl dinamito karas taps toks baisus, jog žmonija neabejotinai jo atsisakys. Kaip keistai dabar, atominio grybo šešėlyje, skambėjo šis noras.

Po Hirosimos ir Nagasakio antpuolių rugpjūčio pradžioje daugelis „Manhatano projekto“ mokslininkų triumfavo. Tačiau per kelis paskesnius mėnesius iš Japonijos atkeliaujančios istorijos ėmė kelti vis stipresnę pasibjaurėją. Jie puikiai žinojo, kad jų nuostabiosios bombos nužudys dešimtis tūkstančių žmonių. Tačiau karinės pajėgos jau buvo nužudžiusios panašų civilių skaičių per Drezdeno ir Tokijo bombardavimus. (Kai kurie istorikai vertina, kad per šešias Tokijo bombardavimo valandas žuvo daugiau žmonių, mažiausiai 100 000, nei per bet kurį kitą užpuolimą istorijoje – iki tol ir vėliau.)

Kas labiausiai gąsdino mokslininkus Hirosimos ir Nagasakio atveju, tai ne žuvusiųjų vietoje skaičius, o išlikęs radioaktyvumas. Iki tol daugumos fizikų požiūris į radioaktyvumą buvo gana nerūpestingas, sklandė istorijos apie jų išdidžių panieką* jo pavojams. Po Japonijos jis pasikeitė. Radioaktyvios dulkės nuodijo žmones dar kelis mėnesius po sprogimo – nai-

kindamos ląstelės, atverdamos opas odoje, netgi druską jų kraujyje ir plombas dantyse paversdamos mažytėmis radioaktyviomis bombomis.

Japonijos karinis gubernatorius generolas Daglasas Makarturas (Douglas MacArthur) galiausiai uždraudė žiniasklaidai skelbti pranešimus apie sprogimų padarinius. Tačiau jis negalėjo užgniaužti gandų, ypač mokslininkų bendruomenėje. Tų gandų pasakotojams nė nereikėjo sutirštinti spalvų – tikrovė iš tiesų buvo siaubinga. (Vienas amerikietis gydytojas prisiminė, kaip po kelių savičių nuo sprogo užėjęs į pagalbos stotį nustebo, kad visi japonai pacientai dėvi taškuotus marškinius. Tada taškučiai pradėjo krutėti. Pacientai neturėjo jėgų nubraukti nuo savęs vabzdžius, užkandžiaujančius jų oda.) Keli nuslėpti nelaimingi atsitikimai Los Alamos 1945-aisiais ir 1946-aisiais dar aiškiau parodė radioaktyvumo pavojus, nes mokslininkai savo akimis galėjo pamatyti padarytą žalą.

Nelaimingi atsitikimai prasidėjo nuo Hario Dagliano (Harry Daghljan) – apvalaino fiziko, septyniolikos įstojusio į Masačusetso technologijos institutą ir po šešerių metų, 1944-aisiais, atvykusio į Los Alamosą. Jis atliko kritiškumo eksperimentus, kurių metu laboratorijoje būdavo paleidžiama grandininė reakcija plutonio sferose. Šių eksperimentų metu plutonis negalėjo sprogti, nes sferų tankis nebuvo pakankamai didelis. Tačiau negalima būtų ir sakyti, kad darbas atitiko saugos ir sveikatos reikalavimus. Los Alamoso mokslininkai šiuos tyrimus vadino „miegančio drakono uodegos kutenimu“, jie buvo vykdomi „Omega“ padalinyje, įsikūrusiame nuošaliame kanjone, už 6,5 kilometro nuo pagrindinės Los Alamoso bazės.

Daglianas dirbo su devynių centimetrų skersmens plutonio sfera, kuri buvo identiška „Trinity“ ir Nagasakio bombų branduoliams. Jei Japonija nebūtų pasidavusi ir užbaigusi karo, ši sfera, praminta „Rufus“, apie rugpjūčio dvidešimtąją taip pat būtų atsidūrusi bomboje. Atrodytų, kad karui pasibaigus Daglianui nebeliko kas veikti – „Manhatano projekto“ tikslas buvo nugalėti Vokietiją ir Japoniją, o ši misija buvo įvykdyta. Tačiau kai kuriems Los Alamoso mokslininkams darbo krūvis nesumažėjo. JAV vyriausybė buvo išleidusi šimtus milijonų dolerių branduolinių ginklų tyrimams ir nenorėjo prarasti šios investicijos. Be to, prasidėjo pokario galios peštynės, tad keli svarbūs vyriausybės nariai manė, kad atominės bombos, ypač plutonio bombos, padėtų užtikrinti ilgalaikį nacionalinį saugumą.

Taigi, rugpjūčio 21-ąją, mažiau nei po savaitės nuo karo pabaigos, padalinyje „Omega“ Daglianas pradėjo naują „drakono kutenimo“ bandymų seriją. Kalbant laboratorijos terminais, aplink plutonio „kiaušinį“ reikėjo sukurti blokų „lizdą“. Blokai buvo pagaminti iš specialios medžiagos, vadinamos volframo karbidu, kuri gana gerai atspindi neutronus. (Neutronai praeina kiaurai pro daugelį medžiagų.) Tokiais blokais apsupus plutonio sferą buvo galima užtikrinti, kad „paklydę“ neutronai bus atspindėti atgal plutonio link ir dalyvaus skilime. Tai leido gerokai sumažinti plutonio kiekį, reikalingą grandininei reakcijai palaikyti. Daglianas atliko vieną bandymą ryte, dar vieną popiet, o vakare dalyvavo mokslininkų kolokviume. Jam pasibaigus, apie 9 valandą vakaro jis grįžo į padalinį „Omega“ norėdamas atlikti paskutinį bandymą. Dirbti po vieną buvo draudžiama, o Daglianas tą dieną jau ir taip buvo ilgai dirbęs, tačiau tuo metu tvarka Los Alamosė buvo gana neformali, o Daglianas buvo malonus vyrukas, tad apsaugininkas jį įleido.

Pirmiausia Daglianas nuleido šešių kilogramų sferą į lopšį. Plutonis ne tik radioaktyvus, bet ir toksiškas (beveik toks pat nuodingas kaip arsenas), tad sfera buvo padengta nikelio sluoksniu, kad būtų „saugu“ dirbti be pirštinių. Mokslininkai prisiminė, kad dėl po apvalkalu rusenančios radiacijos sfera būdavo keistai šilta. Vienas jų sakė, kad atrodė, jog laikai gyvų triušį.

Įstatęs „kiaušinį“, Daglianas pradėjo montuoti „lizdą“ iš penkiasdešimt dviejų volframo karbido blokų. Su kiekvienu sluoksniu link plutonio kiaušinio buvo atmušama vis daugiau neutronų, tad kritinė riba sferoje vis artėjo. Sumontavęs keturis sluoksnius ir beveik baigęs penktąjį, Daglianas paėmė paskutinį bloką ir palaikė jį virš sferos. Tuo metu pradėjo traškėti garsiakalbis, gulėjęs ant suoliuko šalia. Jis buvo prijungtas prie radiacijos detektoriaus, o traškesys reiškė, kad pridėjus paskutinį bloką prasidėtų grandininė reakcija. Daglianas pradėjo judinti bloką pirmyn atgal, tarsi žaisdamas, erzindamas ar kutendamas. Atsižaidęs su traškesiu, jis atsitraukė, ir tuo metu blokas išslydo jam iš rankų. Jis nukrito būtent ten, kur ne-reikėjo, ir užblokavo vienintelę angą, pro kurią galėjo ištrukti neutronai. Kalbant laboratorijos žargonu, sfera akimirksniu pasiekė kritinę ribą. Kitaip tariant, drakonas „Rufus“ pabudo.

Garsiakalbio traškesys virto riaumojimu. Jonizuojantis aplinkos orui sferą apsupo mėlynos šviesos pašvaistė. Daglianas bandė ranka apversti

blokų lizdą, jam nepavyko, pabandė dar kartą ir galiausiai šis apvirto. Stoję tylą. Pašvaistė išblėso, garsiakalbis nutilo. Ir tikrai nesuveikė jokia signalizacija. Išskyrus rankos dilgčiojimą, Daglianas jautėsi gerai – ne taip kaip įprasti nuodai, radiacija iš pradžių nesukelia skausmo. Bet Daglianas jau buvo nusižudęs ir tą žinojo, tačiau vis tiek nuvyko į ligoninę. Gydytojai iš jo kišenių išėmė raktus ir peilį ir paprašė techninės Los Alamosės juos ištirti. Jai bandant tą padaryti, Geigerio skaitikliai rodė aukščiausią rodiklį. Fizikai vėliau apskaičiavo, kad Dagliano kūną paveikė radiacijos kiekis, atitinkantis maždaug 50 000 krūtinės rentgenografijų. Jo dešiniajai rankai jų teko maždaug 400 000, ir per kelias dienas ji virto viena didžiule pūsle. Ranka ištinę, jos oda iki peties bei veido oda paraudo ir nusilupo. (Iš esmės jis patyrė „trimatį“ nudegimą, nes radiacija įsiskverbė giliai į jo kūną.) Jį kamavo baisaus pykinimo bangos, mėšlungis ir žagsulys. Plaukai išslinco kuokštais, svoris krito kilogramais. Po kelių savičių jis paniro į komą, o po dvidešimt penkių dienų nuo nelaimingo atsitikimo mirė. Kariuomenės vadai melavo spaudai ir teigė, kad Daglianas patyrė „cheminių nudegimų“. Tada jie išrašė 10 000 dolerių čekį Dagliano seseriai ir motinai, kad šios nekeltų triukšmo.

Visą tą laiką prie Dagliano lovos budėjo Luisas Zlotinas (Louis Slotin), mokslininkas, sukonstravęs „Trinity“ bandymo bombą. Dagliano mirtis jį sukrėtė ir sustiprino neseniai priimtą sprendimą atsisakyti darbo su ginklais. Deja, iki Zlotino sutarties su kariuomene galiojimo pabaigos dar buvo likę metai. Dar blogiau tai, kad jis visiškai nepasimokė atsargumo iš Dagliano nelaimingo atsitikimo.

Zlotinas į koledžą Vinipege įstojo vos šešiolikos, net jaunesnis nei Daglianas. Ten jis pradėjo užsiimti boksu (galbūt tam, kad atrodytų šaunesnis) ir susikūrė tokį pat *macho* drabužių stilių – džinsai, kaubojaus batai ir prasegti marškiniai. Baigęs koledžą jis keliavo po Ispaniją ir vėliau pasakodavo dalyvavęs Ispanijos pilietiniame kare (kas greičiausiai buvo netiesa). Galiausiai jis gavo darbą – konstravo ciklotronus Čikagoje, o vėliau susižavėjo plutonio tyrimais.

1944-ųjų gruodį Zlotinas atvyko į Los Alamosą ir nedelsiant pasiprašė „pakutenti drakoną“. Kiti grupės nariai jį mielai priėmė, tačiau net tarp šių nutrūktgalvių jis pagarsėjo kaip beatodairiškai neatsargus. Kartą jam reikėjo atlikti keletą pakeitimų, susijusių su vandens rezervuare vykstančia

branduoline reakcija. Jis paprašė techninės priežiūros darbuotojų sustabdyti įrangą. Tačiau tai buvo penktadienio popietė, tad darbuotojai jo paprašė palaukti iki pirmadienio. Sugrįžę į darbą pirmadienio rytą, jie sužinojo, kad pakeitimai jau atlikti. Ar Zlotinas pats išjungė įrangą? Ne, jis tiesiog nusiavė kaubojaus batus, nusimovė džinsus ir pasinėrė į rezervuarą, kuriame buvo veikiantis reaktorius.

Zlotinas mėgavosi šokiruodamas šeimą pasakojimais apie savo vaidmenį kuriant Hirosimos ir Nagasakio bombas. Tačiau netrukus jis nusi-vylė darbu su ginklais ir po Dagliano mirties pasiprašė būti perkeliamas į Čikagą. Jam buvo atsakyta, kad pirmiausia jis turi užtaisyti Bikinio bandymo bombas. Zlotinas nusileido, sutiko. Jis taip pat sutiko išmokyti jį pakeisiantį darbuotoją Los Alamosė – Alviną Greivesą (Graves).

Mokymas prasidėjo ir baigėsi 1946 metų gegužės 21 dieną, per demonstraciją, kurią Zlotinas jau buvo atlikęs kokių keturiasdešimt kartų. Pirmiausia jis paėmė „Rufus“ – tą pačią plutonio sferą, kurią naudojo Daglianas – ir įstatė į lopšį. Dabar jis turėjo sustatyti neutronų reflektorius. Užuoat naudojęs volframo karbido blokus, jis paėmė galingesnio reflektoriaus – berilio – pusrutulį. Berilis taip gerai atspindi neutronus (iš esmės žaidžia su jais stalo tenisą), kad jį naudodami dauguma mokslininkų imdavosi papildomų atsargumo priemonių. Jie žinojo, kad numetus pusrutulį ant plutonio sferos akimirksniu kiltų grandininė reakcija, tad naudojo papildomą saugiklį – pirmiausia aplink sferos perimetrą sustatydavo medinius tarpiklius. Tada ant jų padėdavo berilio pusrutulį ir, atlikdami bandymą, pašalindavo po vieną tarpiklį. Tokiu būdu pusrutulis prie sferos, kaip ir reakcijos kritinė riba, artėdavo lėčiau.

Zlotinui visa tai nerūpėjo. Jis paprasčiausiai atremdavo vieną pusrutulio kraštą į lopšį, pakreipdavo pusrutulį kampu virš „Rufus“ ir atsuktuvu kilnodavo kitą kraštą aukštyn žemyn, vis priartėdamas prie grandininės reakcijos ribos. Kartą pamatęs tai Enrikas Fermis (Enrico Fermi) išbarė Zlotiną ir pasakė, kad jei šis nenustos to daręs, „po metų jau bus miręs“. Zlotinas tik pavartė akis.

Tą gegužės popietę Zlotinas per porą minučių pasirengė demonstravimui ir pradėjo kilnoti pusrutulį aukštyn žemyn. Šalimais padėtas garsiakalbis traškėjo. Per Zlotino petį žvilgčiojantis Greivesas buvo sužavėtas. Tačiau netrukus kai kas atsitiko. Atsuktuvus slystelėjo ir berilio pusrutulis



Po „Manhatano projekto“ įvykusio nelaimingo atsitikimo,
kurio metu žuvo Luisas Zlotinas, atkūrimas.

(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS LOS ALAMOSO NACIONALINEI LABORATORIJAI)

nusileido tiesiai ant plutonio sferos. Visi aštuoni patalpoje buvę vyrai pajuto šilumos pliūpsnį ir pamatė mėlynos šviesos aureolę.

Zlotinas ranka nubloškė pusrutulį šalin. Po akimirkos ranką pradėjo dilgčioti, o burnoje atsirado metalo skonis. Tačiau atgavus kvapą jį užplūdo tokia pat keista ramybė kaip ir Daglianą – jis žinojo, kad yra miręs, tačiau tuo metu jautėsi normaliai. Tik žingtelėjo atgal ir ištarė: „Na, štai ir viskas“.

Tuo metu Zlotinui labiausiai rūpėjo kiti patalpoje buvę žmonės, ypač Greivesas. Prieš išvykdamas į ligoninę jis pabandė apskaičiuoti kiekvienam vyrui tekusią radiacijos dozę – detektoriumi išmatavo netoli „Rufus“ buvusių daiktų, tarp jų plaktuko ir kokakolos buteliuko, skleidžiamą radiaciją. Deja, pats detektorius buvo taip užterštas radiacija, kad jo rodmenys buvo beverčiai. Prieš prarasdamas paskutinę viltį jis priėjo prie „kompiuteriu“ pramintos – skaičius itin mėgusios – darbuotojos stalo ir paprašė jos apskaičiuoti, kokią dozę galėjo gauti Greiveso vietoje stovėjęs žmogus. (Šiuolaikiniais skaičiavimais, Zlotinas gavo radiacijos dozę, atitinkančią 200 000 krūtinės ląstos rentgenografijų, o Greivesas „tik“ 35 000, daugiausia dėl to, kad jį pridengė Zlotino kūnas.) Arba Zlotinas buvo apdujęs, arba jos nepažinojo, bet darbuotoja, kurios jis paprašė apskaičiuoti dozę, buvo Greiveso žmona Elizabet (Elizabeth). Kodėl prireikė tų skaičiavimų, ji sužinojo tik po kelių valandų.

Zlotinas dirbo su ta pačia plutonio sfera kaip ir Daglianas. Nelaimingas atsitikimas įvyko tą pačią mėnesio dieną kaip ir Dagliano – dvidešimt

pirmąją, ir tai netgi buvo ta pati savaitės diena – antradienis. Ligoninėje Zlotiną paguldė į tą pačią palatą ir lovą, kaip ir Daglianą, ir stebėjo, kaip jis miršta tokia pat kankinančia mirtimi – iš esmės jo kūnas tiesiog iro. Po devynių dienų Zlotino palaikai švinu dengtame karste buvo išskraidinti namo, į Vinipegą.

Šios dvi mirtys, Dagliano ir ypač Zlotino, kuris, kaip pats mėgdavo girtis, buvo „labiausiai patyręs bombų konstruktorius“ pasaulyje, sukrėtė branduolinės fizikos pasaulį ir suskaldė bendruomenę. Kai kurie fizikai jau anksčiau jautėsi kalti dėl to, ką pridarė su atominė bomba. O dabar, mirus kolegoms, jų sąžinės graužatis pavirto atviru pasipriešinimu branduoliniams ginklams. Tačiau kiti mokslininkai turėjo kitokių argumentų. Greisiantis šaltasis karas jiems atrodė kur kas svarbesnis nei bet kokio žmogaus mirtis. Visa civilizacija buvo pastatyta ant kortos, ir kolegos mirtis jiems atrodė drąsus pasiaukojimas. Tokio požiūrio laikėsi ir Alvinas Greivesas, žmogus, žiūrėjęs per Zlotino petį nelaimės dieną.

Po to, kai ta prakeikta plutonio sfera nužudė ir Zlotiną, ir Daglianą, mokslininkai ją pradėjo vadinti nebe „Rufus“, o „demonišku branduoliu“. Šiandien mums gali atrodyti netaktiška ir net beprotiška toliau naudoti „demoną“ eksperimentams, tačiau tuo metu plutonis buvo vertingiausia medžiaga Žemėje, ir kariuomenė neketino atsisakyti milijonų dolerių vertės daikto veltui. Taigi netrukus po Zlotino mirties „demoniškas branduolys“ buvo pakrautas į lėktuvą, nuskraidintas į Pietų Ramųjį vandenyną ir įdėtas į vieną iš bombų, skirtų operacijai „Kryžkelės“.

*

Sunku patikėti, bet JAV karinės pajėgos iš pradžių ketino „Kryžkelių“ bombomis išsprogdinti kelias Galapagų salas. Galiausiai jie pasirinko Bikinio atolą, nors ten buvo ribota erdvė, trapi ekosistema ir (pranašiškas įspėjimas!) nenusipėjamos krypties vėjas.

Bandymas „Gilda“, arba „Able“, buvo ketvirtasis atominės bombos sprogimas istorijoje. Penktasis buvo įvykdytas po trijų savaičių, liepos 25-ąją, „Baker“ bandymo metu. (Bomba su „demonišku branduoliu“ būtų buvęs šeštasis atvejis, bet karinės pajėgos atšaukė bandymą ir be ceremonijų nusprendė išlydyti sferą ir panaudoti plutoną kitoms bomboms.) Vykdamas bandymą „Baker“ pasirengimas sprogdinti bombą, pavadintą „Helen



Bandymas „Baker“ netoli Bikinio atolo 1946 metų liepos 25 d.
(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS JAV GYNYBOS DEPARTAMENTUI)

of Bikini“, nebuvo labai dramatiškas. Ji buvo ne išmesta iš lėktuvo, o detonuota apie 27 metrus po vandeniu, imituojant netikėtą flotilės užpuolimą. Tačiau po sprogimo pasireiškę specialieji efektai daugiau nei kompensavo šį trūkumą. Per dešimt milisekundžių marių vidurys nušvito kaip apšviestas deimantas ir 85 000 kubinių metrų vandens pavirto garais. (Džeimisas Vatas būtų išsižiojęs iš nuostabos.) Be to, septyni su puse milijono litrų vandens pakilo aukštyn kaip didžiausias – šešių šimtų metrų pločio ir 1 800 metrų aukščio – fontanas pasaulyje. Iš karto nuskendo devyni laivai, kuriuose žuvo dar daugiau kiaulių, ožkų ir žiurkių. Likę laivai buvo permerkti radioaktyvaus vandens, viename tyrime pavadinto „raganos viralu“.

Nepaisydama permerkimo, kariuomenė bandė išgelbėti likusius laivus ir juose buvusius gyvūnus. Kaip? Išsiųsdama tūkstančius jūreivių plauti denį. Admirolai nusprendė, kad gerai pašveitus su šarmu ir perdažius tos radiacijos neliks nė kvapo. Kai šis planas neišdegė – Geigerio skaitikliai deniuose nepaliovė traškėję, admirolai be galo nustebė. Negi plutonis gali atlaikyti kalkių tirpalą? Galiausiai karinės pajėgos pripažino pralaimėjimą ir šešiasdešimt iš devyniasdešimties laivų buvo apleisti arba parduoti į laužą. (Keli jų tebėra nuskendę mariose. Dabar tai povandeninė stebuklą

šalis aštuonkojams, žuvims ir narams.) Dar labiau nerimą kėlė tai, kad surinkę iš laivų gyvūnus kariškiai pastebėjo vis dažnesnes jų sveikatos problemas – nuovargį, svorio kritimą ir mažą kraujo kūnelių skaičių. Panašiai kaip kiaulės Nr. 311, tik jie taip ir nepasveiko.

Didžioji dalis visuomenės apie šias ilgalaikes problemas nesužinojo. Dauguma žurnalistų išvyko iš Bikinio iš karto po bombų sprogdinimo ir savo pranešimuose dažniausiai menkino atominių ginklų grėsmę. Kaip jau minėjome, po Hirosimos ir Nagasakio atominė bomba žmonių vaizduotėje turėjo beveik mitinę galią. 1946-ųjų pradžioje kariuomenės mokslininkai net privalėjo pateikti paaiškinimus, užtikrinančius, kad, nepaisant priešingų gandų, Bikinio bandymai „nepanaikins gravitacijos jėgos“ ir „neišsprogdins jūros dugnės skylės, pro kurią išbėgtų visas vanduo“. Taigi, „Gildai“ ir „Helen“ nesukėlus apokalipsės, o mariose net likus nepaskendusią laivų, žurnalistai pradėjo į visa tai žiūrėti su pašaipą. Pradėjo aiškinti, kad atominės bombos „smarkiai pervertinamos“. (Vienas radijo laidų vedėjas pareiškė padaręs slapta bombos „Gilda“ sprogdimo įrašą, o tada į eterį paleido absurdišką viščiuko cyptelėjimą.) Beveik niekas nerašė pranešimų apie tolesnę situaciją ir nesvarstė galimybes, kad tikrasis pavojus gali būti nematomas.

Laikydami šios pozicijos, žurnalistai pasakojo visuomenei tai, ką ši norėjo girdėti. Galime pavadinti tai baime ar žmogiška prigimtimi, bet po kelių milijonų mirčių, keturiasdešimties keturių mėnesių karo dviejuose žemynuose ir dar metus nenutilusių baisių istorijų apie Bombą, dauguma žmonių norėjo tiesiog gyventi savo gyvenimą toliau ir atsikratyti baimės. Neįspūdinga bandymų baigtis Bikinio salose netgi leido jiems šiek tiek pasijuokti. Žmonės rengė vakarėlius su atominio grybo formos tortais. Naktiniai klubai gyrėsi savo šokėjomis – anatominėmis bombomis. Prancūzų dizaineriai, *naturellement*, sukūrė dviejų dalių maudymosi kostiumėlį, kurio abi dalys buvo tokios pat mažos ir pavojingos (mirk, mirk), kaip ir Bikinio atominiai ginklai.

Ši apatija leido JAV vyriausybei tęsti bombų bandymus – programa įgijo pagreitį po to, kai 1949-aisiais Sovietų Sąjunga detonavo savo pirmąjį branduolinį ginklą. Amerika bandymus vykdė įvairiausiose vietose – nuo Atlanto iki Ramiojo vandenyno ir nuo Aleutų salų šiaurės vakaruose iki Misisipės pietryčiuose. Didžiuma bandymų vyko Nevadoje.



Atominį grybą primenantis tortas.

(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA
MALONIAI LEIDUS KONGRESO BIBLIOTEKAI)

Daugumos šių ankstyvųjų bandymų tikslas buvo atsakyti į vieną klausimą – kaip vidutinis amerikiečių namas atlaikytų megatoninį branduolinį sprogimą. Pasirodo, nelabai atlaikytų. Vykdydami bandymus, mokslininkai Nevados dykumoje pastatė namų ir parduotuvių eiles ir smagiai pavadino jas Išlikimo miestu. (Vietiniai keliai gavo niuresnius pavadinimus: Mirties gatvė, Katastrofos skersgatvis ir Paskutinio teismo dienos kelias.) Kiekviename name buvo sustatyti baldai ir padėta maisto. Juose taip pat buvo manekėnai, „užsiėmę“ kasdieniniais atominės šeimynėlės dalykais – miegantys lovoje, žaidžiantys su kūdikiu ar leidžiantys laiką su draugais – ragaujantys gėrimus ir klausydamiesi muzikos.

Nuo pat pradžių buvo aišku, kad Išlikimo mieste neišliks beveik nieko. Sprogus bomboms, kelių šimtų metrų atstumu nuo sprogimo stovėję pastatai virto pelenais. Nors tolimesni namai nesugriuvo, bet dauguma manekėnų jų viduje buvo apdegę ir sulūžę; keli vaikų manekėnai buvo be galvų. Tačiau kariuomenės mokslininkai su ryžtingu optimizmu pareiškė, kad ne viskas taip ir blogai. Iš po griuvėsių jie atkasė kelis šaldytuvus ir tikslinei grupei patiekė šaldytų braškių, vištienos apkepą ir šaldytų bulvyčių, kad parodytų, kaip žmonės galėtų išgyventi po bombos sprogimo. Valgytojai paskelbė, kad maistas buvo gardus.

Sveikatos apsaugos specialistai taip pat „kabino makaronus“ visuomenei. Vienas gydytojas paaiškino, kad, užuot kenkęs organizmui, radio-

aktyvumas iš tiesų „stimuliuoja spermatocitus“. Ir dar pridūrė, kad „kaip ir alkoholis, plutonis – bene vienas geriausių dalykų gyvenime“ ir kad jis prisidedąs jo į dantų pastą. Harvardo psichologas pareiškė, kad didžiausia grėsmė, su kuria susidurtų žmonija po branduolinio antpuolio, būtų ne milijonai mirčių ar civilizacijos žlugimas, bet pernelyg daug nesantuokinių lytinių santykių tarp išgyvenusiųjų.*

Tačiau visą laiką sklandė nerimą keliančios žinios apie ilgalaikį ir klatingą branduolinių ginklų poveikį. Greitai besivystančio tipo vėžiai (pavyzdžiui, leukemija) plovė Hirosimos ir Nagasakio gyventojus. „Manhatano projekto“ mokslininkai, dabar išsibarstę po visą šalį, pradėjo laboratorijose ir fakultetuose šnibždėti apie Zlotino ir Dagliano mirtį. Paaiškėjo, kad net Nacionaliniame zoologijos sode puikiai gyvenanti kiaulė Nr. 311 nevaisinga. Ji išsipūtė iki beveik trijų šimtų kilogramų ir nudvėسė 1950-aisiais, būdama ketverių su puse metų amžiaus (kiaulei tai labai jaunas amžius). Galbūt radiacija nebuvo vienas iš geriausių dalykų gyvenime.

XX amžiaus šeštojo dešimtmečio pradžioje žodyne atsirado naujas bausis žodis – radioaktyvios dulkės. Dauguma radioaktyvių dulkių po JAV ginklų bandymų nusėdo Nevados dykumoje ir vyriausybė atidžiai stebėjo tą vietovę. Tačiau iš pradžių ji neturėjo radiacijos aptikimo programos šalies mastu, nes mokslininkai nepagalvojo, kad atominiai grybai gali nunešti radiacines dulkes aukštai į atmosferą, kur jas gali plačiai išsklaidyti vėjai. Kaip toli gali pasklisti radioaktyvios dulkės, bene pirmieji suprato bendrovės „Eastman Kodak“ darbuotojai, nustatę, kad dalis jų siuntoms naudojamų pakuočių yra radioaktyvios. Jos buvo pagamintos iš perdirbtų kukurūzų lukštų, gautų iš pietvakarių Indianos valstijos, ir skleidė pakenkamai radiacijos, kad sugadintų ištisas dėžes juostelių.

Radioaktyvių dulkių debesys buvo kelių rūšių dalelių. Patys debesys nuo azoto oksido dujų, susidariusių branduolinio sprogoimo karštyje, iš pradžių kartais būdavo šiek tiek rausvi. Tačiau pavojingiausi dalykai buvo nematomi: tai pavieniai paklydę radioaktyvūs atomai, atsiradę skylant plutoniui – nuo stibio-125 iki cirkonio-97. Plutoniui skylant buvo atlaisvinti ir neutronai, kurie tvirtai prisijungė prie šiaip nekenksmingų molekulių, pavyzdžiui, N_2 , ir pavertė jas radioaktyviomis. Tada nešamos aukštuminių oro srovių tos radioaktyvios molekulės nukeliavo tūkstančius kilometrų ir pačios nusėdo arba lietus jas nusodino ant nieko neįtariančių mies-

tų – Olbanio, Niujorko ar Mainoto Šiaurės Dakotoje – ir pavertė juos radioaktyviais karštaisiais taškais. Nors atrodytų nelogiška, bet stiprus lietus buvo mažiau pavojingas, nes sukėlė stipresnį nuotėkį ir nuplovė radioaktyvias medžiagas. Tačiau dulksna leido radioaktyvioms dalelėms likti ant paviršių.

Pasaulis niekada nebuvo susidūręs su tokia grėsme kaip radioaktyvios dulkės. Fricas Haberis per Pirmąjį pasaulinį karą taip pat buvo pavertęs orą ginklu, tačiau pūstelėjus geram vėjo gūsiui Haberio dujos tapdavo nenkenksmingos. Radioaktyvios dulkės priešingai – galėjo išlikti dienas, mėnesius ir metus. Vienas to meto rašytojas pakomentavo, su koku nerimu žvelgia į kiekvieną artėjantį debesį svarstydamas, kokį pavojų jis gali atnešti. „Jokia orų prognozė nuo Nojaus laikų nenešė tokių pražūtingų žinių žmonių rasei“, – rašė jis.

Labiau nei kiti pavojai, radioaktyvių dulkių grėsmė pabudino žmones iš ramaus susitaikymo su branduoliniais ginklais. Iki XX amžiaus septintojo dešimtmečio pradžios radioaktyvūs atomai (tiek iš sovietų, tiek iš amerikiečių bandymų) pasisėjo kiekviename kvadratiname Žemės centimetre. Net pingvinai Antarktidoje buvo jų paveikti. Žmones ypač išgąsdino žinia, kad radioaktyvios dulkės labiausiai kenkia augantiems vaikams. Vienas iš skilimo produktų – stroncis-90 – ypač dažnai nusėdavo daug javų auginančiose vidurio vakarų valstijose, kur augalai sugėrė jį į savo šaknis. Karvėms ėdant užterštą žolę jis pradėjo keliauti maisto grandine aukšty. Periodinėje lentelėje stroncis yra tiesiai po kalciumu, tad cheminėse reakcijose jis elgiasi panašiai. Todėl piene, kuriame yra daug kalcio, susidarė didelė stroncio-90 koncentracija. Vaikams geriant tą pieną jis perėjo į jų kaulus ir dantis. Vienas branduolinės fizikos mokslininkas, dirbęs Ouk Ridže, o vėliau persikėlęs į Jutos valstiją (kuri yra pavėjui nuo Nevados), aimanavo, kad du jo vaikai per kelis metus šalies vakaruose gavo daugiau radiacijos nei jis, aštuoniolika metų vykdęs skilimo tyrimus.

Net uoliausi patriotai ir agresyvią karinę poziciją palaikantys žmonės, kurie manė, kad Sovietų Sąjunga kelia didžiausią grėsmę laisvei ir obuolių pyragui pasaulyje, negalėjo pritarti vaikų dantų radioaktyvinimui. Branduoliniai bandymai dar kurį laiką nesiliovė paprasčiausiai iš inercijos, bet XX amžiaus šeštojo dešimtmečio pabaigoje Amerikos piliečiai pradėjo masiškai protestuoti. Aktyvistų grupė SANE išplatino skelbimus „Jokio

teršimo be atstovavimo“¹⁶, ir po metų nuo įsikūrimo, 1957-aisiais, turėjo jau dvidešimt penkis tūkstančius narių. Jų reikalavimus netrukus parėmė nuodugnūs vėjo krypčių tyrimai, nes mokslininkai tik tada suprato, kaip greitai teršalai gali pasklisti atmosferoje. Prisidėjo ir populiarioji kultūra*. Šiuo laikotarpiu atsirado Žmogus voras, Halkas ir Godzila – branduolinės avarijos aukos. Dėl įvairių protestų Jungtinės Amerikos Valstijos, Sovietų Sąjunga ir Didžioji Britanija 1963-aisiais galiausiai pasirašė sutartį dėl visų atmosferinių branduolinių bandymų sustabdymo. (Kinija juos tęsė iki 1974-ųjų, Prancūzija – iki 1980-ųjų.) Ir nors gali atrodyti, kad tai buvo labai seniai – juk sutartį dėl bandymų draudimo pasirašė prezidentas Kennedis – mes vis dar įvairiais būdais susiduriame su radioaktyvių dulkių pasekmėmis.

*

Pirma, tiesiog norėdamas paaiškinti kontekstą, turiu paminėti, kad radioaktyvumas pats savaime nėra nei blogas, nei nenatūralus. Jei valgoite maistą ir geriate vandenį, nuolat gaunate radioaktyvių medžiagų iš natūralių šaltinių, nesusijusių su sprogimų paskleistomis radioaktyviomis dulkėmis (gaunama radiacijos dozė atitinka maždaug keturias krūtinės ląstos rentgenografijas per metus). (Patikslinsiu, kad ne pats maistas skleidžia rentgeno spindulius, o įvairios radioaktyvios dalelės maiste padaro tokią pat žalą audiniams*, kaip keturios rentgenografijos.) Radioaktyvių medžiagų yra bertoletijų riešutuose, kavoje, raudonoje mėsoje. Bananuose yra tiek radioaktyvaus kalio-40, kad kartais į dideles siuntas sureaguoja uostų radiacijos detektoriai. Branduolinės fizikos mokslininkai net sugalvojo vaizdingą kasdienio radioaktyvumo matą – banano ekvivalentą (*banana equivalent dose*).

(Beje, tas bananuose ir Žemės plutoje apskritai esantis kalis-40 pamažu suyra į argoną ir išgaruoja į orą. Tai paaiškina, kodėl šios inertinės dujos taip paplitusios atmosferoje – nes jas nuolat gamina radioaktyvusis kalis.)

Kalbant apie orą, jeigu kvėpuojate, vadinasi, per metus įkvepiate radiacijos dozę, atitinkančią dar dvidešimt rentgenografijų – daugiausia

¹⁶ Aliuzija į Amerikos revoliucijos šūkį „Jokių mokesčių be atstovavimo“. Amerikiečiai nesutiko mokėti mokesčių, kuriuos nustatė Didžiosios Britanijos parlamentas, kadangi nebuvo jame atstovaujami.

radono. Dar yra kosminiai spinduliai – subatominių dalelių srautai, susidarę giliai kosmose ir milžiniškais kiekiais bombarduojantys mūsų planetą (kai kuriose vietose – iki dešimt tūkstančių į kvadratinį metrą per sekundę). Atmosfera išfiltruoja didžiąją dalį kosminių spindulių, tačiau kadangi didesniame aukštyje oro sluoksnis plonesnis, kiekvieną kartą skrisdami per visą šalį į Denverį esate labiau veikiami šios branduolinės krušos.

Galėčiau tęsti ir toliau. Dūmų detektoriai išskiria alfa daleles, seni televizoriai – rentgeno spindulius. Kačių kraikas skleidžia uraną, kaip ir blizgūs žurnalai bei madingi granito stalviršiai. Kadangi kiekvieną kartą išvalę Rainio dėžutę nepakratote kojų, ir patys galite suprasti, jog dėl kasdienio radioaktyvumo jaudintis nereikia. Kad apsinuodytumėte radiacija, reikėtų suvalgyti dvidešimt milijonų bananų; kad garantuotai mirtumėte – aštuoniasdešimt milijonų. Kalbos apie dešimtis krūtinės ląstos rentgenografijų skamba gąsdinančiai, bet nepamirškite, kad šią dozę gaunate per visus metus, tad jūsų ląstelės turi laiko atsistatyti ir ištaisyti pažeidimus.

Tad kiek nuo branduolinių ginklų bandymų užsilikusios radiacijos įkvepiame per metus? Paleiskime gedulingą muziką... Apie vieną dešimtąją rentgenogramos. Vidutinio žmogaus gyvenimo trukmė dėl to sutrumpės 1,2 minutės. Vertinant statistiškai, labiau pakenkia keturi cigaretės dūmų įkvėpimai.

Tačiau prieš paniekinamai prunkstelėdami pagalvokite apie tai. Natūralūs kosminiai spinduliai dažnai sukuria ore radioaktyviąją anglį-14. Tada anglis-14 prisijungia prie deguonies, ir susidaro radioaktyvus CO₂, kurį sugeria augalai, tad jis ima kilti maisto grandine aukštyn. Jūsų organizme šiuo metu yra apie milijoną milijardų šios radioaktyviosios anglies atomų, ir jie nuolat veikia jūsų ląsteles. Nors ir nepadaro staigios žalos, šie atomai kenkia ir sukelia DNR mutacijas, dėl kurių gali išsivystyti vėžys.

Atsižvelgdami į tai dabar pagalvokite, kad dėl atmosferinių bombų bandymų anglies-14 kiekis ore nuo 1950-ųjų iki 1963-ųjų buvo beveik dvigubai didesnis, t. y. prisidėjo daugiau kaip penki šimtai milijardų kilogramų. Ši koncentracija vis dar nesumažėjo iki normalios ir nesumažės dar tūkstančius metų. Todėl net jei gimėte jau pasirašius sutartį dėl bandymų draudimo, turite didesnę tikimybę susirgti vėžiu nei įprastai. Kiek didesnė? Priklausomai nuo pasirinktų prielaidų, XX amžiaus dešimtojo dešimtmečio pabaigoje papildoma anglis-14 sukeldavo nuo šimto tūkstančių iki

milijono papildomų DNR mutacijų. Žinoma, normalus mutacijų skaičius žmogaus organizme viršija šį kelis kartus ir didžioji dalis žalos greitai ištaisoma. Tačiau ne visa. Mokslininkai apskaičiavo, kad dėl branduolinių ginklų ir jų išskirtos anglies-14 visame pasaulyje atsiras keli milijonai papildomų vėžio atvejų, iš kurių apie du milijonai bus mirtini; visa tai dar tik laukia ateityje. (Nepamirškite, kad čia kalbame tik apie anglį-14. Ore skraido ir kitų rūšių radioaktyvios dalelės, patenkančios į jūsų ląsteles.) Todėl tų statistinių 1,2 minutės nederėtų nuvertinti. Statistika tiksliai, bet tai vidurkis. Kai kurie žmonės nepraras nė vienos minutės. Tačiau milijonai žmonių praras daug daugiau nei aštuoniasdešimt kelias sekundes.

Be to, lyginti X kiekio radiacijos poveikį per visus metus su X kiekiu, gaunamu vienu kartu, neteisinga, nes didesnis vienu kartu gaunamas kiekis padaro daugiau žalos. Bikinio salų bombų bandymuose dalyvavę jūreiviai mirė vidutiniškai trimis mėnesiais anksčiau nei kontrolinių grupių žmonės, o tai neatrodo smulkmena. Kūdikių bumo metu (1946–1964 m.) gimę žmonės taip pat susiduria su rimta rizika, nes bombų bandymų laikotarpiu jie buvo vaikai.

Pavyzdžiui, mano mama, patyrusi keletą demografinių smūgių. XX amžiaus šeštajame dešimtmetyje ji buvo vaikas ir augo Ajovos kaime, kuriam teko daug didesnė radioaktyvių dulkių koncentracija nei pakrantės miestams. (Apskritai, dėl vyraujančių vėjų iš Nevados blogiausioje padėtyje atsidūrė Jutoje, Montanoje ir Aidahe gyvenę vaikai. Kalbant apie žemynines valstijas, labiausiai pasisėkė Los Andželo vaikams, nes vėjas iš Nevados retai kada pūsdavo ta kryptimi.) Didžiausią radiacijos poveikį mama patyrė gerdama pieną, kuris buvo užterštas stronciu-90 ir, dar blogiau, jodu-131 – kitu įprastu skilimo produktu. Jodą, kaip ir stroncij, sugeria augalai, jis koncentruojasi karvės piene. Nemažas kiekis atsiranda ir motinos piene, taip pat varškėje, kiaušiniuose ir lapinėse daržovėse. Tačiau stroncis-90 bent jau pasiskirsto po visą organizmą, o jodas-131 kaupiasi skydliaukėje ir bombarduoja tą liežuvio dydžio organą radioaktyviosiomis dalelėmis. Jodas-131 greitai suyra; jo skilimo pusperiodis – aštuonios dienos. Tačiau kad rausvas radioaktyviųjų dulkių debesis iš Nevados pasiektų Ajovą, prireikė tik kelių dienų. Mano mamos šeima dar pasunkino šią problemą, kartais gerdama šviežią pusbrolio kieme auginamos karvės pieną, užuot pirkusi jį iš parduotuvės, kur jis kelias dienas stovi lentynoje, todėl

jodas-131 spėja suirti. Remiantis JAV vyriausybės pateiktais skaičiais, jos skydliaukė tikriausiai sugėrė penkis kartus daugiau jodo-131 nei vidutinio to meto amerikiečio ir tūkstantį kartų daugiau nei kada nors sugers manoji (pabeldžiu į medį). Kai kuriems jos bendraamžiams vakaruose teko mažiausiai penkiolika kartų daugiau nei vidurkis, o galbūt ir daugiau.

Kokios to pasekmės sveikatai? Genetikai bijojo, kad šeštajame dešimtmetyje pavėjui gyvenę vaikai susilauks daug vaikų mutantų, tačiau taip neatsitiko. Kad vaikas paveldėtų mutaciją, turi būti pažeista motinos kiaušinėlio ir (arba) tėvo spermatozoido DNR; laimė, stroncis-90 ir jodas-131 nesikaupia prie lytinių liaukų. Didžiausia priežastis nerimauti – vėlgi vėžys. Remdamiesi iki XX amžiaus šeštojo dešimtmečio surinktais duomenimis, gydytojai apskaičiavo, kad tarp šeštajame dešimtmetyje JAV augusių vaikų turėtų išsivystyti apie 400 000 skydliaukės vėžio atvejų. Dėl radioaktyvaus jodo-131 tikriausiai prisidės dar 50 000 atvejų. Kitų rūšių vėžio atvejų taip pat padaugės.

Nepamirškime, kad nukentėjo ne tik JAV, bet ir kiti, ypač Bikinio salų, gyventojai. JAV kariuomenė iškeldino visus 167 vietinius gyventojus, pažadėjusi, kad po kelerių metų jie galės grįžti. Deja, „Gilda“, o ypač „Helen“, užnuodijo marių žuvis, kurias jie gaudydavo maistui. (Biologai 1946-aisiais pagavo vieną žuvį, kuri buvo tokia radioaktyvi, kad galėjo padaryti savo pačios rentgeno nuotrauką. Jie tiesiog padėjo žuvį ant fotografinio popieriaus ir po kelių valandų jame atsirado žuvies kontūrai.) Iškeldinti Bikinio gyventojai bandė pragyventi gretimame atole, bet jame stigo gėlo vandens ir žvejybai tinkamų vietų, tad jie gyveno pusbadžiu ir buvo visiškai priklausomi nuo JAV kariuomenės tiekiamų produktų. Nors kai kurie amerikiečiai jų persikėlimą palygino su izraelitų nuvedimu į rojų, Bikinio vadas vardu Judas (Judah) daug taikliau pastebėjo, kad jų padėtis labiau priminė izraelitų klaidžiojimą dykumoje. Jie tapo branduoliniais klajūnais.

Galbūt po kelerių metų jie išties būtų galėję sugrįžti į Bikinio salas, jei JAV nebūtų ten pradėjusios dar didesnių branduolinių ginklų, vadinamų „Super“, bandymų. Kaip ir daugelis Alfredo Nobelio eksperimentų, bombos „Super“ buvo dviejų etapų sprogmenys. Pirmiausia įvykdavo plutonio skilimo sukeltas sproginimas. Tada šio sproginimo sukelti rentgeno spinduliai sužadindavo šalimais esančius vandenilio atomus, kurie imdavo jungtis į helį. Iš esmės tokia pat reakcija vyksta Saulėje, dėl to ji kas sekundės dalį

išskiria energijos pliūpsnius. 1954 metų kovo 1 dieną JAV kariuomenė užleido šį pragarą ant Bikinio. Tai buvo garsusis bandymas „Castle Bravo“.

Bandymo mokslinis vadovas buvo ne kas kitas kaip Alvinas Greivasas – žmogus, žiūrėjęs per petį Luisui Zlotinui, kai įvyko nelaimingas atsitikimas su „demonišku branduoliu“. Greivasas vos išgyveno, o jo sveikimo procesas buvo itin varginantis. Grįžęs namo iš ligoninės, daugumą dienų jis miegodavo po šešiolika valandų, o jo spermatozoidų skaičius kurį laiką buvo sumažėjęs iki nulio. Nepaisant to, tiek Greivasas, tiek jo žmona (kuri kuo ramiausiai apskaičiavo jam tekusią radiacijos dozę) buvo uolūs branduolinių ginklų šalininkai. Galbūt jiems reikėjo pateisinimo viskam, ką iškentėjo.

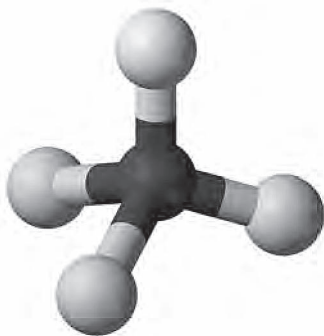
Iki 1954-ųjų Greivasas buvo susilaukęs dviejų vaikų ir, nepaisant akis temdančios kataraktos, išvyko į Bikinį vadovauti bandymui „Bravo“.* Reikalai nuo pat pradžių ėjosi prastai. Pirma, bomba išskyrė daug daugiau energijos, nei buvo tikėtasi – 450 milijonų TNT ekvivalentą, t. y. 650 kartų daugiau nei „Helen“. Dar blogiau tai, kad, nepaisant prasto oro, Greivasas vis tiek davė įsakymą sprogdinti. Pačiu netinkamiausiu momentu pakilo vėjas ir nunešė radioaktyvių dulkių debesį link salų į rytus nuo Bikinio.

Tose salose gyvenančios gentys 6.45 val. ryto virš horizonto pamatė milžinišką raudoną ugnies kamuolį – kaip saulėtekį, tik ne toje pusėje. Po kelių valandų iš dangaus pradėjo kristi balti druskingi pelenai. Per dieną vėjas nunešė šio Bikinio „sniego“ šuorus į salas, esančias maždaug už 240 kilometrų. Ten gyvenę vaikai (kurie nebuvo matę tikro sniego ir nesuprato, kas tai) pradėjo su tuo sniegu žaisti ir net jį valgyti. Be to, į „pūgą“ pateko ir dvidešimt trys japonai tunų žvejai, plaukę laivu „Laimę nešantis drakonas“, kuris pasirodė laimės nenešąs. Po kelių dienų žvejai ir salų gyventojai pradėjo skųstis galvos skausmu, pykinimu, nuovargiu, bėrimais ir plaukų slinkimu. Arčiausiose salose gyvenę vaikai gavo daugiau nei šimtą kartų didesnę radioaktyviųjų dulkių dozę nei bet kuris amerikietis, t. y. dozę, atitinkančią dešimt tūkstančių krūtinės ląstos rentgenografijų vienu kartu. Vienoje saloje penkiolikai iš devyniolikos vaikų dar nesulaukus dvidešimt vienerių išsivystė skydliaukės augliai. Dviejų vaikų skydliaukės apskritai nustojo funkcionavusios ir jie nustojo augti; vienas mirė nuo leukemijos. Tiek kančios vien dėl rytų vėjo.

Bikinyje net ir dabar rytais formuojasi radioaktyviųjų dulkių debesys. Kai kurie žmonės teigia, kad fanatikas Greivesas nurodė vykdyti bandymą, nors ir žinojo, kad vėjas nuneš radioaktyviasias dulkes į kitas salas. Kiti sako, kad kariniai meteorologai pateikė netikslias prognozes. Dar kiti mano, kad dėl didesnės, nei tikėtasi, sprogimo galios ir permainingų vėjų prognozuoti buvo beveik neįmanoma. Galbūt susidėjo visi trys dalykai. Tačiau aš manau, kad arčiausiai tiesos trečiasis paaiškinimas. XX amžiaus šeštajame dešimtmetyje dar buvo nedaug žinoma apie atmosferos frontų veikimą, ir ši aplinkybė taip pat prisidėjo prie nerūpestingumo radioaktyviųjų dulkių atžvilgiu. Kaip pamatysime kitame skyriuje, mūsų atmosfera – viena sudėtingiausių fizinių sistemų pasaulyje, ir net šiame superkompiuterių bei superbombų amžiuje tiksli orų prognozė tebėra retenybė. Taip neturėtų būti. Atmosferos frontai yra tiesiog šiltų ar šaltų dujų kišenės, sklindančios virš Žemės paviršiaus.

INTARPAS.

Albertas Einšteinas ir liaudies šaldytuvas



Dichlorodifluormetanas (CCl_2F_2) – šiuo metu ore jo yra 0,00054 milijono dalių.
Kiekvieną kartą įkvėpdami įtraukiame septynis trilijonus molekulių.

Daugelis žmonių žino, kad darbas su branduoliniais ginklais paskatino pirmųjų elektroninių kompiuterių vystymąsi. Tačiau ir kuklus šaldytuvas netiesiogiai paskatino pirmosios atominės bombos sukūrimą.

Vieną 1926-ųjų rytą skaitydamas laikraštį Albertas Einšteinas vos neužspringo kiaušiniene.* Prieš kelias dienas prakiurus šaldytuvo tarpinei ir nuodingoms dujoms ištekęs į butą, naktį savo namuose Berlyne užduso visa šeima su keliais vaikais. Labai susijaudinęs keturiasdešimt septynerių fizikas paskambino savo draugui, jaunam mokslininkui ir išradėjui Leo Silardui (Szilard). „Juk turi būti geresnis būdas“, – maldavo Einšteinas.

Silardas, kresnas dvidešimt aštuonerių metų vyras, prieš šešerius metus buvo padaręs įspūdį Einšteinui įrodydamas jo klaidą vienu moksliniu klausimu. (Tai būdavo nedažnas atvejis.) Negana to, Silardas turėjo gebėjimą keistas idėjas paversti naudingais prietaisais. Vėliau didelės energijos fizikos srityje jis tapo panašaus lygio mokslininku kaip Tomas (Thomas) Alva

Edisonas ir nubraižė pirmojo elektroninio mikroskopo ir dalelių greitintuvo eskizus. Su Einšteinu jie susidraugavo iš dalies dėl tokių mechaninių prietaisų pomėgio. (Nors jis pats buvo teoretikas ir šiek tiek vėjavaikiškas, Einšteino šeimoje buvo mėgstama knibinėti su prietaisais. Jo dėdė Jakobas ir tėvas Hermanas (Hermann) išrado naujos rūšies lankines lempas ir elektros skaitiklius, o pats Einšteinas septynerius metus dirbo Šveicarijos patentų biure.) Taigi tą rytą Einšteinas paskambino Silardui, ir juodu susitarė bendradarbiauti ir sukurti geresnį bei saugesnį šaldytuvą.

Tai nebuvo taip keista, kaip gali pasirodyti – per paskutiniuosius penkiasdešimt metų šaldymas buvo tapęs rimtu mokslu. Termodinamikos ir šilumos tyrimai atvedė prie absoliutaus nulio – žemiausios įmanomos temperatūros – sąvokos, ir kelios laboratorijos visame pasaulyje lenktyniavo tarpusavyje, norėdamos pasiekti patį termometro stulpelio dugną. Geriausi moksliniai tyrimai buvo susiję su bandymais suskystinti tam tikras dujas – azotą, deguonį, vandenilį, metaną, anglies monoksidą ir azoto oksidą. Visą XIX amžių šis šešetas, vadinamosios pastoviosios dujos, nepasidavė jokiems bandymams jas suskystinti (iš to ir kilo pavadinimas). Dėl tokio užsispyrimo kai kurie mokslininkai paskelbė, kad šių šešių dujų suskystinti neįmanoma ir kad jos kažkaip skiriasi nuo visos kitos materijos. Kiti mokslininkai sakė, kad tai nesąmonė ir kad nauji galingi aušinimo metodai galiausiai jas kondensuos. Pastarieji dėjo viltis į ciklinį aušinimo procesą, kurio metu iš medžiagų keliais etapais buvo pašalinama šiluma.

Pirmasis etapas buvo kameros pripildymas lengvai suskystinamomis dujomis. Pavadinkime jas A dujomis. Mokslininkai suspausdavo A dujas stūmokliu, o tada aukšto slėgio kamerą atšaldydavo išoriniu šalto vandens apvaskalu. A dujoms atšalus, atsidarydavo vožtuvas. Dėl to sumažėdavo slėgis į A dujas, ir jos galėdavo išsiplėsti į didesnę tūrį. Svarbiausia, kad plėtimasis į didesnę tūrį reikalauja energijos ir darbo. (Panašiai būtų, jei šuniukų vadą uždarytumėte į mažą sandėliuką, o tada atidarytumėte duris ir leistumėte jiems laisvai lakstyti po namus – jie staiga išskirtų daug daugiau energijos.) Šioje situacijoje A dujos energijos plėtimuisi gali gauti tik iš vidinių savo šilumos energijos ištekių. Tačiau eikvodamos juos A dujos neišvengiamai dar labiau atvėsdavo ir maždaug prie -73°C kondensuodavosi į skystį.

Dabar gudriosios dalies eilė. Kitame etape būdavo naudojama sunkiau suskystinamų B dujų kamera. Mokslininkai taip pat pirmiausia suspausda-

vo B dujas stūmokliu. Tačiau vietoj šalto vandens apvalkalo jie naudodavo suskystintas A dujas. Taip B dujų temperatūra nukrisdavo iki -73°C . Atidarius vožtuvą, B dujos išsiplėsdavo, tam naudodamos vidinę savo šilumos energiją. Tada jų temperatūra nukrisdavo iki -118°C ir jos taip pat suskystėdavo.

Dabar B dujas buvo galima panaudoti šaldymo apvalkale dar labiau užsispyrusioms C dujoms suskystinti, ir taip toliau. Šis procesas leido pasiekti tokią žemą temperatūrą (apie -251°C), kad net ir „pastoviosios“ dujos nebeatsilaikė ir galiausiai visos šešios buvo suskystintos.* Ypač gražiai atrodė skystas deguonis, švytėjęs melsva spalva kaip skystas dangus.

Šaldymas dujomis ilgą laiką buvo tiesiog šiaip įdomybė, kol apie 1895-uosius bendrovė „Guinness Brewing“ neinvestavo į šią technologiją. Iki tol alaus daryklos alų gamindavo tik žiemą ir sandėliuodavo. („Lager“ vokiškai reiškia „sandėlis“.) Šaldytuvai leido daryklai „Guinness“ gaminti alų visus metus, dėkui Dievui. Netrukus visame pasaulyje paplito komerciniai šaldytuvai, panašūs į tą, kuris dabar stovi jūsų namuose. Visi šiuolaikiniai šaldytuvai pagaminti taikant tuos pačius pagrindinius šaldymo dujomis principus.

Atplėšę vidines šaldytuvo plokštes pamatytumėte vamzdelių eiles. Vamzdelių viduje rastumėte skystį (pavadinkime jį skysčiu Z), kurio virimo temperatūra žema. Apkepams ir kitam maistui jūsų šaldytuve skleidžiant šilumą, skystis Z sugeria tą šilumą pro šaldytuvo sienelės ir sušyla iki virimo temperatūros. Susidariusios dujos Z išteka pro kitus vamzdelius, kartu nusinešdamos šilumą.

Tada dujos Z patenka į aukšto slėgio kamerą, kur suspaudžiamos stūmokliu. (Kompresoriaus variklis ir sukelia specifinį šaldytuvo burzginimą.) Kompresorius išstumia šiltas Z dujas į dar kitus vamzdelius, esančius už šaldytuvo, kad dujos galėtų atiduoti šilumą į išorę. Tokiu būdu dujos sėkmingai pašalina šilumą, iš šaldytuvo vidaus išmeta ją į išorę. Išskyrusios pakankamai šilumos, Z dujos vėl kondensuojasi į skystį. Šis teka pro išplėtimo prietaisą, kur jo slėgis sumažėja, dar labiau atvėsta, ir ciklas užbaigiamas. Skystis Z grįžta į vamzdelius šaldytuvo viduje, vėl užverda ir neša šilumą laukan.

Vienas dalykas čia gali skambėti įtartinau. Skystis Z užverda. Ar dėl to viskas neturėtų užkaisti? Ne visai. Skystis įšyla, tai tiesa. Tačiau tokioje

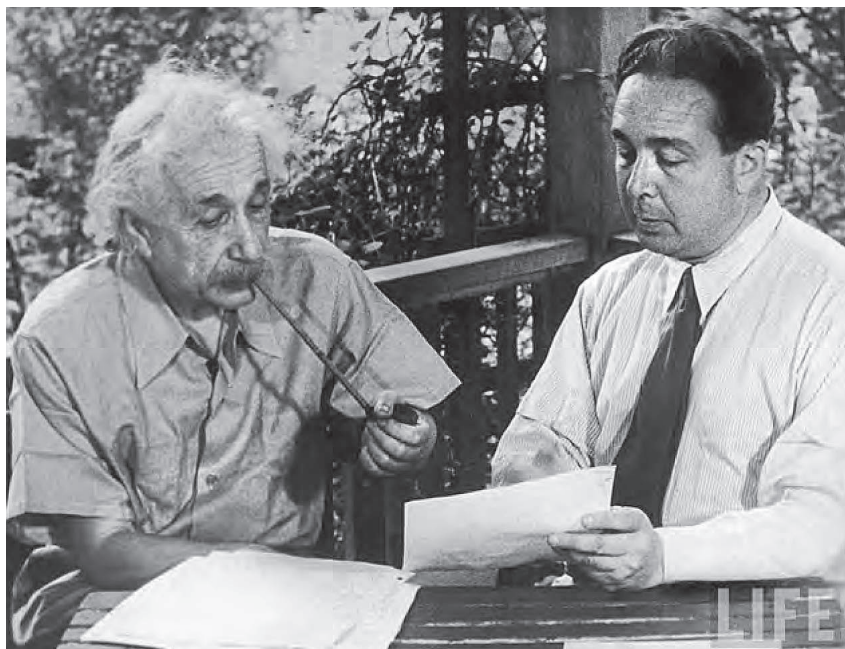
uždaroje sistemoje kaip šaldytuvas skystis gali įkaisti tik atimdamas šilumą iš jūsų apkepo – vienam šylant kitas neišvengiamai vėsta. O užvirimas iš tiesų labai svarbus. Atsimenate „paslėptąją šilumą“, dėl kurios taip sielojosi Džeimsas Vatas? Šis principas teigia, kad skysčiui virstant dujomis sugeriamas milžiniškas kiekis energijos. Vato varikliuose tai buvo trūkumas, tačiau šaldytuvuose tai privalumas – sugerti šilumą ir ją pašalinti ir yra pagrindinis šaldytuvo tikslas, o tai geriausiai atlieka skysčiai, virsdami dujomis. (Tas pats procesas paaiškina, kodėl karštą dieną išgaruodamas skystas prakaitas jus atvėsina.)

Iki XX amžiaus trečiojo dešimtmečio šaldytuvai su dujų kompresoriais pakeitė ledo dėžes visoje Europoje ir Šiaurės Amerikoje. Tik viena problema – visos trejos dujos (amoniakas, metilo chloridas ir sieros dioksidas), tuo metu naudotos aušinimui, buvo nuodingos ir kartkartėmis išnuodydavo ištisas šeimas. (Metilo chloridas kartais dar ir sprogdavo, tiesiog šiaip, dėl smagumo.) Štai iš kur kilo Einšteino pažadas rasti „geresnę būdą“. Jis žinojo, kad silpnoji buitinių šaldytuvų vieta – kompresorius, kurio tarpinės nuo slėgio dažnai trūkdavo. Taigi su Silardu jie suprojektavo šaldytuvą be kompresoriaus, vadinamąjį dujų absorbcijos šaldytuvą.

Paprasčiausiame absorbcijos šaldytuve kameroje sumaišomi du skysčiai – absorbentas ir aušinimo skystis. (Įsidėmėkite šiuos pavadinimus.) Projekto esmė ta, kad žemoje temperatūroje šios medžiagos lengvai susimaišo. Tačiau pašildžius kamerą nedidele metano liepsna aušinimo skystis užverda ir išgaruoja, o absorbentas lieka.

Aušinimo dujos dabar iškeliauja į ilgą ir vingiuotą kelionę. Pirmiausia jos teka į vamzdelius už šaldytuvo ir atiduoda šilumą, sugertą iš liepsnos. Šio etapo metu jos atvėsta ir tampa skysčiu. Veikiamas gravitacijos skystis teka į plokštes šaldytuvo viduje, kur sutraukia dar vieno apkepo šilumą. Sugėręs šilumą, skystis užverda, ir susidariusios dujos išneša paslėptąją šilumą iš šaldytuvo vidaus. (Pagal kai kuriuos projektus dujos dar teka į kitus vamzdelius už šaldytuvo, kad atiduotų visus šilumos likučius.)

Tuo tarpu pirminėje kameroje metano liepsnelė išsijungia, leisdama ten likusiam absorbentui atvėsti. Šalto vandens apvalkalas dar labiau atvėsina absorbentą. Absorbentas tiek atvėsta, kad kai aušinančios dujos vėl grįžta į kamerą, absorbentas kondensuoja jas į skystį ir jį sugeria. Grįžtame ten, iš kur pradėjome – kameroje susimaišo du skysčiai, kuriuos galima



Leo Silardas (dešinėje), branduolinės grandininės reakcijos išradėjas, bendradarbiavo su Albertu Einšteinu išrasdami kelių rūšių šaldytuvus.

(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS LOS ALAMOSO NACIONALINEI LABORATORIJAI)

atskirti šildant liepsna. Apskritai dujų absorbcijos šaldytuvai ir įprasti šaldytuvai produktus vėsina tuo pačiu būdu – užvirindami jas. Skiriasi tik jų aušinimo ciklo procesas.

Tai irgi gali skambėti kaip apgavystė – liepsna atšaldo mano alų? Bet tai ir yra dujų paslaptis. Iš tiesų liepsna čia ne tiek prideda šilumos, kiek atlieka fizinį darbą – paversdama aušinimo skystį dujomis, atskiria jį nuo absorbento. O kai sistemoje turite laisvai tekančių dujų, galimybių atsiranda begalė. Iš tiesų šaldymo meno esmė – nukreipti dujas taip, kad jos sugertų šilumą čia, nuneštų ją ten ir atiduotų dar kur nors kitur. Pagal analogiją su Tomo Seiverio mašinos pavadinimu, Einšteino ir Silardo šaldytuvą būtų galima pavadinti mašina, šaldančia vandenį ugnimi.

Iš tiesų Einšteino ir Silardo šaldytuve buvo naudojami trys skysčiai ir dujos, tad jis buvo šiek tiek sudėtingesnis, nei aprašyta pirmiau. Palyginti

su įprastais šaldytuvais, jų konstrukcija turėjo keletą privalumų. Šaldytuvas neturėjo variklio, todėl nekėlė triukšmo ir retai gesdavo. Jis nenaudojo elektros (tik metaną), jam nereikėjo tarpinių, kurios dažnai trūkdavo ir išleisdavo nuodingas dujas.

Kai kurie istorikai darė prielaidą, kad Einšteinas tik davė patarimų dėl patentų paraiškų arba pasinaudojo savo žinomumu, kad priviliotų investuotojų, o pagrindinį darbą atliko Silardas. Iš tiesų Einšteinas daug dirbo prie projekto ir jiedu su Silardu šešiose šalyse gavo dešimtis įvairių šaldytuvo dalių patentų. (Amerikos patentinis patikėtinis, pastebėjęs Einšteino parašą, negalėjo patikėti savo akimis.) Galiausiai jiedu pardavė kelis patentus ir už juos gavo gražų 750 dolerių čekį (šiandien tai atitiktų 10 000 dolerių). Tada jie atidarė bendrą einamąją sąskaitą, visai kaip sutuoktinių pora. Silardas papildomai gaudavo 3 000 dolerių per metus už konsultavimą.

Kaip ir bet kuri sutuoktinių pora, jie kartais susikirsdavo. Silardas mėgo inžinerinį sudėtingumą ir prie šaldytuvo vis pridėdavo naujų vožtuvų ir aušinimo linijų. Tuo tarpu Einšteinas siekė paprastumo ir elegancijos – tiek buitinių prietaisų, tiek fizikos atžvilgiu. (Jam tikrai nebūtų patikę dirbti su Džeimsu Vatu.) Dėl šio paprastumo troškimo Einšteinas ir Silardas galiausiai sukūrė du skirtingus šaldytuvus, kurie veikė pagal skirtingus fizikinius principus. Vienaime iš jų jie pakeitė įprastinio šaldytuvo stūmoklį išlydytu natriu, kurį magnetai kilnojo aukštyr žemyn suspausdami dujas. Kitame šaldytuve nedideliame vakuuminiame siurbliui varyti buvo naudojamas virtuvės čiaupo vandens slėgis. Siurblys vėsindavo produktus išgarindamas metanolį. Pastarąjį įrenginį Einšteinas pavadino liaudies šaldytuvu – *Der Volks-Kühlschrank*.

Deja, nė vienas iš trijų Einšteino ir Silardo šaldytuvų taip ir nepateko į žmonių namus. Tai nestebina, nes lydyto natrio siurblys pasirodė esąs kiek nepraktiškas naudoti įprastoje virtuvėje (tačiau vėliau buvo sėkmingai panaudotas atominėse elektrinėse). Čiaupo vandeniu varomas variantas nepasiteisino, nes vokiečių butuose vandens spaudimas buvo silpnas ir neleido siurbliui normaliai veikti. Dujų absorbcijos šaldytuvai sudegindavo per daug degalų, kad galėtų konkuruoti su kompresiniais šaldytuvais. Palyginti su jais, Einšteino ir Silardo modelis atrodė kaip Niukomeno variklis.

Net didžiausio įprastų šaldytuvų trūkumo – mirtinų dujų – neliko 1930-aisiais, kai pasirodė naujos, netoksiškos aušinimo dujos – freonas

(CF_2Cl_2). Per dešimtmetį beveik visuose buitiniuose šaldytuvuose pradėta naudoti chlorfluorangliavandenilį*, tad Einšteino ir Silardo šaldytuvas tapo istoriniu reliktu. Žinoma, freonas turėjo kitą bjaurų trūkumą. Seniems šaldytuvams atsidūrus laužyne, freonas ištekdavo ir pakildavo į stratosferą. Ten ultravioletiniai spinduliai atskeldavo chloro atomus ir susidarydavo laisvieji radikalai, kurie neįtikėtinais veiksmingai „graužė“ ozono molekules – vienas chloro radikalas per savo gyvavimo laikotarpį gali sunaikinti 100 000 molekulių O_3 . Dėl to ozono sluoksnyje galiausiai atsivėrė skylė, kuri žiojėja iki šiol ir neužsivers dar kelis dešimtmečius, jei apskritai kada nors užsivers. Gali būti, kad investavusi į Einšteino ir Silardo vandens vėsinimo ugnimi metodą žmonija būtų išvengusi didelių ir ilgalaikių problemų.

(Beje, freoną išradęs chemikas Tomas Midžlis (Thomas Midgley) 1921-aisiais išrado ir pirmąjį benziną su švinu. Jis tai padarė siekdamas sumažinti variklio bildesį, tačiau švinas iš benzino užteršė atmosferą ir pakenkė augančių vaikų smegenims. Tai reiškia, kad šis vienas žmogus per mažiau nei dešimtmetį išrado du neabejotinai blogiausius XX amžiaus pramonės produktus. Tačiau Midžlis neišgyveno tiek, kad pamatytų, ką pridaręs. 1940-aisiais jis susirgo poliomielitu ir nebevaldė kojų, tad išrado virvių ir skriemulių sistemą, kad galėtų persikelti iš lovos į vežimėlį. Vieną 1944-ųjų rytą jis susipainiojo virvėse ir pasismaugė.)

Tad ar kurdami šaldytuvą Einšteinas ir Silardas paprasčiausiai iššvais-tė savo laiką ir talentą? Ne visai. Einšteinui darbas su šaldytuvu buvo atgai-va nuo bergždžių Visko teorijos paieškų. Išlaikydamas dvi šeimas ir griū-vant Vokietijos ekonomikai, Einšteinas taip pat džiaugėsi gaudamas pa-pildomų pajamų. Silardui pinigų reikėjo dar labiau, ypač kai 1933-iaisiais jis pabėgo iš nacistinės Vokietijos į Londoną. (Jis turėjo žydiško kraujo.) Kitus kelerius metus Silardas gyveno iš šaldytuvo pajamų, o netikėtai gauta laisve naudojosi leisdamasis į ilgus pasivaikščiojimus ir apmąstymus, koks galėtų būti kitas didis fizikos atradimas. Atsakymas atėjo vieną 1933-ųjų rugsėjo popietę, jam žengiant nuo šaligatvio prie Britų muziejaus. Jis buvo girdėjęs apie eksperimentus su subatominių dalelių, vadinamų neutronais, išlaisvinimu. Tad ėmė svarstyti, kas nutiktų, jei, pavyzdžiui, urano atomas skiltų ir išlaisvintų kelis neutronus. Šalia esantys kiti urano atomai juos, ko gera, prisijungtų, taptų nestabilūs ir, skildami patys, išlaisvintų neutro-nus. Pastarieji paverstų nestabiliais dar daugiau atomų, o šie išlaisvintų dar

daugiau neutronų, ir taip toliau. Pagal garsiąją patento partnerio formulę $E = mc^2$ kiekvienas skylantis atomas išlaisvintų vis daugiau energijos.

Kol perėjo gatvę, Silardas jau buvo sugalvojęs pirmosios branduolinės grandininės reakcijos principą. N taip, kaip jo šaldytuvai, šis išradimas per kelis ateinančius neramius dešimtmečius išplito net per daug. Per tuos dešimtmečius žmonės prarado tikėjimą mokslo geranoriškumu, o mokslininkai prarado tikėjimą tvarkinga ir nuspėjama visata.

AŠTUNTAS SKYRIUS

ORŲ KARAI



Sidabro jodidas (AgI) – šiuo metu ore jo yra nulis dalių iš milijono (nebent kas nors virš jūsų „sėja“ debesis).

Chemikas Irvingas Lengmiuras (Langmuir) jau buvo gavęs Nobelio premiją, tačiau dar niekada nebuvo per eksperimentą šaukęs iš džiaugsmo. Buvo 1946 metų lapkričio 13-oji. Jis stovėjo Niujorko Skenekadžio oro uosto valdymo bokšte ir stebėjo, kaip virš galvos praskrenda mažas propelerinis lėktuvas. Maždaug 4 250 metrų aukščiau jo asistentas, persisvėręs per lėktuvo langą, bėrė sauso ledo granules į debesį. Pasak vieno liudininko, po kelių sekundžių „debesis pradėjo raitytis tarsi agonijoje“. Po penkių minučių debesis buvo dingęs, pavirtęs lietumi.

Žemės nepasiekė nė vienas lietaus lašas – jie išgaravo anksčiau. Tačiau Langmiuras ant žemės kone šokinėjo iš džiaugsmo. „Tai istorinis įvykis!“ – šaukė jis. Lėktuvui dar nespėjus nusileisti, jis nulėkė prie telefono paskambinti žurnalistui. „Žmonija pagaliau išmoko suvaldyti orą!“ – rėkė jis į ragelį.

Jei tokį pareiškimą būtų ištaręs kas nors kitas, žurnalistas tikriausiai būtų padėjęs ragelį. Tačiau Langmiuras savo laikais buvo toks pat garsus kaip Albertas Einšteinas, o jo nuomonė labai gerbiama. Ir nors Langmiuras pagal profesiją buvo chemikas, jo nuokrypis į meteorologiją tuo metu nieko nestebino. Iš tiesų, tuo metu įvairių sričių atstovai imdavosi meteorologijos. Pneumatinės chemijos specialistai intensyviai tyrinėjo orus bandydami suprasti, kaip elgiasi tokios dujos kaip oras. Astronomai kruopščiai vesdavo užrašus apie orą, kad galėtų numatyti, kada nusigiedrins dangus jų teleskopams.

Tą patį darė ir gydytojai, remdamiesi teorija, kad blogi orai sukelia ligas. Robertas Hukas, Džonas (John) Daltonas, Džeimsas Vatas, lordas Reilis – visi jie kažkuriuo metu buvo meteorologai, o sąrašą galėtume dar ilgai tęsti. Čarlzas Darvinas buvo pirmasis mokslininkas, tyrinėjęs El Ninjo¹⁷ kelionėje „Biglio“ laivu, o „Biglio“ kapitonas Robertas Ficrojus (FitzRoy)* 1861-aisiais laikraštyje „The Times of London“ paskelbė pirmąją orų prognozę istorijoje.

Tačiau Langmiuro viltys ir svajonės meteorologijos srityje buvo daug didesnės nei jo pirmtakų – jis norėjo ne tik suprasti orus, bet ir juos valdyti. Žinoma, meteorologija besidomintys mokslininkai visuomet pasižymėdavo perdėtu pasitikėjimu savimi. Nors tos viltys šimtmečiais žlugdavo, jie niekada neprarado tikėjimo, kad jau tuoj tuoj supras, kaip veikia orai. Tik palaukite, kol gausime naujus barometrus, naujas meteorologines stoteles, naujus kompiuterius – tada jau idealiai prognozuosime orus. Meteorologija – kaip ta komanda iš filmo „Nevykėliai lokiai“ (*Bad News Bears*), kuri tikrai laimės kitais metais, bet niekada taip ir nelaimi.

Tačiau Langmiuro siekiai išsiskiria netgi tarp tokių nepataisomų optimistų. Į meteorologijos sritį jis atėjo dėl kažko panašaus į mokslininko vidutinio amžiaus krizę, ir jo charizma bei puiki kvalifikacija įtikino šimtus kolegų prisidėti prie jo sumanymo. Jų darbas galiausiai baigėsi nesėkme –

¹⁷ Neįprastas, necikliškas Ramiojo vandenyno ekvatorinės dalies vandenyno srovių pasikeitimas.

paaiškėjo, kad tai tiesiog primityvaus lietaus šokio modernesnė versija. Tačiau kol jis tęsėsi, tai buvo tikras šou.

*

Pirmasis žymus orų kontrolės šalininkas kilo iš galimybių žemės – Amerikos. Iš Kentukio kilęs meteorologas Džeimsas Audrų Karalius Espis (James Espy) XIX amžiaus ketvirtajame dešimtmetyje pastebėjo, kad indėnų laužai kartais prišaukia liūtų. Be to, keliaudamas į didelius miestus jis pamatė, kad iš fabrikų kaminų virstantys dūmai taip pat pritraukia lietaus debesis. Taigi remdamasis geležine logika, kad koreliacija visada liudija priežastingumą, Espis paskelbė, jog liūtų sukelia dūmai, ir pradėjo siūlyti planą, kaip reguliuoti kritulius rytinėje JAV dalyje. Viskas, ką valdžia turėjo padaryti, tai kiekvieną sekmadienio popietę sukelti milžinišką miško gaisrą Apalačų kalnuose. Netrukus orai taptų tokie pat pastovūs, kaip ir potvyniai.

Teisybės dėlei reikia pripažinti, kad Espis pateikė ir keletą ne tokių beprotiškų teorijų, ypač dėl debesų susiformavimo. Pasak jo, debesy susidaro tada, kai šilto oro kišenės pakyla aukščiau, į vėsesnę atmosferą, kur kondensuojasi vandens garai. Ši teorija ne tik buvo iš esmės teisinga, bet ir išpranašavo vieną svarbiausių šiuolaikinės meteorologijos dėsnių, kad daugumą orų pokyčių sukelia vandens garai. Ne taip kaip daugumos kitų atmosferoje esančių dujų, vandens garų koncentracija priklausomai nuo vietos sąlygų gali skirtis dešimtis kartų – nuo beveik nulio dykumose iki kelių dešimčių procentų atogrąžų miškuose. Be to, visos kitos pagrindinės sudedamosios oro dalys – deguonis, azotas, argonas – išlieka dujinės būsenos iki kelių šimtų laipsnių žemiau nulio, tuo tarpu vandens būsena esant įprastai, kasdienei temperatūrai labai lengvai kinta iš skystosios į dujinę ir atvirkščiai. Dėl to vanduo nuolat skirtingose vietose kondensuojasi ir garuoja. O nuolat kondensuodamasis ir garuodamas jis nuolat išsiurbia paslėptąjį šilumą iš oro ir išmeta ją į orą aplink save. Šilumos srautas sukelia temperatūros ir slėgio pokyčius, dėl kurių susiformuoja skirtingos oro zonos, vadinamos frontais. Šie aukšto ir žemo slėgio frontai susiduria ir lemia įvairias oro sąlygas – sukelia vėją arba išsiveržia audromis. (Terminas „frontas“ buvo nukaldintas per Pirmąjį pasaulinį karą ir primena kariuomenių susirėmimą.) Tiek chaoso dėl trupučio vandens.

Vandens tyrimai nuviliojo Irvingą Langmiurą prie orų tyrimų. Savo oficialiame darbe „General Electric“ laboratorijoje šiaurės Niujorke Langmiuras tyrinėjo paviršių chemiją. Ne taip kaip daugumoje komercinių laboratorijų, čia jis turėjo laisvę tyrinėti ką tik norėjo. Per Antrąją pasaulinį karą jis pradėjo tyrinėti ledo sankaupas ant lėktuvų sparnų ir atliko keletą lauko tyrimų ant netoliese esančio Vašingtono kalno Naujajame Hampšyre. Tarp meteorologijos entuziastų kalnas buvo pagarsėjęs savo vėjais – 1934-aisiais ten buvo užfiksuotas rekordinis vėjo greitis Žemėje – apie 372 kilometrai per valandą (šis rekordas kalnui priklausė iki XX amžiaus dešimtojo dešimtmečio). Tačiau Langmiurą labiau domino keista drėgmė ant kalno. Ten dažnai vyrodavo itin šalto vandens migla – vanduo būdavo daug žemesnės už nulį temperatūros, tačiau nesusaldavo į ledą. Panašus neapibrėžtumas, kaip ir su Šriodingerio (Schrödinger) kate – kaip gali vanduo neužšalti žemiau savo užšalimo taško? Tai intrigavo Langmiurą – jis norėjo sužinoti daugiau.

Kadangi darbui atlikti reikėjo pagalbos, jis pasisamdė asistentą vardu Vincentas Šaferis (Schaefer). Langmiuras turėjo kelis aukštus mokslinius laipsnius ir buvo studijavęs Paryžiuje bei Vokietijoje, o Šaferis, kad padėtų tėvams pragyventi, metė vidurinę ir išėjo dirbti į „General Electric“. Iš pradžių dirbo prie staklių ir gamino modelius (panašiai kaip Džeimsas Vatas), bet šis darbas jam pasirodė nuobodus ir jis ėmė ieškoti kitų galimybių per neakivaizdinius kursus. (Vienu metu rimtai svarstė galimybę tapti arboristu.) Susitikimas su Langmiuru pažadino susidomėjimą gamtos mokslais, ir netrukus jis išrado mašiną, išsaugančią snaigių atspaudus. Langmiurui tai padarė įspūdį ir 1946-aisiais jis pasamdė Šaferį, kad šis padėtų jam tyrinėti itin šaltą vandenį.

Savo eksperimentus Šaferis pradėjo įsigydamas atvirą šaldiklį, kainavusį 240 dolerių (šiandien tai atitiktų 3 000 dolerių). Jis išklojo jį juodu aksomu, kad galėtų matyti susiformavusius ledo kristalus, o tada papūtė į jo vidų, kad susidarytų drėgmė, tuoj pat tapusi itin šalta. Savaitė po savaitės jis visaip kaitaliojo šaldiklio nuostatas, tačiau iškvėpta drėgmė niekaip nesikondensavo į ledą.

Vieną itin karštą liepos dieną, kai šaldikliui sunkiai sekėsi palaikyti žemą temperatūrą, Šaferis užėjo į gretimą laboratoriją, pasiskolino sauso ledo (sušaldyto CO₂) bloką ir padėjo šaldiklio kampe. Tai viską pakeitė.



Irvingas Langmiuras (kairėje) ir Bernardas Vonegutas (Vonnegut), dešinėje, stebi, kaip Vincentas Šaferis pučia į šaldiklį, kad susidarytų ledo kristalai – tai pirmasis žingsnis kuriant dirbtinį lietų.

(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS INOVACIJŲ IR MOKSLO MUZIEJUI)

Vos įdėjus ledą į šaldiklį, migloje ėmė žybsėti milijonai ledo kristalų. Spindėdami kaip mikroskopiniai deimantai, jie nusklendė ant juodo aksomo. Iš pradžių Šaferis pamanė, kad dėl sauso ledo pasikeitė miglos cheminė sudėtis, tačiau tolesni eksperimentai tą paneigė. Pasirodo, svarbiausia buvo sauso ledo temperatūra. Žemiausia šaldiklio temperatūra buvo apie -13°C , o sušaldyto CO_2 – žemesnė nei -38°C . Susidūręs su tokiu žiauriu, nenatūraliu, šalčiu, net itin šaltas vanduo pasiduodavo ir virsdavo ledu.

Šis atradimas Langmiurui sukėlė minčių. Tuo metu mokslininkai žinojo, kad debesys danguje iš esmės yra itin šalto vandens maišai. Jie taip pat žinojo, kad lietus iš dangaus dažniausiai pradeda kristi ledo kristalų pavidalu, o pakeliui ištirpsta. Langmiuras pagalvojo, kad jei įbertų į debesį

sauso ledo, galbūt tai paverstų itin šaltą vandenį ledu ir dirbtinai sukeltų lietų. Taigi tą lapkritį jis išsinuomojo lėktuvą ir išsiuntė juo Šaferį su trimis kilogramais sauso ledo granulių, kad pažiūrėtų, kas nutiks. Po dvidešimties minučių Langmiuras jau skelbė apie istorinį įvykį.

Neturintis stabdžių mokslininkas iškart suplanavo antrą bandymą gruodžio 20 dieną ir netrukus sužinojo, kad jo laisvė „General Electric“ laboratorijoje vis dėlto turi ribas. Kaip ir anksčiau, Šaferis tą penktadienio popietę iš lėktuvo „pasėjo“ debesį, ir šis vėl pradėjo judėti ir raitytis. Iš karto nieko daugiau neįvyko, tad komanda grįžo namo. Tačiau tą naktį šiauriniame Niujorke iškrito dvidešimt centimetrų sniego. Automobiliai slydinėjo nuo kelio, spūstys greitkeliuose driekėsi šimtus kilometrų, įmonės prarado milijonus prieškalėdinės prekybos pajamų. Langmiuras nesitvėrė džiaugsmu. Tiesa, jis pripažino, kad orų biuras prognozavo audrą, be to, debesį, į kurį jie „pasėjo“ ledo, jau ir taip atrodė „prisirpęs“ ir, ko gero, būtų išsnigęs ir taip. Bet jis vis tiek prisiėmė visą atsakomybę – pirmoji tikslingai sukurta audra per visą žmonijos istoriją.

Tačiau „General Electric“ advokatai išgyveno kolektyvinį galvos skausmą – galima teisinė atsakomybė buvo milžiniška. Jie privertė Langmiurą viešai paneigti, kad debesies „pasėjimas“ sukėlė audrą, ir uždraudė vykdyti bet kokius lauko bandymus „General Electric“ vardu.

Žinoma, draudimas Langmiurą nuvylė, tačiau jis nebuvo linkęs ilgai raukytis. Jo komanda toliau triūsė laboratorijoje ir – velniop tuos advokatus – netrukus jam kilo tokia revoliucinė idėja, kad dėl jos jis metė visus kitus savo projektus. Ji turėjo ne tik pagerinti dirbtinį lietaus sukėlimą, bet ir suteikti Langmiurui antžmogišką galią valdyti uraganus.

Idėja buvo paremta bendrąja Džeimso Espio teorija apie debesų susidarymą. Espis teigė, kad debesys susiformuoja šilto, mažesnio tankio, oro kišenėms kylant aukšty. Tam tikru momentu vandens garai atvėsta ir kondensuojasi į skysto vandens lašelius. Nuo žemės tie lašelių spiečiai atrodo kaip debesys. Daugelį metų meteorologai manė, kad vos tik lašeliai „pasirengia“ kristi, automatiškai pradeda lyti. Pasirodo, viskas ne taip paprasta. Dauguma debesyse susiformavusių lašelių automatiškai neiškrenta lietumi – jie per maži. Pirmieji oreiviai žinojo, kad oras stipriai kelia aukšty viską, kas jame yra, taip pat ir vandens lašelius. O kai lašeliai susidaro dideliame aukštyje, dauguma jų tokie maži (vienos milijonosios gramo

dalies svorio), kad gravitacija neįveikia keliamosios jėgos ir nenutempia jų žemyn. Gravitacija šią kovą pralaimi tol, kol lašeliai padidėja milijoną kartų ir pasiekia vienos dešimtosios gramo dalies svorį. Kad tai įvyktų, milijonas smulkių lašelių turi susijungti į vieną didesnę lašą. Priešingu atveju jie tiesiog kabo ore.

Akivaizdus klausimas – kas priverčia lašelius jungtis į vieną? Gali atrodyti, kad lašeliai paprasčiausiai atsitiktinai atsitrenkia vienas į kitą ir sulimpa. Vis dėlto šis procesas nėra labai veiksmingas, ir tokiu būdu susiformavę lašeliai retai kada padidėja tiek, kad nukristų žemėn. Geresnis būdas – vadinamosios „sėklos“, t. y. kieti paviršiai, prie kurių prikimba lašeliai. Dėl įvairių priežasčių, keliems lašeliams prikibus prie „sėklos“, netrukus jų pavyzdžiu paseka ir daugelis kitų. Dėl to lašeliai netrukus tampa pakankamai sunkūs, kad iškristų iš debesų lietumi. Kad debesis virstų krituliais, „sėklos“ būtinos.

Geriausios „sėklos“ yra ledo kristalai – ledo taškeliai debesyse susiurbia visus aplink esančius vandens lašelius. (Tai paaiškina, kodėl sausas ledas sukėlė tokį sujudimą debesyse – jis pavertė itin šaltą vandenį ledo kristalais.) Pašalinės dalelės, pavyzdžiui, dulkės, taip pat yra geros „sėklos“. „Sėklomis“ gali tapti net oru plintančios bakterijos. Iš tiesų dauguma snaigių atsiranda kaip lediniai bakterijų „kapai“. (Pagalvokite apie tai kitą kartą, kai liežuvio gaudysite snaiges.)

Dulkės ir bakterijos – geros „sėklos“, tačiau Langmiuras suprato, kad dirbtinės cheminės medžiagos galėtų būti dar veiksmingesnės. Jei konkrečiau, jis norėjo cheminės medžiagos, kurios molekulinė struktūra būtų panaši į ledo, t. y. kurios forma „apgautų“ itin šalto vandens lašelius, ir jie prie jos priliptų. Taigi paliepė kitam „General Electric“ asistentui, Bernardui Vonegutui, rasti tokią cheminę medžiagą. Per kitas kelias savaites Vonegutą praleido daugybę be galo įdomių valandų bibliotekoje, versdamas kristalografijos vadovėlių puslapius. Galiausiai jis rado tris „kandidatus“, tarp jų – sidabro jodidą. Cheminiu požiūriu sidabro jodidas visiškai neprimena vandens – tai šviesiai geltoni milteliai, tačiau jis sudaro šešiakampius kristalus, kaip ir vanduo. O tyrimai su šaldikliu parodė, kad jis išties „apgauja“ itin šaltą vandenį ir sukelia tikrą grandininę ledo formavimosi reakciją. Jei tai nutiktų ir su tikrais debesimis, Langmiuras įgytų neregėtą galią ir galėtų jais manipuliuoti.

(Ši grandininė ledo reakcija turėjo įdomų šalutinį poveikį. Bernardo Voneguto brolis dirbo „General Electric“ viešųjų ryšių skyriuje ir kartą išgirdo pasakojimą, kaip Langmiuro laboratorijoje apsilankė mokslinės fantastikos rašytojas H. G. Velsas (Wells). Langmiuras pasinaudojo galimybe pasiūlyti Velsui parašyti romaną apie mokslininką, išradusį ypatingą ledą, kuris kristalizuojasi kambario temperatūroje ir sukelia grandininę reakciją užšaldydamas visus pasaulio vandenynus. Velsas maloniai atsisakė. Tačiau idėja sužavėjo Bernardo jaunesnįjį brolį ir Kurtas Vonegutas vėliau panaudojo ją romane „Katės lopšys“.)

Kadangi „General Electric“ vis dar atsargiai žiūrėjo į atsakomybę, Langmiurui teko ieškoti kito partnerio, kuris finansuotų naujus lauko bandymus. Galiausiai juo tapo JAV kariuomenė, kuri 1947-aisiais nusprendė remti projektą „Cirrus“¹⁸. Projektas „Cirrus“ turėjo kelis tikslus, vienas iš kurių buvo sušvelninti sausras. Tačiau visi rėmėjai užvis labiausiai norėjo suvaldyti destruktiviausias gamtos audras – uraganus. Čia Langmiuras pasirodė ir iš geriausios, ir iš blogiausios pusės.

Vykdam planą neutralizuoti uraganus, reikėjo atlikti stebėjimus ir pritaikyti dedukcijos metodus, kiekviename etape remiantis ankstesniais. Stebėjimai prasidėjo nuo uraganų struktūros. Uraganai iš esmės yra aplink „akį“ besisukantis stiprus vėjas. Pagal populiarią posakį, uragano „akyje“ yra ramu, tačiau riba tarp jos ir likusios audros dalies, vadinamos siena, yra pati grėsmingiausia vieta, kurioje vėjo greitis neretai viršija 240 kilometrų per valandą. Tai labai didelis greitis, tad būtų galima manyti, kad taip stipriai besisukantis sukurs turėtų išsiblaškyti į šalis. Juk bet koks besisukantis dalykas yra veikiamas išcentrinės jėgos, kuri traukia į išorę (tos pačios jėgos, kuri numestų jus nuo karuselės, jei nesilaikytumėte stipriai įsikibę).

Uraganai nėra išimtis – ši išorinė traukianti jėga gali juos suardyti. Tačiau yra ir kita jėga, paremta slėgių skirtumu. Mat uragano sieną sudaro didelio slėgio, o akį – mažo slėgio oras. O kadangi oras nuolat teka iš didesnio slėgio srities į mažesnio slėgio sritį, ši jėga spaudžia uraganą vidun, atsverdama išcentrinę jėgą ir išlaikydama jį viename daikte. Kitaip tariant, nors pačiame uragane vėjas didžiulis, dėl šių jėgų pusiausvyros jis išlieka stabilus.

¹⁸ Lot. *cirrus* – plunksniniai debesys.

Tad projekto „Cirrus“ užduotis buvo paprasta – sutrikdyti šią pusiausvyrą. Langmiurui atrodė, kad lengviausias būdas tą padaryti – pakeisti uragano temperatūrą ir leisti idealiųjų dujų dėsnio* burtams padaryti visa kita. Jo planas buvo toks. Pilotai tvirtais lėktuvais įskrenda į uragano sieną ir „pasėja“ joje sauso ledo arba sidabro jodido. Kaip kalbėjome pirmiau, šios cheminės medžiagos veiktų kaip „sėklos“ ir priverstų itin šaltą vandenį virsti ledo kristalais. Žinoma, debesyje šis pokytis sukeltų liūtų. Tačiau uraganuose Langmiurui svarbus buvo kitas dalykas, t. y. ledo susidarymo šalutinis poveikis – šilumos sklaida.

Vandeniui virstant ledu, visada išsiskiria šiluma. Tai gali skambėti keistai – juk ledas šaltas, o ne šiltas. Tačiau suskaidžius procesą viskas paaiškėja. Įsivaizduokite, kad jūsų delne tirpsta ledas. Kodėl jis tirpsta? Nes sugeria šilumą iš aplinkos. Šalčio jausmą jis sukelia todėl, kad ištraukia šilumą iš jūsų pirštų. Dabar įsivaizduokite atvirkštinį procesą – vanduo stingsta į ledą. Jei tirpstantis ledas sugeria šilumą, pagal fizikos simetriją į ledą stingstantis vanduo turi išskirti šilumą. Kito būdo nėra. Būtent todėl ir susidaro ledas – prieš virsdamos ledu, vandens molekulės turi sulėtėti, o sulėtėti jos gali tik atidavusios šilumą į išorę.

Tai pasakytina ir apie uraganus. Uragano sienoje susidarius ledui, aplinkos oras sugeria išskirtą šilumą. Pagal dujų dėsnius, sugėręs šilumą, oras turėtų išsiplėsti. Jam išsiplėtus, slėgis turėtų sumažėti, nes oro molekulės atsiduria toliau viena nuo kitos. Dėl to turėtų sumažėti slėgių skirtumas tarp uragano akies ir sienos. Dėl to įcentrinė jėga, laikanti uraganą viename daikte, turėtų sumažėti. Todėl išcentrinė jėga taptų stipresnė ir uragano akis išsiplėstų.

Jau beveik priėjome prie esmės. Išsiplėtus akiai uraganas taip paprastai neišnyktų, nes audros pernelyg didelės. Tačiau išsiplėtus akiai sumažėtų vėjo greitis. Sumažėtų todėl, kad besisukančio objekto greitis priklauso nuo jo pločio.

Gal ir skamba šiek tiek miglotai, bet visi esame tą matę stebėdami dailių čiuožimą. Kai tik (čia įrašykite savo mėgstamą čiuožėją) sukasi prispaudęs rankas prie kūno (mažu spinduliu), jis sukasi greitai. Kai išskleidžia rankas į šonus, sukimasis sulėtėja. Panašiai ir su uraganais – išsiplėtus akiai jie sulėtėja. Išplėsti akį itin svarbu, nes uragano griaunamoji jėga siejasi su vėjo greičio kvadratu. Taigi, sumažinus greitį 10 procentų

žala sumažėtų beveik 20 procentų, o sumažinus vėjo greitį ketvirčiu, žala sumažėtų daugiau kaip 40 procentų.

Įvertinęs šią dedukciją grandinę, Langmiuras pareiškė, kad į uraganą pasėjus „sėklų“ susidarytų ledas ir išsiskirtų paslėptoji šiluma. Dėl to išsiplėstų uragano akis ir sumažėtų jo griaunamoji jėga. Šią idėją reikėjo išbandyti, ir čia prasidėjo problemos.

1947 metų spalio 13 dieną per Majamį praėjo nestiprus uraganas „Karalius“, pradėjęs dreifuoti į šiaurės rytus, į Atlanto vandenyną. Kadangi uraganas atrodė išsikvepiąs, projekto „Cirrus“ vadovai nusprendė kitą dieną į jį pasėti ledą. Į uraganą įskrido bombonešis B-17 ir į jo sieną išbarstė per 80 kilogramų sauso ledo granulių. Tada visi susėdo laukdami, kada akis išsiplės ir „Karalius“ sunyks. Tačiau audra tik dar labiau sustiprėjo, o tada, visų siaubui, ji apsisuko neįmanomu 135° kampu ir pradėjo slinkti atgal link kranto. Po kelių valandų nevaldomas uraganas užgriuvo Savaną Džordžijos valstijoje, pridarė nuostolių už tris milijonus dolerių (dabar tai atitiktų 32 milijonus dolerių) ir nužudė vieną žmogų.

„Cirrus“ mokslininkai labai tikėjosi, kad jų įsikišimas liks nepastebėtas, tačiau Majamio meteorologas suprato, kas įvyko, ir pakėlė triukšmą. Laikraščiai netrukus ėmė smerkti šį „nešvarų jankių triuką“ ir reikalauti Langmiuro galvos. Jis vėl atsidūrė keblioje padėtyje. Viena vertus, jis norėjo įrodyti, kad tikrai galima paveikti uraganus. Kita vertus, prisiėmus atsakomybę už šią audrą, jam grėstų rimtos teisinės pasekmės. Jis taip pat turėtų pripažinti, kad nežinojo, ką daro, nes nesuvaldė audros. Pasirodo, apsimetinėti Dievu ne taip ir smagu.

Visuomenei staiga susidomėjus darbu su uraganais, Langmiuras perkėlė projektą „Cirrus“ į Naujosios Meksikos dykumą, kur buvo mažiau ką naikinti ir kur jis galėjo daugiau dėmesio skirti bandymams paprasčiausiai sukelti liūtį. Tai gali atrodyti kaip pabėgimas, tačiau Langmiuras savigaila neužsiimdavo, o jo mintyse nebuvo vietos abejonėms savimi. Be to, Naujojoje Meksikoje gaunami bandymų rezultatai buvo dar fantastiškesni, nei Langmiuro teiginiai apie uraganų valdymą.

Vieno bandymo metu Langmiuras teigė turėjęs vos apie 60 gramų sidabro jodido, kainavusio apie dolerį. Su juo jam pavyko iš kai kurių debesų išspausti apie 760 milijardų litrų lietaus. Paklaustas, kaip tai įmano ma – kaip su tokiu nedideliu medžiagos kiekiu išgauti tiek daug lietaus,

Langmiuras atsakė, kad jis debesyse sukėlė cheminę grandininę reakciją, ir palygino savo darbą su kitu Naujosios Meksikos stebuklu – „Manhato projektu“. Pasak Langmiuro, jo grandininės reakcijos greičiausiai buvo net galingesnės. Amerika turėjo naują Audrų Karalių ir, bėgant mėnesiams, jis ėmė sau prisiskirti audras ne tik Naujojoje Meksikoje, bet ir visose Jungtinėse Amerikos Valstijose, o keletą – netgi Europoje. Savo dienoraštyje Langmiuras tai vadino svarbiausiu gyvenimo darbu (nepamirškime, kad jis jau buvo gavęs Nobelio premiją). Galiausiai jis pasitraukė iš „General Electric“, kad galėtų visiškai atsidėti šiai „eksperimentinei meteorologijai“.

Tuo tarpu tikrieji meteorologai atidžiai tyrinėjo Langmiuro bandymų rezultatus, ir jiems šie kėlė įtarimų. Pirma, kiekvienai rimtesnei liūčiai, kurią jis teigė sukėlęs, buvo galima rasti kitą įtikinamą paaiškinimą. Pavyzdžiui, 760 milijardų litrų audra Naujojoje Meksikoje sutapo su nuo Meksikos įlankos artėjančiu frontu. Dar blogiau tai, kad Langmiuro eksperimentai nebuvo kontroliuojami, ir panašu, kad jis pasirinkdavo debesis, kurie jau būdavo „prisirpę“ ir greičiausiai bet kuriuo atveju būtų išliję. Meteorologams patiems atlikus nepriklausomus bandymus tinkamai kontroliuojant atsitiktinai parinktus debesis, nustatyta, kad kritulių praktiškai nepadaugėjo.

Tokia pat kritika buvo taikoma ir uraganų medžioklei. Uraganai patys nuolat keičia savo kryptį ir dydį, tai sustiprėdami, tai susilpnėdami. Todėl buvo neįmanoma pasakyti, ar „sėja“ iš tiesų sukėlė pokyčius, kuriuos Langmiuras prisiėmė sau, ar tai buvo sutapimas. Tiesą sakant, projektas „Cirrus“ išvengė teisinės atsakomybės už žalą Savanai daugiausia dėl to, kad gerą atmintį turintis meteorologas surado ataskaitas apie 1906-ųjų uraganą, kuris lygiai taip pat apsisuko Atlanto vandenyne.

Diskusijos dėl projekto „Cirrus“ patikimumo nesiliovė dar beveik dešimtmetį. Meteorologai toliau nagrinėjo Langmiuro eksperimentus, bet jis turėjo atsakymą į bet kokią kritiką, o kadangi jis buvo Nobelio premijos laureatas, pašaliečiai buvo labiau linkę tikėti jo argumentais. Jis gindavo si ir skaitydamas viešas paskaitas apie orų kontrolę. Pasakojama, kad jis buvo puikus oratorius, kartu ir familiariai žavus, ir moksliškai autoritetingas. Nors projektas „Cirrus“ baigėsi 1952-aisiais, o Langmiuras mirė 1957-aisiais, jis sukėlė tokį susidomėjimą orų valdymu, kad JAV vyriausybė

1962 metais pradėjo naują projektą, kuris turėjo pratęsti ir praplėsti „Cirrus“ darbą. Jį pavadino projektu „Audros šėlsmas“.

„Audros šėlsmui“ buvo skirtas kelių milijonų dolerių biudžetas ir keli lėktuvai, o kad pateisintų naują pavadinimą, mokslininkai sukūrė kelis naujus metodus, kaip paveikti debesis. Užuoat bėrę „sėklas“ rankomis, pilotai supakuodavo sidabro jodidą į aliuminio talpas ir iššaudavo jas iš automatų. Tra ta ta. Be to, uraganą apšaudydavo ne vieną kartą – dešimt lėktuvų galėjo valandą sukti ratus aplink ir „įdaryti“ uraganą sidabru.

Remdamosi šiuo darbu, JAV karinės pajėgos nusprendė investuoti į atskirą orų valdymo projektą, o vėliau pagal jį sukurti naujus ginklus. Iš tiesų „klimato karo“ idėja kilo iš kito karinio projekto, vykdyto Vietname. Iki 1966-ųjų kariuomenė buvo išleidusi milijonus dolerių medžių lapijai Indokinijoje naikinti, kad būtų geresnis matomumas bombarduojant. Kai kuriems generolams atrodė patogu tam naudoti herbicidą „Agent Orange“, tačiau kiti manė, kad veiksmingiausi seni geri gaisrai. Tačiau vešlių miškų gaisrai dažnai skleidavo labai daug dūmų ir, kaip numatė Espis, praėjus dienai ar dviem po gaisro dažnai iškrisdavo lietaus. Žinoma, tai buvo Vietnamas, kurio dalį sudaro atogrąžų miškai, ir lietus ten ir taip dažnas. Niekas nesivargino atlikti kokią nors statistinę analizę, kad patikrintų, ar egzistuoja koreliacija. Bet periodiškos liūtys kai kuriems kariuomenės vadams sukėlė minčių. Kiekvienais metais nuo gegužės iki rugsėjo Vietname siaučia musonas, o kritulių kiekis kartais siekia net 50 centimetrų per mėnesį. Tokios liūtys kelius paversdavo purvo čiuožyklomis, taip pat ir Ho Ši Mino kelią, kuris buvo pagrindinė Vietkongo tiekimo arterija, vingiavusi per kelias šalis. Amerikos valdžia suprato, kad jei jiems pavyktų dar labiau sustiprinti musonus, jie galėtų kiekvienais metais keliems mėnesiams paralyžiuoti priešą. Planą pavadino projektu „Popajus“.

Pristačius planą prezidentui Lindonui Džonsonui (Lyndon Johnson), šis kone pašoko iš džiaugsmo, ir projektas buvo pradėtas 1967-aisiais, atlikus pirmąsias „sėjas“ virš šiaurės Vietnamo ir Laosų. Po jo išrinktas prezidentas Ričardas Niksonas (Richard Nixon) 1969-aisiais išplėtė programą ir padarė ją išties dviartinę.

Dėl nežinomų priežasčių oro pajėgos „sėją“ vykdavo lėktuvais, skirtais gabenti šiukšles. Iš viso projekto „Popajus“ ekipažai atliko 2 602 skrydžius ir 47 409 kartus išbėrė sidabro jodidą. Iš tiesų, kariuomenės „lietaus

šauklių“ tikslai buvo daug kuklesni nei Irvingo Langmiuro, kuris manė galįs visam laikui išspręsti uraganų problemą ir priversti sužydėti visą Naujosios Meksikos dykumą. Kariuomenė tik norėjo keliomis savaitėmis pailginti musonų laikotarpį ir sustiprinti liūtis piko metu. Tai paverstų kelius purvynu, nuplautų kelis tiltus ir galbūt net sukeltų kelias nuošliaužas strateginėse vietose. Kariuomenės vadai taip pat džiaugėsi, kad vykdo humaniškesnį karą, nes užlieti priešą vandeniu tikrai geriau, nei deginti napalmu. (Projekto „Popajus“ šūkis buvo „Gaminkite purvą, o ne kariaukite“¹⁹.) Be to, debesų „sėja“ buvo neatsekama. Vietkongas apie tai būtų nesužinojęs, nebent būtų sugalvojęs paimti lietaus vandens mėginius ir patikrinti, ar juose nėra sidabro jodido.

Tačiau projektą supęs slaptumas ėmė sklaidytis 1971-aisiais, kai dienraštis „Washington Post“ gavo slaptą pranešimą, kuriame buvo minimas šis projektas. Jis taip pat buvo paminėtas tais pačiais metais nutekintuose Pentagono dokumentuose, o 1972-ųjų liepos mėnesį dienraštis „New York Times“ paskelbė informaciją apie klimato karą. Po dviejų dienų oro pajėgos sustabdė lietaus prišaukimo programą Pietryčių Azijoje. Nepaisant nuolatinio Kongreso ir žiniasklaidos užklausų per ateinančius kelerius metus, Pentagono pareigūnai atsisakė pateikti daugiau informacijos. (Kaip pastebėjo vienas aštrialiežuvis, įprasta situacija apsivertė – kažkas pagaliau kažką darė dėl orų, tačiau niekas apie tai nekalbėjo.)

Užsispyręs Rod Ailando senatorius Kleibornas Pelas (Claiborne Pell) 1974-aisiais galiausiai atitempė kelis Pentagono pareigūnus į teismo salę. Pelas sutiko, kad žmonių permerkimas lietumi humaniškesnis nei bombardavimas. Tačiau pasak jo, debesų „sėja“ – toks primityvus metodas, kad potvyniai ir nuošliaužos vienodai pakenktų ir civiliams, ir kariams. Pelas klausinėjo pareigūnus dėl kelių potvynių, 1971-aisiais nusiaubusių šiaurės Vietnamą. Ar dėl debesų „sėjos“ jie buvo stipresni? Pentagono pareigūnai tai neigė tvirtindami, jog niekada nesukėlė tiek lietaus, kad kiltų potvynis. Tačiau toks prisipažinimas paskatino užduoti kitų, dar nepatogesnių, klausimų. Tai kiek papildomo lietaus sukėlė projektas „Popajus“? Pareigūnai atsakė, kad ne daugiau kaip keliolika centimetrų per mėnesį. Iš tiesų, jie abejojo, ar Vietkongas apskritai pastebėjo jų pastangas, nes sunku įžvelgti skirtumą taip, pavyzdžiui, 50 centimetrų ir 55 centimetrų kritulių per

¹⁹ Aliuzija į hipių šūkį – „Mylėkite, o ne kariaukite“.

mėnesį. Tad Pelui kilo klausimas, kodėl kariuomenė išleido 21,6 milijono dolerių (šiandien tai atitiktų 130 milijonų), jei programa neveiksminga? Turėjome ką nors daryti, sere.

Tikriausiai neatsitiktinai, paskelbus šią informaciją, vyriausybės parama orų kontrolei staiga baigėsi. (Ir nė minute anksčiau. Vėliau paaiškėjo, kad kai kurie Pentagono konsultantai skatino išplėsti klimato karą į daug platesnį ir beprotiškesnį „aplinkos karą“. Buvo siūloma virš priešiško šalių padaryti ozono skylės, taip pat sukelti žemės drebėjimus.) Triukšmas dėl „Popajaus“ neturėjo paveikti projekto „Audros šėlsmas“, kurio tikslai buvo ne kariniai, o daug kilnesni – mokslininkai norėjo sušvelninti sausras ir uraganus. Tačiau dėl sąsajų su „Popajumi“ „Audros šėlsmo“ reputacija taip pat buvo suteršta. Be to, dėl XX amžiaus aštuntajame dešimtmetyje sustiprėjusio aplinkosaugos judėjimo kišimasis į klimatą pradėjo atrodyti pasipūtėliškas ar net amoralus. Motina Gamta su kelių milijardų metų patirtimi tikriausiai geriau už mus žino, ką daro.

Vertinant ne politiniu aspektu, orų kontrolės palaikymas menko ir dėl to, kad ji nebuvo veiksminga. Žinoma, mokslininkai gali padaryti nedidelius dalykus, pavyzdžiui, išvaikyti rūką oro uoste ar paskatinti tam tikrus debesis išspausti šiek tiek daugiau lietaus. Ir moksliniu požiūriu šis darbas nenuėjo veltui – iš surinktų duomenų jie labai daug sužinojo. Deja, dėl sužinotų dalykų susilpnėjo tokių eksperimentų pagrindas. Pavyzdžiui, uraganų atžvilgiu mokslininkai tikėjosi, kad sidabro jodidas sureaguos su itin šaltu vandeniu ir išsiskirs šiluma. Tačiau duomenys parodė, kad iš tiesų uraganuose labai nedaug itin šalto vandens. Tai reiškia, kad skirtingai nuo debesų, uraganams trūksta medžiagos, su kuria sidabro jodidas pradėtų grandininę reakciją. Vadinas, kartais po „sėjos“ stebėtas keistas uraganų elgesys greičiausiai buvo tik sutapimas.

Per kelis dešimtmečius nuo projektų „Popajus“ ir „Audros šėlsmas“ pabaigos svajonės apie orų valdymą taip ir neišblėso. 1986-aisiais Sovietų Sąjunga kaip pašėlusi „sėjo“ į visus debesis, praplaukusius virš Černobylio, kad šie išlytų nepasiekę Maskvos, ir užliejo vietos gyventojus radioaktyviaja dulkėmis. Panašiai ir Kinijos orų tarnyba, kaip teigiama, 2008-ųjų vasarą apšaudė kiekvieną debesį aplink Pekiną, kad per Olimpines žaidynes dangus būtų giedras. Tačiau dauguma meteorologų tokias pastangas vertina skeptiškai. Jie tvirtai įsitikinę, kad negalime sustabdyti uraganų ir kitų

stiprių audrų. Sunku priimti šią egzistencinę tiesą, nes tada turime pripažinti, kokie pažeidžiami ir bejėgiai esame. Be to, negalime apgauti gamtos – atmosfera daug galingesnė, nei galėtume suvokti.

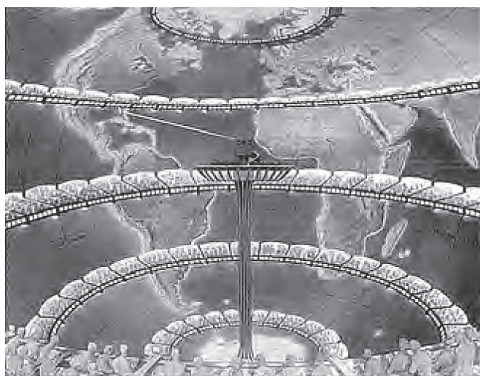
Irvingas Langmiuras per savo gyvenimą daug kalbėjo apie mūsų pareigą suvaldyti orus, o jo charizma daugelį patraukė palaikyti šią idėją. Tačiau mano nuomone, didžiausia tiesa apie kelis dešimtmečius trukusius orų kontrolės tyrimus nuskambėjo iš paprasto „Audros šėlsmo“ piloto lūpų. „Buvo apmaudu pripažinti, kad vis dėlto negalime to padaryti, – po kelerių metų pasakė jis. – Audros buvo tokios didelės, o mes tokie maži.“

*

Blėstant viltims dėl orų valdymo, meteorologai guodėsi, kad bent jau gerėja jų gebėjimas nuspėti orus. XX amžiaus viduryje atsiradus pirmiesiems kompiuteriams ir orų palydovams, jie tikrai turėjo pagrindo optimizmui. Orų prognozės gerėjo kiekvieną dieną. Meteorologai nežinojo (o ir negalėjo žinoti), kad tiek vilčių teikiantys kompiuteriai netrukus juos „apgaus“ įrodydami, kad neįmanoma visiškai tiksliai prognozuoti orų.

Kompiuteriais meteorologai pradėjo naudotis XX amžiaus pradžioje. Tuo metu žodis „kompiuteris“ reiškė „kokį nors mulkį su logaritmine linijuote, kuris visą dieną kažką skaičiuoja“, t. y. tiesiog skaičiuojantį žmogų. Idėja orų prognozei naudoti „kompiuterius“ kilo anglų matematikui Luisui Frajui Ričardsonui, kuris nubraižė milžiniško orų prognozavimo centro planą. Jį turėjo sudaryti kelių aukštų sferinis kupolas, kuriame keliais aukštais turėjo sėdėti „kompiuteriai“. Ant vidinio kupolo paviršiaus turėjo būti nupieštas pasaulio žemėlapis; viršuje – Arktis, apačioje – Antarktida. Ričardsono „kompiuteriai“ turėjo kiekvieną dieną žiūrėti į skaičius ir skaičiuoti duomenis. Šie skaičiavimai turėjo būti paremti septyniomis lygtimis, kurias Ričardsonas naudojo atmosferai modeliuoti. Kiekvienas darbuotojas turėjo dirbti su vienu siauru klimato aspektu konkrečioje pasaulio vietoje, pavyzdžiui, stebėti drėgmės svyravimus vidurio Mongolijoje. Galiausiai kiekvienas „kompiuteris“ tuos duomenis pneumatiniiais vamzdžiais turėjo siųsti į pagrindinį kontrolinį punktą, kuris stovėjo ant pakylės centre ir siejo visus duomenis į visuotinę pasaulinę orų prognozę.

Ričardsonas apskaičiavo, kad norint teikti prognozes realiu laiku jam reikėtų 64 000 „kompiuterių“. Įsivaizduokite NFL stadioną, pilną kažką



An artist's impression of Richardson's Forecast Factory (© François Schuiten).

Futbolo stadiono dydžio

Luiso Frajaus Ričardsono (Lewis Fry Richardson)
orų prognozavimo centras orams prognozuoti
naudoja gyvus „kompiuterius“ – žmones.

skaičiuojančių ir murmančių žmonių. Norėdamas įrodyti, kad idėja bent teoriškai veikia, 1916-aisiais Ričardsonas atliko bandomuosius skaičiavimus. Jis tą padarė pačiomis nepalankiausiomis sąlygomis – dirbdamas greitosios pagalbos vairuotoju Prancūzijoje per Pirmąjį pasaulinį karą. Keturiasdešimt penki jo skyriaus darbuotojai rytais dažniausiai traukdavo sužalotus karius iš purvo ir gabendavo į ligonines, kur daugelis jų vis tiek mirdavo. Visi kartu per karą jie pergabeno septyniasdešimt penkis tūkstančius pacientų. Skaičiavimais Ričardsonas užsiėmė tam, kad neišprotėtų. Jis paskleisdavo popierius ant stalo, padaryto iš šieno ryšulių, ir dirbdavo, kol atbukdavo smegenys. Kiti vairuotojai jį praminė Profesoriumi.

Bandomojo skaičiavimo atskaitos tašku Ričardsonas pasirinko dieną prieš šešerius metus – 1910 metų gegužės 20-ąją. Europoje tai buvo vadinamoji „Balionų diena“, kai šimtai meteorologų paleido į dangų balionus ir aitvarus, norėdami surinkti duomenų apie orus visame žemyne. Ričardsonui tai suteikė tikslios informacijos apie kiekvienos tos dienos valandos orus, tad jis galėjo palyginti savo teorinius skaičiavimus su realybe. (Gegužės 20-oji sutapo ir su Halio kometos pasirodymu. Apskritai tai buvo nuostabi, nerūpestinga mokslo ir tarptautinės bičiulystės diena, kuri sėdint Prancūzijos apkasuose greičiausiai atrodė buvusi kitame gyvenime.)

Net apsiribojus viena diena, skaičiavimų buvo tiek daug, kad Ričardsonas dar labiau susiaurino prognozę ir septyniose savo lygtyse pasirinko vieną kintamąjį – oro slėgį nuo 4 iki 10 valandos ryto virš nedidelio Bavarijos plotelio. Darbas vis tiek užtruko ištisas savaites ar net mėnesius, ir kai per Šampanės mūšį Ričardsonas pametė savo užrašus, vos neteko visko pradėti iš pradžių. (Vėliau kažkas juos rado po anglių krūva.) Ką gi visas tas vargas davė Profesoriumi? Iš esmės nieko. Be to, kad vėlavo šešerius metus, jo „prognozė“ visiškai prašovė pro šalį. Jo skaičiavimais, barometrai Bavarijoje tą rytą turėjo užfiksuoti didelį slėgio kritį. Realybėje slėgis praktiškai nepasikeitė. Reikia paminėti, kad 1922-aisiais jis paskelbė detalią savo nesėkmės ataskaitą.

Nors Ričardsono pastangos atrodė visiškai bergždžios, kita meteorologų karta greitai pamiršo šią pamoką ir vieną po kitos kūrė savo prognozavimo schemas. Jie ypač džiaugėsi, kai XX amžiaus penktajame dešimtmetyje pasirodė skaitmeniniai kompiuteriai – tikrosios elektroninės skaičiavimo mašinos. Iš tiesų net toks autoritetas kaip Džonas fon Noimanas (John von Neumann), pirmųjų elektroninių kompiuterių architektas, paskelbė, kad ENIAC ir kiti panašūs prietaisai puikiai tinka orams prognozuoti. Mūsų metas atėjo!

Vienas pirmųjų, panaudojusių kompiuterį orams spėti, buvo Edvardas Lorencas (Edward Lorenz). Lorencas 1938-aisiais įgijo matematikos laipsnį, tačiau po trumpos oro prognozavimo patirties kariuomenėje per Antrąjį pasaulinį karą jis susirgo meteorologijos liga. Po karo jis tęsė šią veiklą ir septintojo dešimtmečio pradžioje gavo darbą Masačusetso technologijos instituto meteorologijos skyriuje. Ten jis tyrinėjo fizinius atmosferos modelius, įskaitant vadinamuosius indų eksperimentus. Jų metu sekliame inde būdavo maišomas vanduo. Po kurio laiko skystyje susidarydavo sūkuriai ir verpetai – šis reiškinys vadinamas turbulencija.* Stebėtina, bet indų eksperimentai iš tiesų suteikė įžvalgų apie turbulentinį atmosferos frontų judėjimą. Tačiau eksperimentas buvo gana primityvus, ir Lorencas tikėjosi, kad kompiuteriai duos išsamesnių rezultatų.

Visi žino, kokie milžiniški ir lėti buvo senieji kompiuteriai. Šiuolaikiniai virtuvės prietaisai turi daugiau atminties nei kompiuteriai, kuriais buvo valdomas Neilo Armstrongo nusileidimas Mėnulyje. Tačiau mažai kas kalba, kokie triukšmingi ir nepatikimi buvo pirmieji kompiuteriai. Lo-

rencas dirbo kompiuteriu „Royal McBee LGP-30“, kuris užė kaip variklis ir sugesdavo bent kartą per savaitę. Jo didžiulis metalinis korpusas, kaip milžiniška spinta, užėmė didžiąją jo kabineto dalį, o vakuuminiai vamzdeliai skleisdavo nežmonišką kiekį šilumos. Kai „McBee“ būdavo įjungtas, oro prognozė būdavo karšta ir lipni.

Šiuo kompiuteriu Lorencas norėjo tyrinėti pasaulines orų sąlygas, panašiai kaip siūlė Luisas Frajus Ričardsonas, tik ne su septyniomis, o su dvylika lygčių. Tačiau Ričardsonas naudojosi realiais orų duomenimis, o Lorencas savo vaizduote. Iš esmės jis sukūrė nedidelį savo pasaulį, kuriam kaip koks pusdievis galėjo keisti temperatūrą, slėgį ir vėjo greitį. Tada jis paleisdavo simuliaciją ir stebėdavo, kaip diena po dienos keičiasi orai per virtualius mėnesius ar metus. Jums ar man šių simuliacijų rezultatai būtų nesuvokiami. Mes esame pripratę prie orų žemėlapių televizijoje su raudonomis ar mėlynomis zonomis ir debesų bangelėmis. Lorencas turėjo tik atspausdintas skaičių lenteles. Tačiau žiūrėdamas į tuos skaičius, jis mintyse regėdavo lietų ar saulę, panašiai kaip muzikantas žiūri į taškelius ir brūkšnelius popieriuje ir girdi simfoniją.

Vieną 1961-ųjų žiemos rytą Lorencas pakartojo anksčiau vykdytą simuliaciją. Ji jam pasirodė įdomus atvejis ir jis norėjo atlikti ją per ilgesnį laiką, kad pažiūrėtų, kas dar nutiks. Užuoť iš naujo paleidęs visą seką ir rizikavęs, kad „McBee“ neatlaikys apkrovos, jis pradėjo maždaug nuo vidurio. Iš turimos atspausdintos duomenų lentelės jis pasirinko vieną skaičių eilutę – visai gerai atrodė ta, prasidedanti skaičiumi 0,506. Įrašė skaičius į kompiuterį ir išėjo išgerti kavos, kol „McBee“ skaičiuos.

Grįžęs po valandos Lorencas ėmėsi tyrinėti meteorologinius rezultatus. Jie iš karto pasirodė keisti. Kadangi buvo kartojama ankstesnė simuliacija, jis tikėjosi pirmose eilutėse pamatyti tokius pat skaičius, kaip ir anksčiau. Tačiau palyginęs pirmąją ir antrąją simuliacijas jis pamatė, kad skaičiai skiriasi. Iš pradžių skirtumas buvo nedidelis, tačiau sulig kiekvienu etapu jis vis labiau ryškėjo. Netrukus to nebebuvo galima ignoruoti. Tai atrodė kaip viena tų beprotiškų kovo mėnesio dienų, kai vidurdienį saulėta ir 24 laipsniai šilumos, o antrą popiet drebia šlapdriba – tokios skirtingos buvo šios dvi simuliacijos.

Lorencas suniurzgė. Tie patys įvesti duomenys, tos pačios lygtys, bet skirtingi rezultatai.

Tai galėjo reikšti tik vieną dalyką – trumpąjį jungimą. Tad dabar kaip irzlus tėtis per Kalėdas, turintis patikrinti visą eglutės lempučių girliandą, kad rastų vieną neveikiančią lemputę, Lorencas su techniku turės praleisti kelias valandas, tikrindami visas „McBee“ reles ir jungtis.

Tačiau prieš susigadindamas popietę Lorencas šiek tiek pamąstė ir ne-trukus kai ką suprato. Taupydami atmintį, kompiuteriai dažnai sutrumpindavo skaičius. (Prisimenate 2000 metų problemą?) „McBee“ vidinė atmintis dirbo su šešiais skaitmenimis po kablelio, tačiau spausdinami skaičiai buvo suapvalinami iki trijų po kablelio. Taigi kai Lorencas naujai simuliacijai įrašė skaičių 0,506, vertė iš tiesų turėjo būti 0,506127. Ar tai galėjo paaiškinti skirtumus?

Lorencas tuo abejojo. Juk skirtumas buvo tik viena dalis iš penkių tūkstančių, vos 0,02 procento. Kaipgi toks nereikšmingas skaičius, apvalinimo klaida, galėjo pakeisti visą simuliaciją? Tačiau dar kartą peržiūrėjęs skaičius Lorencas pradėjo abejoti savo abejonėmis. Atrodė, kad šis nedidelis pradinis pokytis ir nulėmė galutinius rezultatus. Tradiciškai mąstant, tai atrodė nelogiška. Bet kokioje tinkamai veikiančioje sistemoje beveik identiški įvesties duomenys turėtų duoti beveik identiškus rezultatus. Pavyzdžiui, įsivaizduokite, kad metate obuolį ir stebite, kaip jis nukrenta ant žemės. Pakeliate jį, išsitraukiate kišeninį peiliuką ir nupjaunate 0,02 procento jo svorio. Juk nesitikėsite, kad vėl mestas obuolys pakibs virš žemės? Jei obuolys beveik toks pat, jis ir elgtis turėtų panašiai. Tačiau Lorencas pasaulyje nuimta 0,000127 dalis pakeitė viską. Perleista per dvyliką jo lygčių, ta viena dalis iš penkių tūkstančių visiškai pakeitė orų prognozę. Lygčių sąveika sukėlė chaosą.

Nors ir suintriguotas, Lorencas priminė sau, kad tai tik simuliacija ir kad ji gali neturėti nieko bendra su tikrais orais. Tačiau kuo daugiau jis galvojo apie šį nuokrypį, tuo rimtesnis jis jam atrodė. Meteorologai tuo metu nuolat gyrėsi, kad kitų metų kompiuteris ar orų palydovas leis pateikti tikslias orų prognozes. Bet galbūt tai buvo tik fantazijos. Galbūt gebėjimas apdoroti didesnę duomenų kiekį nepadėtų. Galbūt yra tiesiog per daug kintamųjų. Galbūt turbulencija ir nenuspėjamumas yra būdingosios atmosferos savybės.

Iš pradžių Lorencas ne itin kreipė dėmesį į šiuos įtarimus ir tiesiog laidė pokštus su kolegomis, kad dabar bent jau turi pasiteisinimą dėl klaidin-

gos orų prognozės per šeštos valandos žinias. Tačiau giliai viduje jis jautė susijaudinimą ir nusprendė patyriminėti šias idėjas. Tai jį atvedė į keistą padėtį. Po kelių mėnesių darbo jis net nebežinojo, ar užsiima matematika, ar mokslu. Jis neįrodinėjo teoremų kaip matematikas, jis tiesiog stebėjo tendencijas duomenų lentelėse. Tačiau tai nebuvo tikri mokslinių eksperimentų, bet tik „McBee“ simuliacijų duomenys. Ir kadangi šis darbas buvo toks neįprastas, Lorencui sunkiai sekėsi jį publikuoti. Kartais jis gudraudavo ir į straipsnius prikašiodavo tuščių pastraipų apie orų prognozę, nors labiausiai jam rūpėjo matematika. Net ir tada jis sutikdavo skelbti straipsnius neaiškiuose leidiniuose, pavyzdžiui, Švedijos meteorologijos žurnaluose. Tikrai ne ta vieta, kur tikėtumės rasti Masačusetso technologijos instituto profesoriaus straipsnį.

Tačiau XX amžiaus septintajame dešimtmetyje randantis vis daugiau orų prognozavimo modelių, Edvardas Lorencas atrado savo auditoriją. Jis buvo projekto „Audros šėlsmas“ patariamąsios valdybos narys, ir vis augantis jo skepticizmas dėl orų prognozavimo (ką jau kalbėti apie jų valdymą) beveik neabejotinai prisidėjo prie projekto pabaigos. Aštuntajame dešimtmetyje galiausiai įvyko kažkoks lūžis ir Lorenzo idėjos apie chaotišką orų prigimtį tapo visuotinai priimtose. Negana to, Lorencas padarė sau milžinišką paslaugą sutraukdamas savo įžvalgas į vieną įdomiausių amžiaus metaforų. Ji pirmą kartą pasirodė kaip 1972 metais išleisto straipsnio pavadinimas: „Nuspėjamumas: ar gali drugelio sparnų plazdenimas Brazilijoje sukelti tornadą Teksase?“ Dabar nedidelių, nereikšmingų skirtumų tendenciją virsti sudėtingais ir labai reikšmingais dalykais vadiname „drugelio efektu“.

XX amžiaus devintajame dešimtmetyje kiti mokslininkai ir matematikai išplėtė Lorenzo darbą ir šiandien jį laikome chaoso teorijos, tyrinėjančios daug daugiau negu tik orus, pradininku. Chaoso teorija naudojama atsekti kalnų formą ir upių deltas, paaiškinti, kodėl nuotekoms tekant vamzdžiais kyla turbulencija, analizuoti prekių kainų pokyčius ir netgi nuspėti, kada atrakcionų parke atsiras genų inžinerijos sukurti dinosauurai. Iš pažiūros tai atrodo visiškai nesusiję dalykai, tačiau jie turi esminių panašumų, ypač polinkį per vieną širdies dūžį iš nekenksmingo dalyko virsti pavojingu (beje, širdies plakimas taip pat laikomas kartais chaotišku reiškiniu). Dėl jos platumo kai kurie istorikai chaoso teoriją pavadino vienu iš trijų didžiausių mokslo proveržių per praėjusį šimtmetį, greta reliatyvumo

teorijos ir kvantinės mechanikos. Jei toks vertinimas įsitvirtintų, ateities kartos kada nors gali kalbėti apie patentų biuro tarnautoją Einšteiną ir orų vyruką Lorencą kaip apie vienodo lygio mokslininkus.

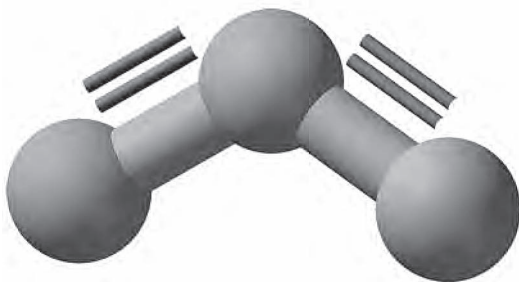
Nepaisant savo vietos istorijoje, chaoso teorija išties atskleidė, kad beprasmiška bandyti tiksliai prognozuoti orus. Tai nėra kabinėjimasis prie meteorologų. Įmantrūs nauji palydovai ir superkompiuteriai dažniausiai gali jau prieš kelias dienas pateikti orų prognozę; šis laiko tarpas labai svarbus ne tik planuojant išskylas, bet ir įspėjant apie mirtinas audras. (Meteorologų dėka tikimybė žūti nuo uragano šiandien sudaro vos vieną procentą atitinkamos tikimybės XX amžiaus pradžioje.) Tačiau savaitės trukmės prognozės tik apytikrės, o Ričardsono stiliaus prognozės, numatančios kelis mėnesius į priekį, nė kiek ne tikslesnės nei būrimas iš kavos tirščių. Užtemimus galime prognozuoti prieš kelis dešimtmečius, tačiau kalbant apie orus, paprasčiausiai pernelyg daug oro kišenių susiduria su daugybe Žemės paviršiaus nelygumų, kad galėtume stebėti juos visus – pernelyg daug sparnais plazdančių drugelių, sukeliančių tornadus.

Pirmą kartą šioje knygoje matome, kad mūsų patikimųjų dujų dėsnių nepakanka. Jie suteikė tvirtą pagrindą įvairiausiems dalykams – nuo skrydžių karštais oro balionais iki produktų šaldymo ledo dėžėse. Jie taip pat gerai paaiškina daugelį pagrindinių orų savybių, pavyzdžiui, vandens garų reikšmę. Tačiau galiausiai besisukančios planetos paviršiumi sklindančios dujos tampa tokios siautulingos, kad paprasti ir aiškūs tūrio, temperatūros ir slėgio santykiai nebeveikia. Mums nespėjus nė susivokti, švelnus vasaros vėjelis virsta stipriais gūsiomis, o balti debesėliai danguje grėsmingai patamsėja. Chaosas visada laimi.

Lorencas nebuvo pirmasis žmogus, pripažinęs, kokie sudėtingi orai – tai jam galėjo pasakyti Luisas Frajus Ričardsonas. Tačiau Lorencas privertė mus taikytis su faktu, kad galbūt niekada negalėsime praskleisti savo nežinojimo uždangos. Kad ir kaip ilgai žvelgtume į uragano akį, gali būti, kad niekada taip ir nesuprasime jo sielos. Tai priimti ilgainiui gali būti sunkiau nei mūsų negebėjimą išsklaidyti audras. Prieš tris šimtmečius pasivadino me *homo sapiens*, protinga beždžionė. Džiaugiamės savo gebėjimu mąstyti, todėl orai atrodo lengvai įveikiamas dalykas – juk tai tik šiltų ir šaltų dujų kišenės. Tačiau svarbu prisiminti etimologiją – dujos kyla iš chaoso, o senovės mitologijoje net nemirtingieji negalėjo sutramdyti chaoso.

INTARPAS.

Triukšmas Rosvelyje



Ozonas (O_3) – šiuo metu palei žemę jo yra 0,1 dalis iš milijono, tad kiekvieną kartą įkvėpdami įtraukiame kvadrilijoną jo molekulių. Stratosferoje yra daugiau nei viena dalis iš milijono (ten neturėtumėte bandyti kvėpuoti).

Kad ištyrinėtų atmosferos, ypač aukštesnių jos sluoksnių, veikimą, be kompiuterių, meteorologai praėjusiame šimtmetyje pradėjo naudotis nauja oro balionų technologija. Ir panašiai kaip kompiuteriai, oro balionų projektai suteikė keletą svarbių įžvalgų apie tai, kaip veikia oras, o vienu įsimintinu atveju dar ir padarė didelę gėdą mokslininkams ant žemės.

Viskas prasidėjo 1947-ųjų birželį, kai fermos darbininkas Makas (Mac) Brazilis po audros rado metalo ir plastiko nuolaužų. Brazilis neketino kelti pusšimtį metų trukusios isterijos ir regzti sąmokslų teorijų, jis tik norėjo sutvarkyti fermą. Tad užuot palikęs nuolaužas lauke ir rizikavęs, kad jas apgrauš avys, jis jas surinko, sumetė į pašiūrę ir bandė apie jas pamiršti.

Tačiau kuo daugiau apie jas galvojo, tuo didesnę nerimą tos nuolaužos jam kėlė. Ferma buvo įsikūrusi netoli kelių karinių bazių Naujojoje Meksikoje, ir mokslininkai ten nuolat laidydavo raketas bei oro balionus, ku-



Dalis Mako Brazelio (nuotraukoje ne jis) fermoje rastų nuolaužų.

(NUOTRAUKA IŠ TEKSASO UNIVERSITETO ARLINGTONO BIBLIOTEKOS
SPECIALIOSIOS KOLEKCIJOS „FORT WORTH STAR-TELEGRAM“)

rie nusileisdavo žmonių žemėje. Jis jau du kartus buvo radęs oro balionus. Tačiau šis kartas buvo kitoks. Krisdamas prietaisais išrausė gilius rėžius žemėje, o minkštas balionas to padaryti negalėjo. Plastiko ir metalo nuolaužos neatrodė kaip baliono dalys. Tačiau labiausiai nerimą kėlė tai, kad tarp nuolaužų buvo kelios trumpos medinės sijos su violetiniais ženklais, primenančiais raides, tačiau tai nebuvo jokia jam žinoma Žemės kalba.

Po kelių dienų Brazelis parodė nuolaužas kaimynams. Jie taip pat papasakojo gandy, kad pastaruoju metu girdėję apie neatpažintus skraidančius objektus netoli jų žemių. Tai kaip reikiant išgąsdino Brazilį, tad liepos

7 dieną jis apsilankė pas vietos šerifą Rosvelyje, už 120 kilometrų. Šerifas paskambino netoliese esančios karinės oro pajėgų bazės pareigūnams. Atvykę į fermą, pareigūnai apžiūrėjo nuolaužas ir bandė atkurti objektą, tačiau netrukus sumišę pasidavė. Jie bandė atpjauti metalo Brazelio peiliu ir uždegti nuolaužas degtukais, tačiau nei viena, nei kita jiems nepavyko. Tada jie apžiūrėjo violetinius rašmenis, kuriuos pradėjo vadinti „hieroglifais“. Galiausiai nusprendė viską konfiskuoti.

Tuo metu visoje apylinkėje jau sklido gandai. Tačiau užuot patylėję, pareigūnai pateikė itin kvailą pranešimą spaudai, teigiantį, kad „gandai apie „skraidančią lėkštę“ vakar tapo realybe“. Panašiai parašė ir laikraščiai. Žinoma, žodžiai „skraidanti lėkštė“ ir „neatpažintas skraidantis objektas“ tuo metu turėjo daug neutralesnę prasmę, tačiau žmonių vaizduotė netrukus jiems suteikė labai konkrečių reikšmių.

Skandalas tikriausiai dar būtų nurimęs, jei nebūtų įsikišę vyresnieji oro pajėgų pareigūnai, pareikalavę atšaukti pranešimą spaudai. Vienas jų iš tiesų nuvažiavo į vietos laikraščių spaustuves bei radijo stotis ir surinko popierines kopijas. Dabar jau net skeptikai įtarė, kad čia vyksta sąmokslas. Ko bijo oro pajėgos? Ką jie slepia? Žmonių įtarimai dar labiau sustiprėjo pareigūnams pareiškus, jog visos nuolaužos buvo oro baliono – akivaizdus melas. Ir iš tiesų dabar tikrai galime pasakyti, kad oro pajėgos melavo – Makas Brazelis rado ne oro balioną. Deja, tai, apie ką melavo kariuomenė, greičiausiai nėra tai, ko tikėtis (nebent esate šnipas mėgėjas, turintis daug žinių apie atmosferą).

Rosvelio fiasko prasidėjo nuo žemiečio vardu Moriso Junigo (Maurice Ewing) – Kolumbijos universiteto geofiziko, kuris pagal sutartį dirbo su kariuomene. Kaip ir kiekvienas tikras to meto amerikietis, Junigas labai bijojo, kad Sovietų Sąjunga neįsigytų atominės bombos. Tačiau tais laikais, kai dar nebuvo palydovų ir radioaktyviųjų dulkių detektorių, niekas negalėjo žinoti, ką iš tiesų veikia sovietai. Tad Junigas ėmė ieškoti būdų, kaip dar būtų galima šnipinėti raudonuosius. Galiausiai jis sugalvojo, kaip per atstumą išgirsti atominių bombų sprogdinimus – pakabinti mikrofonus atmosferos sluoksnyje, vadinamame garso kanalu, esančiame maždaug 14,5 kilometro aukštyje.

Kad geriau suprastume Junigo idėją, reikia žinoti tris dalykus apie garsą. Pirma, šiltame ore garsas sklinda greičiau nei šaltame. Taip yra

todėl, kad garsas priklauso nuo molekulių atsitrenkimo vienai į kitą. Tai ganėtinai paprasta. Kam nors kalbant, iš burnos išlėkusios oro molekulės atsitrenkia į aplinkines oro molekules. Šios atsitrenkia į kitas, tos į dar kitas ir taip toliau, kol garsas pasiekia jūsų ausis.* Svarbiausia, kad aukštoje temperatūroje oro molekulės juda greičiau nei žemoje. O kadangi garsas iš esmės yra oro molekulių estafetė, šiltame ore greičiau judančios molekulės greičiau perduoda garsą. Esant $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrai, garsas keliauja 1 156 kilometrų per valandą greičiu, o esant $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 1 242 kilometrų per valandą.

Antras svarbus dalykas – garsas ne visada sklinda tiesia linija – tam tikromis aplinkybėmis jis linksta. Jei aplink yra šilto ir šalto oro sluoksnių, garso bangos visada palinksta šaltesnio (ir lėtesnio) oro link. Šis polinkis vadinamas refrakcija.

Kad suprastumėte, kaip praktiškai veikia refrakcija, įsivaizduokite trimitininką, stovintį kupolo formos futbolo stadiono gale. Dar įsivaizduokite, kad stadiono oro kondicionieriams sunkiai sekasi palaikyti vėsą – palubėje yra vėsaus oro sluoksnis, tačiau žaidimo aikštelė tvoskia karščiau. Dėl refrakcijos trimito garsas palinks į viršų, link vėsesnio oro. Tai reiškia, kad kitame stadiono gale stovintis žmogus beveik nieko negirdės, nes garsas sklis virš jo galvos. Dabar įsivaizduokite varžybas vėsesniu oru. Dabar stadiono šildytuvai sukuria šilto oro sluoksnį viršuje, o apačioje oras lieka vėsus. Tokiu atveju trimito garsas gali pradėti kilti, bet netrukus palinks atgal link žemės, todėl bus gerai girdimas. Garsas visada linksta link šaltesnio oro.

Trečias dalykas, susijęs su garsu, yra mūsų atmosferos temperatūros profilis. Visi žinome, kad kildamas aukštyr oras vėsta. Tai paaiškina, kodėl ant kalnų viršūnių prie pusiaujo gali būti sniego. Maždaug 13 700 metrų aukštyje oro temperatūra nukrenta iki $-51\text{ }^{\circ}\text{C}$, o garso greitis sulėtėja iki 1 081 kilometro per valandą. Kaip galima tikėtis, lauko triukšmas palinksta aukštyr link šio vėsesnio oro. Tai paaiškina, kodėl pirmieji oreiviai taip aiškiai girdėdavo lojant šunis ir giedant gaidžius – atmosfera kreipė garsą link jų.

Tačiau kylant aukštyr oras vėsta tik iki tam tikros ribos – apie 18 300 metrų aukščio, kur pradeda rasti ozonas. Ozonas sugeria ultravioletinę šviesą, kuri iškeptų mūsų DNR – be ozono sluoksnio gyvybė niekada ne-



Žymioji antraštė apie „skraidančią lėkštę“
1946 metų liepos 6 dienos laikraštyje
„Roswell Daily Record“.

būtų išlipusi iš vandenynų ant žemės. Sugerdamas ultravioletinę šviesą, ozonas išsyla. Surinktas ir suspaustas, visas atmosferos ozonas sudarytų vos 0,32 storio sluoksnį. Tačiau jis taip gerai sugeria ultravioletinę šviesą, kad net šis nedidelis dujų kiekis 46 000 metrų aukštyje sušildo orą iki 0 °C. Tai-gi mūsų atmosfera yra tarsi temperatūrų sumuštinis – du šilto oro sluoksniai (vienas prie žemės, kitas maždaug 46 000 metrų aukštyje) su šalto oro sluoksniu per vidurį.

Dėl tokio temperatūros profilio garsas keliauja tarsi linksmisiais kalneliais. Įsivaizduokite, kad medžiotojas ant žemės paleidžia šūvį. Kaip kalbėjome anksčiau, garsas pakyla, linkdamas link vėsesnio oro viršuje. Tačiau pasiekęs šį aukštį garsas nesustoja – įgijęs pagreitį, jis juda toliau. Praėjęs šalto oro sluoksnį, 13 700 metrų aukštyje garsas neišvengiamai susiduria su ozono sušildytu oru. O kadangi garsas visuomet linksta nuo šilto link šalto oro, šūvio garsas apsisuka ir pradeda leisti žemyn. Kitaip tariant, ozonas pakeičia garso kryptį, tarsi atsimuštų nuo sienos. Toliau – dar keičiau. Pradėjęs kristi, garsas vis dar turi nemažą pagreitį. Tad jis praeina pro tą šalto oro sluoksnį 13 700 metrų aukštyje ir keliauja link žemės. Tačiau kas nutinka jam artėjant prie žemės? Jis susiduria su šilto oro sluoksniu. Kadangi oras visada (sakykite kartu su manimi) linksta nuo šilto link šalto oro, didžioji garso energijos dalis vėl pasisuka ir pradeda kilti. Ir vėl susiduria su ozono sušildytu oru viršuje. Tada jis apsisuka trečią kartą ir pradeda

leistas. Leidžiasi tol, kol susiduria su šiltu oru palei žemę ir vėl atšoka į viršų. Kitaip tariant, garsas tarsi įstringa. Jis kyla ir krenta, kyla ir krenta tame šalto oro sluoksnyje. Todėl šis šalto oro sluoksnis vadinamas garso kanalu – į jį patekęs garsas sunkiai iš jo ištrūksta.

Tačiau yra dar keli su garso kanalu susiję dalykai, kuriuos verta paminėti. Pirma, tiek aukštai pakilti ir į garso kanalą patekti gali tik gana intensyvūs garsai. Dėkui Dievui, niekur po atmosferą neklaidžioja tie meilūs žodeliai, kuriuos šnibždėjote praeitą naktį. Be to, patys intensyviausi garsai*, pirmą kartą atsimušę nuo ozono sluoksnio, kartais turi pakankamai energijos ir pagreičio prasimušti pro šilto oro sluoksnį prie žemės ir pasiekti žmonių ausis. Su tuo jau susidūrėme, kalbėdami apie Šv. Elenos kalną. Prisimename, kad žmonės šalia išsiveržimo vietos negirdėjo nieko, o buvę toliau girdėjo baisų triukšmą? Taip atsitiko todėl, kad garsas pirmiausia pakilo aukšty, link vėsesnio oro, ir praplaukė prie netoliese buvusių žmonių galvų, suformuodamas beveik šimto kilometrų pločio „garso šešėlį“. Tačiau pasiekęs šiltesnį orą viršuje, garsas pasisuko žemyn, todėl toliau buvę žmonės jį girdėjo. kažkas panašaus atsitiko ir su atominės bombos Hirosimoje. Netoli epicentro buvę žmonės sakė matę *pika* – blyksnį, o buvusieji toliau prisiminė *pika-don* – blyksnį ir dundesį.

Morisas Junigas garso kanalo fiziką pirmą kartą išsiaiškino 1944 metais.* Iš pradžių tai atrodė tiesiog nauja įdomybė, tačiau vėliau jis suprato dar kai ką. Jis jau žinojo, kas atsitinka su garsu, kuris atsiranda virš kanalo ar po juo – jis patenka į garso kanalą. Tačiau kaip dėl garso, atsiradusio pačiame kanale? Kaip jis elgiasi?

Įsivaizduokite, kad šį kartą šūvis paleidžiamas 13 700 metrų aukštyje, žemiausioje temperatūroje. Kaip ir visi garsai, šio šūvio garsas iš pradžių pasklis į visas puses. Taip sklisdamas, garsas paprastai išsisklaido ir susilpnėja. Tačiau šiame aukštyje atsitinka neįprastas dalykas. Nesvarbu, į kurią pusę sklistų garso bangos – aukšty ar žemyn, jos susiduria su šiltesniu oru ir yra nustumiamos atgal link centro. Dėl to garso kanale atsiradęs garsas pernelyg neišsisklaido, o tai reiškia, kad ir nesusilpnėja. Todėl jis gali būti girdimas daug toliau nei įprastai. Jis sustiprinamas. 1947-aisiais Junigas sugalvojo, kad toks garso sustiprinimas gali padėti šnipinėti sovietus. Žinoma, sovietai nesprogdino atominio ginklo 14,5 kilometro aukštyje – pernelyg aukštai. Tačiau Junigas žinojo, kad atominiai debesys neretai pakyla

iki tokio aukščio. Atominiai debesys yra karštų dujų kišenės, stumdančios aplinkines molekules. Molekulių stumdymas praktiškai yra garsas, tad Junigas tikėjosi, kad sovietų atominiai debesys sukels pakankamai triukšmo 14,5 kilometrų aukštyje, kad juos būtų galima išgirsti kitoje pasaulio pusėje. Visa, ką reikėjo padaryti, tai išsiųsti oro balionus su mikrofonais į garso kanalą ir klausytis. Oro pajėgos planą pavadino projektu „Gūbrys“ (*Mogul*).

Iš pradžių Junigas projekto atžvilgiu buvo nusiteikęs optimistiškai, tačiau 1947-aisiais pradėjęs bandymus Alamogordo oro pajėgų bazėje Naujojoje Meksikoje, jis susidūrė su keliomis problemomis. Pirma – kaip išlaikyti oro balionus pastoviam aukštyje. Saulei šildant kupolą, dujos viduje sušildavo ir balionas pakildavo virš garso kanalo. Šią problemą Junigo komanda išsprendė naudodama skaidrius balionus, pro kuriuos saulės šviesa praeidavo kiaurai. (Balionus Junigas užsakė iš tos pačios įmonės, kuri pagamino pirmuosius figūrinius balionus „Macy’s“ padėkos dienos paradui Niujorke. Pamatę skaidrius balionus, jo asistentai pagalvojo apie visai kitą dalyką – milžiniškus prezervatyvus.) Kita problema buvo balionų sekimas, nes jie be tikslo sklandė vėjyje. Junigas pasiūlė sekti juos radaru, tačiau įranga Alamogorde nefiksavo tokių mažų taikinių dideliame aukštyje. Taigi mokslininkai nusprendė pasiųsti ne vieną balioną, o trisdešimt jų kartu. Jie buvo sujungti į šešiasdešimt penkių aukštų pastato dydžio stulpą, daugiau nei dvigubai aukštesnį už Laisvės statulą. Prie stulpo jie pritvirtino radaro atšvaitus – metalinius paviršius, padedančius nukreipti radaro bangas atgal į žemę. Kiekvienas atšvaitas atrodė kaip dėžutinis aitvaras. Iš tiesų projektas „Gūbrys“ užsakė juos iš žaislų gamybos įmonės. Mokslininkams estetika nerūpėjo, tad žaislų gamykla atšvaitus suklijavo PVA klijais ir lipnia juosta. O kadangi dėl užsitęsusio pokario stygiaus lipnios juostos trūko, bendrovė panaudojo keistą naujovišką juostą, kurią turėjo po ranka – juostą su violetiniais raitytais hieroglifais.

Turbūt jau atspėjote, kad šie keisti metalo, plastiko ir gumos stulpai dažniausiai ir buvo tie „neatpažinti skraidantys objektai“, skraidę Rosvelio danguje 1947-aisiais. Pakilę viršun, stulpai keistai judėdavo – įvairios jų dalys judėdavo į skirtingas puses, priklausomai nuo vėjo. Mėnesienoje atšvaitai šiurpiai švytėjo, o stulpui nukritus ant žemės, metalas įreždavo griovelius žemėje ir susidarydavo daug daugiau nuolaužų nei iš bet kokio oro baliono.



Projekto „Gūbrys“ balionų eksperimento atkūrimas.

(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI
LEIDUS DŽO NAIKELI (JOE NICKELL) IŠ „SKEPTICAL INQUIRER“)

Tokios visur krentančios nuolaužos Morisui Junigui tapo tikru galvos skausmu. Nors skamba beprotiškai, projektas „Gūbrys“ buvo klasifikuojamas kaip itin slaptas, kaip ir „Manhatano projektas“. Netgi vyrukai Rosvelio karinėje oro bazėje už 150 kilometrų nieko apie jį nežinojo. Tai reiškė, kad Junigo komanda turėjo surinkti kiekvieno iš 110 paleistų skrydžių liekanas. Dažniausia nukritusius balionus jie rasdavo pakankamai lengvai. Jei kurį pamesdavo iš akių, klausydavosi radijo pranešimų apie pastebėtus neatpažintus skraidančius objektus ir susekdavo pagal tai. Tačiau keli balionų stulpai vis dėl to dingę. Vienas iš jų nusileido Mako Brazilio fermoje.

Kilus skandalui, Brazilis vėliau sakė, kad verčiau jau būtų užrakinęs pašiūrę ir prikanęs liežuvi. Tačiau dėl kažkokios priežasties žmonės visame pasaulyje pasigavo jo istoriją ir purve rastos nuolaužos įgijo nežemišką galią. Kariuomenės reakcija tik pakurstė žmonių įtarimus, ir Rosvelis netrukus tapo tokiu reiškiniu, kokį žinome šiandien.

Tuo tarpu projektas „Gūbrys“ slapta tęsėsi dar kelerius metus. Pasak kai kurių ataskaitų, „Gūbrio“ balionai iš tiesų aptiko „Joe-I“ – pirmąją Sovietų Sąjungos branduolinio ginklo bandymą 1949 metų rugpjūtį. Tačiau jis buvo pastebėtas ir naudojant kitus, pigesnius bei patikimesnius, metodus, pavyzdžiui, siunčiant lėktuvus ieškoti radioaktyviųjų dulkių. Po keletrių metų nereikšmingų rezultatų 1950-aisiais oro pajėgos galiausiai uždarė projektą.

Tuo metu, projektui tapus istorija, kariuomenė galėjo paaiškinti, kas iš tiesų įvyko. Tačiau paranojiški pareigūnai ir toliau slėpė tiesą ir piršo kvailą istoriją apie oro balioną. Matyt, Sovietų Sąjungos grėsmė jų vaizduotėje buvo tokia didelė, kad jie verčiau leido skliti gandams apie ateivių invaziją, nei leisti sovietams sužinoti net ir apie nepavykusį bandymą juos šnipinėti. Kai XX amžiaus dešimtajame dešimtmetyje oro pajėgos galiausiai prisiėmė atsakomybę už projektą „Gūbrys“, jau buvo per vėlu – Rosvelio gandai jau buvo tapę savotiška tiesa.

Tam tikra prasme sąmokslų teorijų kūrėjai buvo teisūs. Oro pajėgos iš tiesų melavo ir iš tiesų 1947-aisiais aktyviai stebėjo dangų virš Rosvelio, tačiau ieškomos ne ateivių erdvėlaivių, o dujų sukulto triukšmo. O visa ši istorija prasidėjo nuo mūsų atmosferos akustinės keistenybės, kuri leido daugiau sužinoti apie ozono gebėjimą sugerti energiją. Apsaugodamas sausumos gyvūnų DNR, ozonas neabejotinai paspartino evoliuciją Žemėje ne mažiau nei kitos dujos. O kadangi dėl jo galėjo būti vykdomas projektas „Gūbrys“, ozonas kaip niekas kitas įtikino žmones gyvybės kitose planetoje egzistavimu, apie kurį ir kalbėsime kitame skyriuje.

DEVINTAS SKYRIUS

NEŽEMIŠKO ORO PRISIMATAVIMAS

Visoje knygoje matėme pavyzdžių, koks platus yra mūsų oro vandenynas ir kaip stipriai jis keitė ir toliau keičia žmonių gyvenimą. Dabar atėjo laikas pažvelgti dar plačiau ir patyrinėti kitų planetų atmosferą. Nors labai turtinga ir įdomi tyrinėti, Žemės atmosfera – tik vienas pavyzdys. Taigi koks dar kitoks oras egzistuoja kosmoso platybėse? Kokiu oru kvėpuoja ateiviai? Ir kas nutiktų, jei tuo oru pabandytų kvėpuoti žmonės?

Kalbėdami apie kitas atmosferas, sužinosime naujų dalykų apie savąją ir kokia brangi ir netgi trapi ji yra. Ankstesnio skyriaus pabaigoje padarėme išvadą, kad žmonės tik ribotai gali manipuluoti orais. Tačiau tai nereiškia, kad mūsų atmosfera tokia didžiulė, o mes tokie maži, jog niekaip negalime paveikti savo orų. Priešingai. Galbūt mums niekada nepavyks koreguoti jų pagal savo įgeidžius, tačiau tai nereiškia, kad nekeičiame klimato kitais, net reikšmingesniais, būdais.

Gaila, kad nuo Rosvelio laikų diskusijas apie ateivius užurpavo folijos kepurėlėmis pasirėdę, analiniu zondavimu šurpinantys piliečiai, nes nežemiškų gyvybės formų tyrimai turi labai įdomią istoriją. Johanesas (Johannes) Kepleris buvo tikras, kad rado pažangių civilizacijų įrodymų Mėnulyje, o Viljamas Heršelis – Saulėje. Imanuelis (Immanuel) Kantas ir Kristianas Heigensas (Christiaan Huygens) daug rašė apie nežemiškas būtybes, taip pat ir Karlas Gausas (Carl Gauss) ar Bendžaminas Franklinas. Keli mąstytojai

net pasiūlė būdų, kaip pasiųsti signalą panašiai mąstantiems ateiviams – auginti milžiniškus trikam~pius kviečių laukus Sibire arba pripildyti nafta didžiulius kanalus Sacharoje ir juos padegti.

Turbūt geriausiai žinomas nežemiškos gyvybės šalininkas buvo Percivalis Lovelis (Percival Lowell) – turtingas Amerikos ambasadorius ir rašytojas, vėliau gyvenime be galo susidomėjęs astronomija. Lovelį įkvėpė italų astronomas, kuris XIX amžiaus aštuntajame dešimtmetyje teigė aptikęs Marso paviršių išraižiusių juodų *canali* tinklą. Kai kurie jų buvo beveik penkių tūkstančių kilometrų ilgio. Perskaitęs apie tuos *canali*, Lovelis iš karto pagalvojo apie Sueco kanalą – nuostabiausią inžinerinį projektą istorijoje. Jis buvo tikras, kad Marso kanalai dar didingesni, todėl Arizonoje pasistatė observatoriją, kad galėtų juos tyrinėti. Vien teleskopui jis išleido 20 000 JAV dolerių (šiais laikais tai atitiktų 500 000 dolerių). Geriau jau būtų išleidęs dvidešimt dolerių italų kalbos mokytojui, kuris jam būtų pasakęs, kad *canali* reiškia ne tik dirbtinį kanalą, bet ir bet kokią griovį. Tačiau Lovelis ėmėsi uoliai tyrinėti Marso vandentiekio sistemą. Jis taip pat teigė aptikęs įrodymų, kad kiekvieną pavasarį ir rudenį Marse auga ir nyksta „augalija“. Iš pradžių dauguma astronomų palaikė Lovelį, kol šis nepradėjo publikuoti knygų, pilnų beprotiškų spėlionių apie technologijas Marse. Paskutinis lašas buvo jo tvirtinimas, kad pastebėjo civilizacijos požymių Veneroje, kas yra visiškai neįmanoma, nes planetos paviršius nuolat padengtas debesimis. Geresni teleskopai galiausiai parodė, kad kanalai tebuvo optinė iliuzija, kaip eilė juodų taškelio, kurie žiūrint iš tolo susilieja į vieną liniją. Biologas Alfredas Raselas Volisas (Alfred Russel Wallace) taip pat atkreipė dėmesį, kad inžineriniu požiūriu Lovelio teiginiai skambėjo nelogiškai. Jei vanduo tekėtų kanalais tūkstančius kilometrų, jis išgaruotų iki paskutinio lašo. Be to, Volisas pastebėjo, kad tie kanalai be posūkių ir erozijos požymių, niekur nesuka aplink natūralius reljefo elementus, kaip kad būtų galima tikėtis. Jis padarė išvadą, kad jei tai iš tiesų buvo kanalai, tai jie buvo „bepročių, o ne protingų būtybių darbas“.

Tačiau astronomai pamokos neišmoko ir visą ateinantį šimtmetį leido skleisti savo vaizduotei. XX amžiaus aštuntajame dešimtmetyje NASA paleido du zondus „Viking“ ieškoti gyvybės Marse. Prieš jiems pakylant, Karlas Saganas (Carl Sagan) surinko būrį žurnalistų aplink kosminio zondo modelį ir prieš jo kameras paleido gyvačių, chameleonų ir vėžlių para-

dą. Taip jis norėjo visiems parodyti, ką tikisi rasti Raudonojoje planetoje. „Nėra jokios priežasties manyti, kad Marse negali būti organizmų, kurių dydis svyruotų nuo skruzdėlės iki baltojo lokio“, – aiškino jis. Rūdžių spalvos poliarinių lokių taip ir neišvydome.

Štai ką žinome apie dabartines galimybes rasti gyvybę mūsų Saulės sistemoje. Kai kurias vietas galime atmesti iš karto. Su visa pagarba Viljamui Heršeliui, jo teorija apie Saulėje gyvenančias būtybes buvo idiotiška. Saulė daug karštesnė už ugnį – tokia karšta, kad atomai suyra į plazmą. Tokiomis sąlygomis susidaryti tokioms sudėtingoms biomolekulėms kaip DNR visiškai neįmanoma, o ištisiems organizmams – tuo labiau. Kitas mūsų danguje aiškiai matomas objektas – Mėnulis – gyvybei per šaltas ir per sausas. Galbūt tai mūsų išankstinis nusistatymas biologijos atžvilgiu, tačiau į vandenį panašus skystis atrodo esąs būtinas bet kokiai mūsų suvokiamai gyvybei ir kaip cheminių reakcijų terpė, ir kaip priemonė, sunaikinanti laisvuosius radikalus, kurie priešingu atveju suplėšytų organines molekules į skutelius. Be to, Mėnulyje nėra oro.

Marsas ir Venera atrodė daug žadančios vietos rasti gyvybės, tačiau dėl skirtingų priežasčių nė viena nepasiteisino. Nepaisydami nedidelio nesusikalbėjimo dėl kanalų, mokslininkai mano, kad Marse iš tiesų kažkada buvo skysto vandens, tačiau tai buvo labai seniai. Be to, prieš kelis milijardus metų planeta prarado didžiąją dalį savo atmosferos. Kaip ir Žemėje, atmosfera Marse susidarė dėl ugnikalnių išsiveržimų, ir, panašiai kaip Žemėje, po asteroidų smūgių tos pirmosios atmosferos išlėkė į kosmosą. Tačiau skirtingai nei Žemė, Marsas buvo per mažas, kad savo gelmėse išlaikytų pakankamai šilumos. Dėl to jos atšalo, sukietėjo, o dėl to išseko ir ugnikalniai. Todėl netekęs atmosferos, Marsas nebeturėjo iš ko ją atkurti. Sukietėjus branduoliui, jis prarado ir savo magnetinį lauką. Magnetinis laukas labai svarbus, nes veikia kaip apsauginis planetos skydas – nukreipia saulės vėją (dalelių iš Saulės srautą), kuris nupučia brangiąsias dujas nuo planetos paviršiaus. Dabar Marso atmosferą sudaro truputis anglies dioksido, o slėgis jame du šimtus kartų mažesnis nei Žemėje.

(Beje, netiesa, kad nusiėmus skafandrą žemo slėgio aplinkoje, kaip kad Marse ar apskritai kosmose, jūsų galva sprogtų. Jūsų kaukolė pakankamai stipri, kad atlaikytų. Kita vertus, vis tiek ilgai neišgyventumėte. Dėl labai mažo slėgio visas vanduo jūsų burnoje ir akyse per kelias sekundes užvirtų,

o dėl stipraus šaltčio smegenys pavirstų ledo luitu. Sveiki atvykę į kosmosą, kur tuo pat metu galite ir užvirti, ir užšalti.)

Tuo tarpu Venera iš pradžių atrodė kaip antroji Žemė – praktiškai identiška planeta, tik jos orbita arčiau Saulės. Tačiau dėl šio vienintelio skirtumo ji visiškai netinkama žmonėms. Tam tikra prasme, Veneros problema priešinga nei Marso – joje per daug oro. Jos ugnikalniai tikriausiai išmesdavo panašų kiekį vandens garų ir anglies dioksido kaip ir pirmąsios Žemės. Bet Venera buvo arčiau Saulės, todėl temperatūra joje niekada nenukrito tiek, kad garai kondensuotųsi į ežerus ir vandenynus, tad planeta liko dujinė. O be stovinčio vandens CO₂ negalėjo ištirpti ir sudaryti kietųjų mineralų – jis taip pat liko ore. Veneroje ir Žemėje yra maždaug vienodas anglies atomų skaičius, tačiau Veneroje 200 000 kartų daugiau anglies pagrindo dujų. Dėl to oro slėgis Veneroje panašus į esantį 800 metrų po vandeniu. Dar blogiau tai, kad anglies dioksidas sulaiko šilumą (tai šiltnamio efektą sukeliančios dujos), tad Veneros paviršių švilina 460 °C temperatūra, t. y. pakankama lydyti šviną. Kai keikiate žmones, nesiųskite jų į pragarą*, siųskite į Venerą.

Šiandien dauguma astronomų sutaria, kad jei dar kur nors mūsų Saulės sistemoje egzistuoja gyvybė, tai Jupiterio ar Saturno palydovuose. Kadangi jie toliau nuo Saulės, jų palydovai negauna daug šviesos ir šilumos, tačiau sukantis aplink savo planetas juos veikia stiprios potvyninės jėgos. Gravitacinę energiją jos iš esmės paverčia trintimi, o trintis tikriausiai sukuria pakankamai šilumos, kad atsirastų ugnikalniai ir skystas vanduo (bent jau po palydovo paviršiumi). NASA mano, kad Jupiterio palydovas Europa – itin daug žadantis gyvybės egzistavimo požiūriu, todėl kai 2003 metais zondas „Galileo“ apskrido Jupiterį, mokslininkai tyčia jį sudaužė toje planetoje – nenorėjo rizikuoti, kad jis kada nors nukristų į Europą ir galimai užterštų palydovą iš Žemės atkeliavusiais mikrobais.

Kalbant apie gyvybę už mūsų Saulės sistemos ribų, mokslininkų nuomonės jau dešimtmečius kardinaliai skiriasi. Vieni galvoja, kad tai neįmanoma, kiti įsitikinę, kad ji egzistuoja. [Kaip sakė Artūras Klarkas (Arthur C. Clarke): „Yra dvi galimybės – arba mes esame vieni Visatoje, arba ne. Abi jos vienodai baisesios.“] Tačiau dėl keleto priežasčių paskutinius kelis dešimtmečius mokslininkai vis labiau linksta prie antrosios galimybės – kad Visatoje knibžda gyvybės.

Pirma, dabar turime svarių įrodymų, kad aplink kitas žvaigždes yra planetų. Darbas šioje srityje prasidėjo tik XX amžiaus dešimtajame dešimtmetyje, tačiau astronomai jau aptiko 3 200 vadinamųjų egzoplanetų. Paprastai jos aptinkamos stebint periodiškus žvaigždžių skleidžiamos šviesos pokyčius. (Ypač ieškoma Doplerio efekto – subtilių šviesos spalvos pokyčių, kai aplink skriejanti planeta „timpteli“ žvaigždę į vieną ar kitą pusę.) Planetai ir žvaigždei išsidėsčius viena linija, mokslininkai taip pat stebi periodiškus šviesos ryškumo pokyčius – slinkdama priešais žvaigždę, egzoplaneta šiek tiek užstoja šviesą, t. y. įvyksta dalinis užtemimas. Sunku net įsivaizduoti, kokio tikslumo reikalauja šis darbas – tai lyg stovėti Meine ir bandyti įžiūrėti blusą ant elektros lemputės San Diege. Kad galėtų tai padaryti, mokslininkai įgijo supergalių. Gyvybės požymių vis dar nematyti – tai būtų bandymas įžiūrėti tos blusos ląsteles ar net pavienes molekules. Tačiau daugeliu atvejų mokslininkai gali nustatyti planetos dydį, masę ir orbitos spindulį. Tai svarbūs pirmieji žingsniai.

Nežemiška gyvybė dabar taip pat atrodo labiau tikėtina, nes žinome, kad kosmose yra daug potencialių gyvybės „statybinių medžiagų“ – vandens, metano, amoniako, anglies turinčių dujų. Astronomai kosmose taip pat aptiko DNR bazių ir paprastųjų aminorūgščių. Dar labai svarbu, kad dabar jau žinome, jog Žemėje gyvybė gali klestėti net nepalankiausiomis sąlygomis – povandeninėse vulkaninėse angose, Negyvojoje jūroje ar 800 metrų po Antarktidos ledu. Bakterija *Deinococcus radiodurans* gali išgyventi net branduolinių atliekų sąvartynuose, kur radiacijos lygis tris tūkstančius kartų viršija žmogui mirtiną dozę. (Kaip? Labai greitai taisydamas savo DNR. Žinoma, *D. radiodurans* nebuvo prisitaikiusi gyventi branduolinėse atliekose, nes tokie sąvartynai gamtoje neegzistuoja. Ji prisitaikė gyventi labai sausose vietose, o radiacijos sukelti DNR pažeidimai labai panašūs į tuos, kuriuos lemia itin stipri dehidratacija. Taigi, jei norite sužinoti, kokios rūšys išgyventų branduolinį holokaustą, pažiūrėkite į dykumą.) Apskritai, tiriant biomolekules nustatyta, kad žaliavos gyvybei yra gausu, o ekstremalių sąlygų tyrimai rodo, jog gyvybė gali įsitvirtinti beveik visur.

Tačiau visos tos kalbos apie gyvybę tolimose planetose tebėra spekuliacinio pobūdžio – kol neturime faktinių įrodymų, esame kaip viduramžių scholastai, besiginčijantys apie angelus. O, išskyrus nusileidimą egzoplanetose, geriausi įrodymai gaunami tyrinėjant jų atmosferų dujas.



Žvaigždės šviesa, sklindanti pro tolimos egzoplanetos atmosferą dailininko akimis.

(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS NASA)

Norėdami gauti tokių įrodymų, astronomai pirmiausia turi surasti tinkamą „taikinį“ – uolinę planetą, kuri būtų nei per arti, nei per toli nuo savosios saulės. Tada reikėtų laukti, kol planeta praskries priešais saulę. Tranzito metu didžioji dalis saulės šviesos būtų matoma, nes žvaigždės daug didesnės už planetas. Nedidelę dalį šviesos užstotų planeta. (Pavyzdžiui, Žemė užstotų 0,008 procento mūsų Saulės šviesos.) Tačiau mokslininkus labiausiai domina dar mažesnė šviesos dalis (apie 0,00005 procento), kuri nėra nei užstojama planetos, nei praeina pro šalį nepaliesdama planetos. Tai – pro planetos atmosferą prafiltruojama šviesa.

Šviesa ir dujos sąveikauja ypatingu būdu. Sužadintos dujos dažnai skleidžia šviesą – tai jau matėme natrio gatvių žibintų ir vadinamųjų neoninių lempų atveju. Tačiau ši šviesa nėra tokia paprasta, kaip atrodo iš pirmo žvilgsnio. Tokių lempų skleidžiama šviesa atrodo vienspalvė, tačiau taip nėra – tai kelių skirtingų spalvų mišinys.

Šią šviesą išsklaidžius per prizmę tas spalvas galima pamatyti – jos atrodo kaip plonos linijos ar juostos. Pavyzdžiui, vandenilio dujos skleidžia vieną ryškią raudoną juostą, vieną ramios žalsvai melsvos spalvos juostą ir kelias prislopintos violetinės spalvos juostas. Helis, be kitų spalvų, skleidžia nuostabią geltoną juostą. (Būtent ši ryški geltona juosta padėjo

astronomams atrasti helio Saulėje 1868-aisiais*, t. y. keliais dešimtmečiais anksčiau nei Viljamas Ramzis atrado jį Žemėje.) Visi kiti periodinės lentelės elementai taip pat skleidžia savitas spalvų juostas. Kiekvieno elemento unikalų rinkinį mokslininkai vadina emisijos spektru.

Dar yra reiškinys, vadinamas absorbcijos spektru. Tai iš esmės emisijos spektro priešingybė – emisijos spektrą nulemia karštų dujų skleidžiama konkrečių spalvų šviesa, o absorbcijos spektrą – šaltų dujų blokuojamos tam tikros spalvos. Įsivaizduokite vaivorykštę, kurią gaunate išskleidę gryną baltą šviesą per prizmę. Dabar įsivaizduokite, kad kas nors plonu tepuku juodu tušu šen bei ten uždažo kelias juostas. Taip atrodo absorbcijos spektras.

Kai astronomai žiūri į žvaigždės šviesą, sklindančią pro tolimos planetos vainiką, juos domina būtent absorbcijos spektras, nes kiekvienas dujinis junginys (pavyzdžiui, chloras, vandens garai ar amoniakas) sugeria skirtingas šviesos spalvų juostas. Trūkstamos juostos yra tarsi dujų piršto atspaudas, taigi tyrinėdami tas spalvas mokslininkai gali numanyti, kokių dujų yra egzoplanetos atmosferoje. Nepaisant sunkių techninių iššūkių, kosminiai teleskopai jau aptiko vandens garų planetose, esančiose už kelių šviesmečių, t. y. maždaug už 30 trilijonų kilometrų. Ateities teleskopai turėtų sugebėti atskirti anglies dioksidą, vandenilio sulfidą, amoniaką, metaną ir kitas įprastas dujas. (Žemėje atlikti tyrimai rodo, kad joje esančios gyvybės formos gali pagaminti daugiau kaip 600 skirtingų rūšių dujų.)

Žinoma, ieškant nežemiškos gyvybės, kai kurios dujos padeda labiau nei kitos. Vanduo ir anglies dioksidas rodo tik tiek, kad planetoje yra ugnikalnių. Argonas reiškia, kad aplinkoje daug irstančio kalio-40. Vandenilio ar helio dujos rodo, kad tai nauja planeta, dar per jauna turėti gyvybės. Kalbant apie gyvybės požymius, astrobiologai kažkada manė, kad deguonis tikrai reikštų gyvybę, nes didžiąją dalį O_2 Žemėje pagamina gyvi organizmai. Ozonas taip pat atrodė kaip patikimas požymis, nes O_2 naudojamas kaip O_3 žaliava. Tačiau nuo tų laikų sužinojome, kad skirtingos geologinės struktūros planetos gali pasigaminti deguonies nebiologiniais būdais. (Pavyzdžiui, intensyvūs ultravioletiniai spinduliai gali suskaidyti vandens garus į H_2 ir O_2 .) Daugelis astrobiologų seniau taip pat siūlė ieškoti metano – tai mikrobus išskiriamos dujos, kurių gausu Žemėje. Tačiau dabartiniai modeliai rodo, kad po vandeniu išsiveržianti magma gali reaguoti su jūros

vandeniu ir sudaryti metaną kaip šalutinį produktą. Netgi priartėjusiam prie Saulės Plutone atsiranda šiek tiek metano ir azoto, nors tikimybė ten atsirasti gyvybei lygi nuliui.

Taigi nė vienos dujos neveikia kaip ženklas „Čia yra gyvybės!“ Kita vertus, tam tikrų dujų deriniai būtų svarus požymis. Maišydamiesi atmosferoje, metanas ir deguonis „puola“ vienas kitą, todėl jų abiejų koncentracija sumažėja. Planetoje be gyvybės galima būtų rasti didelį kiekį metano ar deguonies, bet ne jų abiejų. Tačiau jei randamas didelis abiejų dujų kiekis, vadinasi, kažkas jų nuolat papildo, ir tas kažkas greičiausiai yra gyvybė. Taigi, aptikti stiprų metano ir deguonies spektrą būtų tas pat, kas aptikti fosiliją – dujinę fosiliją.

Galime žengti dar toliau. Kadangi tokios dujos kaip deguonis gali padėti mums aptikti nežemišką „augaliją“, „gyvūniją“ ir mikrobus, galiausiai norėsime surasti ir protingų būtybių. Pagal nežemiškos gyvybės paieškų projektą SETI (angl. *Search for Extraterrestrial Intelligence*) daugiausia ieškota iš tolimų planetų sklindančių elektromagnetinių bangų – tai tarsi mėgėjiškas ateivių radijas. Tačiau šis būdas turi keletą trūkumų – juo galima aptikti tik tas civilizacijas, kurios transliuoja į kosmosą. Kitaip tariant, šiuo būdu iki 1905-ųjų nebūtų buvę įmanoma aptikti žmonijos, taip pat ir kitų planetų gyventojų, kurie naudotųsi telegrafo principu veikiančiomis technologijomis. Be to, jei dabartinės tendencijos išliks ir transliacijų vis mažės, per ateinančių šimtmetį ar du didžioji Žemės dalis gali tapti „radijo tylos“ zona, tad iš toli būtų sunku ją susekti. Kitose planetose taip pat galimos panašios tendencijos, tad mums lieka labai nedaug galimybių ką nors nugirsti.

Patikimesnis nežemiškų protingų būtybių paieškos būdas – ieškoti ateivių taršos. Jei imsime Žemę kaip pavyzdį, ateivių astronomai tikrai čiauškėtų (arba cypsėtų, arba niurnėtų, arba darytų tai, ką įprastai daro susijaudinę) apie mūsų atmosferoje aptiktą chlorfluorangliavandenilį (CFC), kadangi šios dujos neatsiranda natūraliai. Remdamiesi tarša, astronomai taip pat galėtų daryti tam tikras prielaidas apie tolimos civilizacijos gerovę. Kai kurie teršalai suyra po maždaug dešimties metų, kitiems prireikia šimtų tūkstančių metų. Taigi jei tolimos planetos atmosferoje pamatytume trumpaamžių ir ilgaamžių teršalų mišinį, galėtume daryti išvadą, kad ten esama pramonės. Jei rastume tik ilgiausiai išliekančių teršalų, išvada būtų liūdnesnė – žalieji žmogeliukai susinaikino, galbūt dėl to, kad sunaikino

savo planetos aplinką. (Tai reikštų, kad jie vis dėlto nebuvo žalieji žmogeliukai.) Ateivių teršalų paieškos gali atrodyti nerealistiškos, tačiau po kelių metų paleistas Džeimso Vebo (James Webb) kosminis teleskopas už kelių šviesmečių esančiose planetose galės aptikti vos dešimt kartų didesnę nei Žemėje CFC koncentraciją. Kitos kartos teleskopai bus dar jautresni.

O galbūt rasime ne CFC, bet kokias nors kitas egzotiškas dujas. Galbūt tos dujos netgi nebus teršalai, galbūt galėsime jas panaudoti savo reikmėms. Beskite pirštu į kelis atsitiktinius periodinės lentelės elementus. Galbūt iš jų sudarytos dujos sukels tokį medicinos, transporto, metalurgijos perversmą, kokio net negalėtume įsivaizduoti – panašų į tą, kokį dujos padarė anksčiau. Ir galbūt apie jų egzistavimą sužinotume ne iš kokios žemiškos mokslinių tyrimų laboratorijos, o iš planetos, esančios už milijonų milijardų kilometrų, aureolės.

*

Gyvybės kitose planetose paieška kelia pretenzingų dvasinių klausimų* apie žmoniją ir jos vietą kosmose. (Aktualiausias klausimas – ar atradę protingų būtybių kitose planetose automatiškai taptume mažiau ypatingi?) Deja, dėl didėjančio šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio Žemėje galimybė gyventi kitose planetose tampa nepatogiu, bet praktišku klausimu – vieną dieną tokios planetos gali tapti mūsų prieglobsčiu.

Svarbu suprasti, kad panašiai kaip radioaktyvumas, šiltnamio efektą sukeliančios dujos pačios savaime nėra blogos. Galvokite apie jas kaip apie cholesterolį. Organizmui cholesterolis reikalingas smegenų ląstelėms apsaugoti ir tam tikriems vitaminams bei hormonams gaminti. Problemos prasideda tik tada, kai cholesterolio atsiranda per daug. Taip pat ir su šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis.

Jos taip pavadintos dėl to, kad sugeria saulės šviesą, nors ir netiesiogiai. Didžioji dalis saulės šviesos pirmiausia pasiekia žemę ir ją sušildo. Tada žemė dalį šilumos išspinduliuoja atgal į kosmosą infraraudonųjų spindulių pavidalu. (Infraraudonųjų spindulių bangos ilgis didesnis nei matomos šviesos. Iš esmės tai tas pats, kas šiluma.) Jei atmosfera būtų sudaryta tik iš azoto ir deguonies, šie infraraudonieji spinduliai (šiluma) iš tiesų išlėktų į kosmosą, nes dviatomės molekulės, tokios kaip N_2 ir O_2 , nesugeria infraraudonųjų spindulių. Tačiau tokios molekulės kaip anglies dioksidas ir

metanas, turinčios daugiau nei du atomus, sugeria infraraudonųjų spindulių šilumą. Ir kuo daugiau tokių daugiaatomių molekulių yra ore, tuo daugiau šilumos jos sugeria. Štai kodėl mokslininkai jas pavadino šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis – jos yra vienintelė oro sudedamoji dalis, galinti sulaikyti šilumą.

Šiltnamio efektą mokslininkai apibūdina kaip skirtumą tarp faktinės planetos temperatūros ir tos temperatūros, kuri būtų be tokių dujų. Kadangi Marse CO_2 nedaug, jo temperatūra pakyla mažiau nei 5 laipsniais Celsijaus, tuo tarpu Veneroje šiltnamio efektą sukeliančios dujos prideda net 450 laipsnių. Be šiltnamio efektą sukeliančių dujų vidutinė temperatūra Žemėje būtų žvARBŪS $-17\text{ }^\circ\text{C}$ – žemesnė nei vandens užšalimo. Su šiomis dujomis vidutinė temperatūra yra malonūs $15\text{ }^\circ\text{C}$. Astronomai dažnai kalba apie tai, kad Žemės orbitos atstumas nuo Saulės tobulas – čia vanduo nei užšąla, nei užverda. Tačiau tai nevysiškai tiesa – skystą vandenį turime ne tik dėl tinkamo atstumo nuo Saulės, bet ir dėl šiltnamio efektą sukeliančių dujų. Jei šių dujų nebūtų, mūsų planeta būtų kaip ledo planeta Hotas iš „Žvaigždžių karų“. Sunku patikėti, tačiau svarbiausios šiltnamio efektą sukeliančios dujos Žemėje yra vandens garai – vien jos Žemės temperatūrą pakelia maždaug dvidešimčia laipsnių. Anglies dioksidas ir kitos dujos prideda likusius dešimt. Tad jei vanduo temperatūrą pakelia daugiau, kodėl CO_2 tapo tokiu baubu? Daugiausia dėl to, kad anglies dioksido lygis labai sparčiai kyla. Iškasę nedidelius oro burbuliukus, įstrigusius Arktyje po ledu, mokslininkai gali pažiūrėti, koks buvo mūsų oras ankstesniais šimtmečiais. Tokiu būdu jie sužinojo, kad didžiąją žmonijos istorijos dalį ore buvo 280 anglies dioksido molekulių iš milijono visų ore esančių dalelių. Tada atėjo pramonės perversmas ir mes pradėjome deginti beprotiškus kiekius angliavandenių, kurie degdami išskiria CO_2 . Kad galėtumėte maždaug įsivaizduoti kiekį, 1882-aisiais Henris Besemeris savo anūkams parašytoje apybraižoje gyrėsi, kad vien Didžiojoje Britanijoje per metus buvo sudeginama tiek anglių, kiek jų užtektų penkiasdešimt penkioms Gizos piramidėms sudaryti. Kitaip tariant, pasak jo, šių anglių pakaktų „pastatyti 320 kilometrų ilgio, 30 metrų aukščio ir beveik 13 metrų storio sieną aplink Londoną. Savo tūriu ji ne tik prilygtų Didžiajai kinų sienai, bet būtų dar 557 kilometrais ilgesnė“. Ir visa tai buvo kelis dešimtmečius prieš atsirandant automobiliams, šiuolaikiniam transportui ir naftos pramonei.

XX amžiaus viduryje anglies dioksido lygis pasiekė 312 dalelių iš milijono, o dabar jau viršija 400.

Atsainiai į klimato kaitą žiūrintys žmonės dažnai (ir teisingai) sako, kad CO₂ koncentracija svyravo jau milijonus metų, net kai dar nebuvo žmonių, ir kartais būdavo dešimtis kartų didesnė nei dabar. Taip pat tiesa, kad Žemė turi natūralių mechanizmų pašalinti anglies dioksido perteklių – gudrų neigiamo grįžtamojo ryšio ciklą: vandenynai sugeria CO₂ perteklių, paverčia mineralais ir saugo po žeme. Tačiau vertinamos platesniu aspektu, šios tiesos tampa tik pusiau tiesomis. CO₂ koncentracija praeityje kito, tas tiesa, bet ji niekada nedidėjo taip sparčiai, kaip per pastaruosius du šimtmečius. Ir nors geologiniai procesai gali „užrakinti“ CO₂ po žeme, tai trunka milijonus metų. Tuo tarpu vien per paskutinius 50 metų žmonės į orą išmetė apie 1 150 trilijonų kilogramų papildomo CO₂.

(Tai daugiau nei 725 tūkstančiai kilogramų per sekundę. Pagalvokite, kiek nedaug sveria dujos, ir suprasite, kokie dideli šie skaičiai.) Atviros jūros ir miškai „suvalgys“ maždaug pusę to CO₂, tačiau gamta tiesiog nespėja tvarkytis.

O pridėjus kitas šiltnamio efektą sukeliančias dujas, reikalai atrodo dar liūdniau. Metano molekulė sugeria dvidešimt penkis kartus daugiau šilumos nei anglies dioksido. Vienas pagrindinių metano šaltinių Žemėje šiuo metu yra naminiai galvijai – kiekviena karvė per dieną išraugėja vidutiniškai 570 litrų ir išbežda dar apie 30 litrų metano. Visame pasaulyje taip susidaro apie 80 milijardų kilogramų CH₄ per metus. Dalis jo suyra dėl natūralių procesų, tačiau didelė dalis lieka nesuirusi. Kitos dujos kenkia dar labiau. Azoto oksidas (juoko dujos) sugeria tris šimtus kartų daugiau šilumos nei anglies dioksidas. Dar blogesnės CFC (chlorfluorangliavandėniliai) – jos ne tik naikina ozoną, bet ir sulaiko šilumą kelis tūkstančius kartų veiksmingiau nei anglies dioksidas. Nors CFC koncentracija ore – vos kelios dalelės iš milijardo, jos sudaro ketvirtį žmogaus sukkelto globalinio atšilimo.

Ir net CFC nėra didžiausia problema. Didžiausia problema – teigiamo grįžtamojo ryšio ciklas, kuriame dalyvauja vanduo. Teigiamo grįžtamojo ryšio ciklas (kaip cypimas, girdimas sujungus du mikrofonus) – nuolatinis ciklas – tampa nekontroliuojamas. Šiuo atveju dėl šiltnamio efektą sukeliančių dujų sukaupito šilumos pertekliaus vandenynai garuoja greičiau nei

įprastai. Nepamirškite, kad vandens garai – vienos geriausių (t. y. blogiausių) šiltnamio efektą sukeliančių dujų, tad daugiau vandens garų sulaiko daugiau šilumos. Dėl to temperatūra dar šiek tiek pakyla, o tai dar labiau paskatina vandenį garuoti. Šie garai sulaiko dar daugiau šilumos, o dėl to vėl išgaruoja daugiau vandens, ir taip toliau.* Tad netrukus bus karšta kaip Veneroje. Būtent dėl nekontroliuojamo teigiamo grįžtamojo ryšio ciklo tikimybės mums turi rūpėti tokie dalykai kaip nedidelis CFC koncentracijos padidėjimas. Gali atrodyti, kad kelios dalelės iš milijardo pernelyg nereikšmingos, kad sukeltų pokyčius, bet jei ko nors išmokome iš chaoso teorijos, tai to, kad nedidelių pokyčių padariniai gali būti milžiniški.

Žinoma, pasikeitus klimatui, gyvenimas Žemėje tęsis, tik nėra garantijų, kad išgyvens žmonės. Taigi, jei darysime prielaidą, kad išnykti kaip rūšis nenorime, ką galime padaryti? Abejoju, ar savo noru imsime mažiau teršti ar grįšime prie paprastesnio gyvenimo būdo. Mums pernelyg patinka mėsa, mobilieji telefonai ir greitos kelionės. Tačiau baudos ar mokesčiai galėtų pažaboti vartojimą. Kai kurie ekonomistai siūlo įvesti didžiausio leidžiamo išmetamųjų teršalų kiekio nustatymo ir apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemą (ATLPS). Pagal ją naudojantieji švaresnes technologijas, pavyzdžiui, saulės energiją, gautų „anglies kreditų“, kuriuos galėtų iškeisti į pinigus. Jie taip pat pažymi, kad tokia sistema padėjo pažaboti ir iš esmės išspręsti rūgščiojo lietaus problemą XX amžiaus devintajame dešimtmetyje. Tačiau šiltnamio efektą sukeliančias dujas reguliuoti sunkiau nei rūgštųjų lietu. Norint išspręsti rūgščiojo lietaus problemą, pakako stebėti vos kelias dujas (daugiausia sieros dioksidą ir kelis azoto oksidus). Šiltnamio efektą sukeliančių dujų yra kelios dešimtys, tarp jų ir visur esantis CO₂, kuris dar labiau apsunkina reikalus. O žiūrint plačiau, net jei pavyktų suvaldyti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą, ko gero, būtų sunku sukontroliuoti jau padarytą žalą. Dėl teigiamo grįžtamojo ryšio ciklo su vandens garais globalinis atšilimas įgijo didelį pagreitį. Negalime tiesiog šiek tiek pašildyti planetą, o tada padaryti pauzę.

Mano nuomone, klimato inžinerija – sąmoningi veiksmai siekiant atvėsinti atmosferą – yra vienintelis realistiškas sprendimas. Žinoma, žiūrint objektyviai, klimato inžinerija taip pat atrodo beviltiška ir beprotiška. Šios idėjos negalime išbandyti kitaip, kaip tik pasauliniu mastu, ir yra didelė tikimybė, kad susimautume ir dar labiau pablogintume padėtį. Tikiu

nenumatytų pasekmių dėsniu, tačiau dar labiau tikiu žmogiškosios prigimties pastovumu. Kadangi mūsų elgesys praeityje daugiausia buvo tingus ir trumparegiškas, manau, kad toks jis liks ir ateityje. Nenoriu taip niūriai kalbėti apie žmones – juk kai kurie geriausi mano draugai žmonės. Bet mes kliaujamės įpročiais, o bandymai kovoti su klimato kaita atskleidžia blogiausius iš jų. Ir priešingai, nors būtų nelengva, pasiūlytas technologinis problemos sprendimas paskatintų žmones imtis to, ką jie geba geriausiai – susidarius beviltiškai padėčiai jie suskanta veikti.

Vienas klimato inžinerijos sprendimų būtų surinkti dujinį anglies dioksidą ir paversti jį kietąja anglimi. Pavyzdžiui, skruzdėlėms rausiantis žemėje ir statant skruzdėlynus, kaip šalutinis produktas susidaro kalcis. Jam reaguojant su anglies dioksidu lietaus vandenyje susidaro kalkakmenis – kietoji medžiaga, kuri negali pakilti į atmosferą ir sugerti šilumą. Tad galbūt reikėtų Sibire įveisti milžinišką skruzdėlių fermą ir leisti joms dirbuotis. Kitas galimas būdas būtų panaudoti vienląsčius vandens organizmus, vadinamus fitoplanktonu. Daugelyje vandenyno vietų trūksta geležies, kuri yra pagrindinė fitoplanktono maisto medžiaga. Taigi į tuos vandenynus įbėrus geležies miltelių galėtų atsirasti didžiuliai žydintys fitoplanktono plotai. Fitoplanktonas pasigamina egzoskeletus iš anglies, kurią išgauna iš ore esančio CO_2 . Jam žuvus ir nusileidus į dugną anglis lieka vandenyno dugne. Skruzdėlės ir fitoplanktonas gali atrodyti pernelyg smulkūs, kad pajėgtų kovoti su klimato kaita, tačiau mes, žmonės, dažnai nuvertiname, kiek daug tų smulkių padarėlių yra ir kokį didžiulį darbą jie gali nuveikti. Kadangi jie – gyvos būtybės, todėl gali patys daugintis, tad žmonėms nereikėtų jų papildyti.

Dar vienas klimato inžinerijos sprendimas – blokuoti saulės šviesą prieš jai pasiekiant žemę ir pavirstant šiluma. Tuo tikslu kai kurie mokslininkai siūlo į orbitą paleisti milžiniškus veidrodžius arba į debesis purkšti jūros vandenį, kad jie taptų baltesni, storesni ir atspindėtų daugiau šviesos. Aktyviausiai aptarinėjama idėja – išpurkšti megatonas sieros dioksido į stratosferą, nes SO_2 taip pat atspindi saulės šviesą atgal į kosmosą. (Tai tarsi antišiltnamio efektą sukeliančios dujos.)

Nors šios dujos kažkada sukėlė rūgštųjį lietų, tačiau šį kartą jis nebūtų „išplautas“ iš dangaus, nes būtų išpurkštas didesniame aukštyje, nei formuojasi lietaus debesys. Kitas didelis sieros dioksido privalumas yra tas,

kad, skirtingai nuo kitų klimato inžinerijos metodų, gamta su juo jau yra atlikusi keletą eksperimentų – šias dujas dažnai išmeta ugnikalniai, ir po didžiųjų išsiveržimų, pavyzdžiui, Tamboros ar Krakatau, planeta iš tiesų keleriems metams atvėso. Tačiau šis metodas turi tą patį trūkumą kaip ir kiti – galime susidurti su kitomis problemomis, kurių nenumatėme. Net jei kitų padarinių ir nebūtų, dėl SO_2 mūsų dangaus mėlynė apsiblaustų, žvaigždės naktiniame danguje taptų sunkiau įžiūrimos, o saulėlydžiai – ryškiai raudoni.

Žinoma, galėtume derinti kelias skirtingas strategijas – didžiules skruzdėlių fermas, supertanklaivius, beriančius geležį į jūras, patrankas, šaudančias sieros dioksido pripildytais šoviniais nuo Kilimandžaro viršūnės.

Deja, pradėję taikyti šias technologijas niekada negalėtume sustoti – turėtume tęsti iki pasaulio pabaigos. Tačiau atsižvelgiant į tai, kad istorijoje žmonės nenustodavo vartoję tol, kol viskas nesugriūdavo, inžinerinis sprendimas atrodo pragmatiškiausias variantas. Nors šios priemonės, ko gero, brangiai kainuotų – šimtus milijardų dolerių per metus, palyginti su galimu visos žmonijos išnykimu, tokia kaina neatrodo per didelė.

*

Tačiau tarkime, kad klimato inžinerija nepasiteisins ir Žemė (beveik tiesiogine prasme) virs pragaru. Tokiu atveju vienintelė galimybė mums būtų pradėti gyvenimą iš naujo kitoje planetoje.

Jei neturėtume tarpgalaktinių erdvėlaivių, reikėtų ieškoti netolimos planetos. Tai reikštų, kad turėtume pakeisti Marso ar Mėnulio aplinką.* Šis procesas vadinamas teraformavimu. Kai kurie teraformavimo aspektai būtų tiesiog pritaikymas to, kas planetoje jau yra. Pavyzdžiui, Marso dirvožemis labai primena Žemės, nors dėl raudonos spalvos taip neatrodo. Jame gausu maistinių medžiagų, tad šarminę dirvą mėgstantys augalai ten turėtų klestėti (žinoma, jei turėtų oro ir šilumos). Su Mėnulio dirvožemiu darbo būtų daugiau. Be to, tiek Marse, tiek Mėnulyje būtų reikalingas vanduo ir oras. Laimė, abu šiuos poreikius galėtume patenkinti, atsigabenę žaliavas kometų pavidalu. Mokslininkai jau nutupdė zondus ant kometų, o jei viename tokia zonde būtų atominė bomba, sprogimas išmuštų kometa iš kurso ir nukreiptų į tikslinę planetą. Prieš kometai žiebiantis į ją, kita

atomine bomba susmulkintume tą kometą į šipulius, o tada jos ledas, dujos ir mineralai švelniai pabirtų ant planetos paviršiaus (bent jau teoriškai).

Remiantis kai kuriais skaičiavimais, Mėnuliui visiškai transformuoti pakaktų vos šimto Halio dydžio kometų – dirvožemis būtų patręštas, o „jūras“ (pavyzdžiui, Ramybės jūrą) užpildytų vanduo. (Marsas didesnis, tad kometų reikėtų daugiau.) Kai jau turėtume vandens, sukurti kvėpuoti tinkamą atmosferą būtų visiškai paprasta – tiesiog atgabentume deguonį gaminančių dumblių ir leistume jiems atlikti savo darbą. (Kai kurie tyrimai rodo, kad toks procesas gali trukti dešimtis tūkstančių metų; kiti numato, kad daug mažiau. Bet kuriuo atveju, pasiekus tam tikrą minimalų slėgį, galėtume atgabenti augalų ir taip paspartinti procesą.) Dar galėtume paimti šiek tiek stipriausių CFC dujų ir nugabenti jas į Marsą ar Mėnulį, kur jos išties būtų naudingos ir sušildytų tuos ledinius dangaus kūnus.

Marso atmosferai užsipildant dujomis, jo dangus, kuris dabar dėl dulkių yra kreminės rausvai geltonos spalvos, pradėtų mėlynuoti, nes dujos pradėtų skaidyti saulės šviesą. Tas pat nutiktų ir su juodu Mėnulio dangumi. O ir pats Mėnulis iš Žemės atrodytų kitaip. Kai kurie skaičiavimai rodo, kad teraformuotas Mėnulis mūsų danguje būtų penkis kartus ryškesnis, o temperatūra jame būtų maloni kaip Floridoje. Su tokiu klimatu ir mažesniu slėgiu, dėl kurio sąnariams tektų mažesnė apkrova, galima įsivaizduoti, kad Mėnulis taptų patrauklia vieta pensininkams.

Tačiau atsižvelgiant į tai, kiek laiko užtruktų pertvarkyti visą planetą, Mėnulis ar Marsas, ko gero, nėra geriausias ilgalaikis pasirinkimas. O kalbant apie ištis ilgą perspektyvą, persikėlimas į kurią nors Saulės sistemos planetą apskritai nėra išeitis, nes Saulė galiausiai sunaikins viską aplink mus. Kai prieš 4,5 milijardo metų suspindo pirmą kartą, Saulė buvo 30 procentų blankesnė nei dabar. Nuo tol ji vis ryškėjo, kaito, ir per kitus du milijardus metų, ko gero, įkais tiek, kad Žemėje išgaruos visi vandenynai. Net jei kokia užsigrūdinusi tarakonų rūšis ir išgyventų, niekas neišgyvens Saulės mirties po maždaug penkių milijardų metų, kai joje baigsis degantis vandenilis. Tuo metu nutiks daug dalykų, tačiau galiausiai branduolio temperatūra stipriai pakils ir netolimame kosmose gyvenančioms būtybėms dar vieną, paskutinį, kartą bus priminta, kad šildamos dujos plečiasi. Saulės skersmuo staiga padidės daugiau nei 150 kartų palyginti su dabartiniu, ir ji taps raudonąja milžine. Skirtingais skaičiavimais, ji arba tiesiog praris

Žemę ir ši išgaruos, arba priartės tiek, kad pabučiuoti svilinančiu bučiniu mūsų mylimi namai virs pelenais. Bet kuriuo atveju, Robertas Frostas atspėjo teisingai – mūsų pasaulis baigsis ugnyje.

Norėdami išgyventi, iki tol turėtume kolonizuoti egzoplanetą. Pirma, turėtume išsiaiškinti, kurios egzoplanetos turi oro, tinkamo mums kvėpuoti. Tai galime nustatyti teleskopais stebėdami absorbcijos spektrus. Tada turėtume sukonstruoti milžinišką erdvėlaivį, kuris nuskraidintų žmones į naujuosius namus. Laimė, didžioji erdvėlaiviams reikalingų žaliavų dalis jau egzistuoja kosmose – tai metalų gausūs asteroidai, kuriuose galėtume jų išgauti. Kosmoso išteklių gavyba tikriausiai skamba absurdiškai, bet jau yra kelios tokios įmonės (kai kurias jų remia „Google“ ir „Microsoft“ milijardieriai), ieškančios galimų kandidatų tarp dešimčių tūkstančių netoli Žemės esančių asteroidų. Zondai būtų panaudoti kaip mulai – jie atitemptų asteroidus arčiau žemės ir „padėtų“ gravitaciškai stabiluose kosmoso taškuose, kur galėtume juos pasiekti.

Šios kosmoso išteklių gavybos įmonės pradinį pelną numato gauti iš tauriųjų metalų. Vos 450 metrų skersmens asteroidas (dvidešimt kartų mažesnis už tą, kuris išnaikino dinozaurus) galėtų duoti daugiau platinos nei per visą istoriją buvo išgauta Žemėje. Vėliau likusią asteroido geležį būtų galima nesunkiai panaudoti erdvėlaiviams, kuriuos galėtume konstruoti kosmose ir tokio dydžio, kokio norėtume, nes nereikėtų galvoti, kaip pakelti juos nuo Žemės paviršiaus.

Tačiau vertingiausias išteklius tuose asteroiduose, ko gero, būtų, ne platina ir ne geležis, o jų paviršių dengiantis ledas. Didžiausias objektas asteroidų žiede – Cerera – ant savo paviršiaus turi daugiau gėlo vandens nei visos Žemės upės ir ežerai kartu sudėti. Dauguma asteroidų mažesni, tačiau juose taip pat yra nemažai vandens. Kosmose keliaujantiems žmonėms būtų reikalingas geriamas vanduo, o skaidant H_2O būtų galima išgauti vandenilį ir deguonį, kurie būtų naudojami kaip degalai. Skirtingai nuo automobilių, kurie juda padedami trinties, erdvėlaiviai juda išmesdami nedidelius dujų debesėlius ir taip įgydami pagreitį. Kosmoso vakuume jie nepraranda šio pagreičio, nes nėra oro pasipriešinimo. (O jei mažytės dujų dalelės neatrodo pakankamai galingos, kad išjudintų erdvėlaivį... Na, galiu pasakyti tik tiek, kad tikriausiai neatidžiai skaitėte knygą...) Dar geriau tai, kad tokie erdvėlaiviai galėtų pakeliui rinkti ledą nuo

kitų asteroidų ir kometų, t. y. naudotis jais kaip tarpžvaigždinėmis degalinėmis.

Suskaidžius vandens molekules, erdvėlaivio keleiviai gautų papildomo deguonies. Tačiau didžiąją dalį deguonies jie tikriausiai gautų iš daug senesnės technologijos – kajutėse auginamų augalų. Kajučių vidinę atmosferą reikėtų papildyti ir azotu, kad slėgis būtų artimesnis Žemės slėgiui (įsivaizduokite, kad jums dešimtmečiams užgula ausis) ir sumažėtų gaisro rizika, nes gryname deguonyje ugnis smarkiai plinta. Šio azoto įgula tikriausiai gautų iš Žemės oro, kurio „pasiimtų“ prieš išvykdamą. Siurbdami orą, astronautai neišvengiamai įsiurbtų ir šiek tiek argono, amoniako bei kitų mūsų atmosferą sudarančių dujų, kurios keliautų kartu į naujuosius namus. Atsižvelgiant į tai, kiek tos dujos prisidėjo prie mūsų rūšies susiformavimo, tai atrodo visai derama.

Kalbant apie tai, į kurią planetą patrauktume, galimybių daug, nes mūsų visatoje egzistuoja apie 300 sekstilijonų žvaigždžių. (Kitaip tariant, kad įkvėptumėte tokį kiekį molekulių, jums tektų giliai įkvėpti kelis kartus, o kiekvieną kartą įkvepiame milžinišką skaičių oro molekulių.) Statistiškai artimiausia gyventi tinkama planeta gali būti maždaug už dvylikos šviesmečių – ilgėjant gyvenimo trukmei, žmonės teoriškai galėtų nukeliauti tokį atstumą per savo gyvenimą. Kelionės metu erdvėlaivyje jie turėtų nuolat mankštintis, kad išlaikytų gerą kaulų tankį ir raumenų masę. (Kai kurios erdvėlaivio dalys galėtų suktis kaip lėta centrifuga, sukurdamos dirbtinį slėgį.) Be šio užsiėmimo, jie leistų dienas žaisdami žaidimus, žiūrėdami holografinius filmus, gimdydami vaikus, ginčydamiesi ir darydami visa kita, ką daro žmonės. Keliaujantiems astronomams tikriausiai patiktų stebėti, kaip keičiantis mūsų padėčiai žvaigždynų atžvilgiu kinta jų forma. Kartas nuo karto erdvėlaivis įskristų į atsitiktinę kosmoso dujų kišenę, iš kurios kada nors susidarys saulės sistema.

Galiausiai pamatytume savo naujuosius namus – iš pradžių mažą taškelį, tada dėmelę. Tuo metu kartu keliaujantys mokslininkai dar kartą patikrintų, ar planetos atmosfera iš tiesų tokia, kaip jie numatė. Ar ten pakanka deguonies ir ozono? Gal ten per daug vandenilio sulfido ar chloro? O gal ten gausu azoto oksido – juoko dujų – ir vos žengę laukan visi pavirsime kikenančiais kvailiais? Taip pat turėtume kruopščiai ištirti, ar planeta turi mėnulių. Planetos ir jų palydovai gali turėti skirtingą atmosferą su skir-

tingomis dujomis. Iš tolo šios dujos gali atrodyti kaip vienas absorbcijos spektras, nes teleskopai negalėtų atskirti tokių mažų dangaus kūnų. Tačiau priartėję galbūt atrastume, kad dalis svarbių dujų yra pačioje planetoje, o kita dalis – jos palydove, kas mums būtų visiškai neparanku.

Jei viskas būtų gerai, artėdami pradėtume įžiūrėti planetos spalvas. Kai kurie atspalviai atrodytų pažįstami – vandenynai mėlyni, kaip ir Žemėje, dykumos rusvos. Tačiau priklausomai nuo mūsų naujosios saulės išspinduliuojamos šviesos, miškai ir „augalija“ gali atrodyti ne žali, o raudoni ar geltoni. Galiausiai įskristume į orbitą aplink planetą ir išvystume nepažįstamų žemynų kontūrus. Čia prireiktų kantrybės – bet kuri planeta, kurią galėtume pavadinti savo namais, galbūt turėtų pakankamai tankią atmosferą, kad besileidžiant paverstų mūsų erdvėlaivį pelenais. Tačiau keli drąsuoliai galėtų susėsti į zondą ir nusileisti. Po kelių valandų jie žengtų pirmuosius pergalingus žingsnius naujojoje planetoje.

Tačiau galvojant apie ilgalaikį mūsų rūšies išlikimą, daug svarbiau būtų tai, kas nutiks po to. Priklausomai nuo aplinkos oro slėgio, žvalgai gali pastebėti keistų dalykų. Jei atmosfera būtų daug tankesnė nei Žemėje, visi augalus primenantys organizmai būtų trumpesni ir tvirčiau įsišakniję, kad neišvirštų nuo stipresnio vėjo. Kalnų viršūnės būtų šiltesnės ir palankesnės gyventi, nes ten būtų daugiau oro. Bet kokie skraidantys gyvūnai būtų daug didesni, nes būtų lengviau įgyti keliamąjį jėgą. Iš tiesų pirmas kelias minutes žvalgai praleistų stebėdami dangų, ar nėra plėšrūnų. Galiausiai ateitų momentas, dėl kurio jie keliavo trilijonus kilometrų. Vienas grupės narys linktelėtų bendražygiams ir pradėtų atsiginėti skafandrą.

Pirmasis oro gurkšnis jam gali būti mirtinas. Kokios nors dujos, kurių atmosferoje yra tik pėdsakai ir apie kurias nė nenučiuokėme, gali išdegti jam plaučius arba paralyžiuoti neuronus. Tačiau labiau tikėtina, kad šis keistas oras tik šiek tiek sudirgintų jo gerklę, panašiai kaip ir naujagimio pirmasis įkvėpimas. Aplinkoje gali tvyroti keistas kvapas – drėgmės ar puvelsių. Tačiau greičiausiai nebūtų dėl ko panikuoti ar gaudyti orą. Jis tikriausiai su palengvėjimu nusijuoktų ir kelis kartus giliai įkvėptų.

Ir tada nutiktų nuostabus dalykas. Azotas ir kitos dujos jo plaučiuose – oras, kurį jis atsinešė iš Žemės – išlėktų lauk. Už trilijonų kilometrų mažytis oro gurkšnis iš gimtosios planetos pašventintų naujųjų namų orą. Žemės ir šios naujosios planetos atmosferos dabar būtų amžiams susijusios.

Tas pat nutiktų ir kitiems keliautojams nusiėmus skafandrus ir iškvėpus orą iš plaučių – į atmosferą patektų žemiškos kilmės molekulės. O kadangi kiekvieno žmogaus plaučiuose visada yra viena ar dvi molekulės, kurias paskutinėmis akimirkomis iškvėpė Cezaris, kelios Cezario molekulės pakiltų aukštyn ir tęstų jo istoriją naujoje planetoje.

Be to, nereikia apsiriboti Cezariu. Iš pagrindinio erdvėlaivio leistųsi vis daugiau žmonių ir iškvėptų molekules, kuriomis kvėpavo Haris Tru-menas prie Šv. Elenos kalno; molekules, kurios matė atominės bombos sprogimus Hirosimoje ir Bikinyje; molekules, kurios maišėsi su azoto oksidu Hamfrio Deivio plaučiuose ir kurios sukiojosi Evereste, kol Džeimsas Klarkas Maksvelas svarstė, dėl ko dangus mėlynas – visos jos prisijungtų prie mūsų toje naujoje planetoje. Ten nukeliautų ir kelios molekulės iš jūsų gyvenimo – to oro, kurį iškvėpėte su pirmuoju riksmu gimdykloje, pirmojo bučinio ir paskutinio atodūsio metu.

Kalbėdami apie pabaigą dažnai sakome „iš dulkių į dulkes“, bet tai nevisiškai teisinga. Kiekviena molekulė mūsų organizme kažkada buvo dujos, o praėjus daugybei laiko po mūsų gyvenimo pabaigos, kai didžiulė išsipūtusi Saulė praris viską aplink, visi tie atomai sugrįš į dujinę būseną. Kelioms molekulėms gali net pavykti pradėti gyvenimą kur nors kitur. Mažytė jūsų dalelė – jūsų organizme buvusios ar galbūt net jį sudariusios molekulės – galėtų gyvuoti tolimoje planetoje. Ta idėja, kad dalis manęs liks gyventi po mirties, skamba panašiai kaip istorijos apie rojų, kurias girdėdavau būdamas vaikas. Tik šiuo atveju tai tiesa ir taip iš tikrųjų nutiks. Knygoje kalbėjome apie milijonus, milijardus, septilijonus istorijų, besisukiojančių aplink ir kas sekundę patenkančių į mūsų plaučius. Vienu įkvėpimu įtraukiate visą pasaulio istoriją. Kelionė į kitą planetą padėtų šioms istorijoms išlikti šiek tiek ilgiau. Iš dulkių į dulkes, iš dujų į dujas.

PADĖKA

Tam, kad ši knyga gimtų, daugybė atskirų dalelių turėjo būti sujungtos į vieną visumą tarsi molekulės, kuriomis kvėpuojame. Esu išties sužavėtas visų, noriai prisidėjusių rengiant šią knygą, pastangų. Keletas lape brūkštelėtų žodžių bejėgiai išreikšti mano begalinę padėką. Tiems, kuriuos pamiršiu paminėti, amžinai jausiu dėkingumą, sumišusį su šiokia tokia gėda. Tariu ačiū savo mylimiausiems žmonėms – tėčiui, kurio meile mokslui ir puikiomis citatoms taip žaviuosi, taip pat mamai, kuri yra neprilygstama istorijų pasakotoja ir tikra šaunuolė. (Manau, kad su kiekviena knyga ją gerokai paerzinau.) Kasmet jaučiuosi vis labiau palaimintas, turėdamas greta savęs brolių Ben'ą ir seserį Becc. Taip pat be galo džiaugiuosi, galėdamas iš arti stebėti, kaip mano dukterėčia Penny ir sūnėnas Harry'is tampa tikromis asmenybėmis. O kiek vandens nutekėjo, kalbant apie mano draugus, išsibarsčiusius Vašingtone, Pietų Dakotoje ir kituose šalies kampeliuose. Tačiau, nepaisant visų santuokų, kraustymųsi ir kitų reikalų, vis dar džiugiai dalijamės prisiminimais apie senus gerus laikus. Mano agentas Rick'as Brodhes'as ir redaktorius John'as Parsley'is įžvelgė šio sumanymo potencialą ir visais etapais padėjo įgyvendinant ir tobulinant šios knygos idėją. „Paskutinis Cezario atodūsis“ nebūtų išvydęs dienos šviesos be jų pagalbos. Taip pat norėčiau padėkoti visiems leidyklos „Little, Brown“ darbuotojams ir susijusiems asmenims, kurie su manimi bendradarbiavo rengiant šią

knygą, ir kitiems prisidėjusiems, tarp jų – Malin von Euler-Hogan, Chris’ui Jerome’ui, Michael’ui Noon’ui ir Julie Ertl.

Galiausiai reiškiu ypatingą padėką daugybei šviesių mokslininkų ir istorikų, kurie prisidėjo prie atskirų knygos skyrių ir dalių, papildydami istorijas arba padėdami man sumedžioti reikalingos informacijos ar netgi pasiūlydami savų terminų, kurie pravertė aiškinant tam tikrus dalykus. Jų tiek daug, kad negaliu visų čia išvardyti, tačiau noriu, kad žinotumėte, jog nė vieno jų indėlio nepamiršau...

PASTABOS IR ĮVAIRENYBĖS

Sveiki atsivertę pastabas! Kai tekste randate žvaigždutę (), galite atsiversti šį skyrelį, kur rasite papildomos informacijos aptariama tema. Šį skyrelį galite atsiversti kiekvieną kartą radę žvaigždutę arba perskaityti visas skyriaus pastabas tarsi epilogą, kai baigiate skyrių. Bet būtinai paskaitykite – pažadu, kad rasite perliukų...*

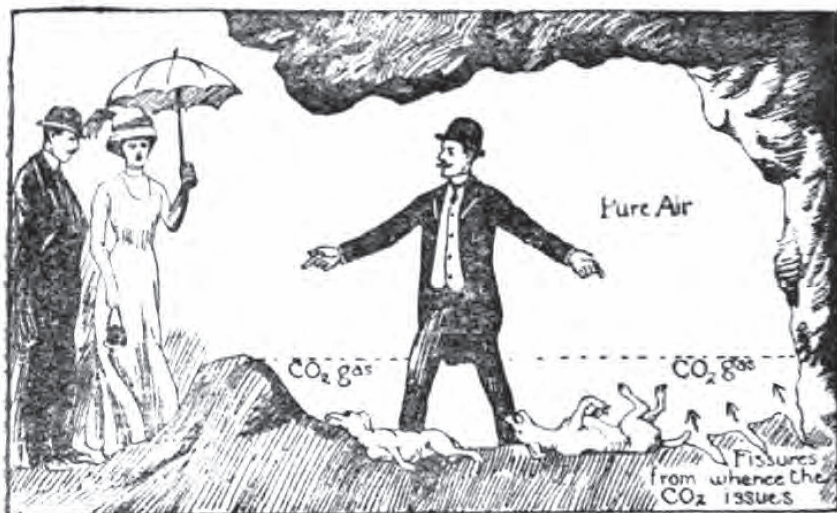
PIRMAS SKYRIUS. PIRMYKŠTĖS ŽEMĖS ORAS

p. 41, maždaug 75 000 kalorijų. Ši pastaba – labiau klausimas apie detales. Kur jūsų organizme saugoma daugiausia cheminės energijos? Dauguma žmonių atsakytų, kad riebaluose arba raumenyse, tačiau iš tiesų ji saugoma vandens molekulėse. Tiksliau, O–H ryšiuose, kurie neleidžia H₂O molekulei suskilti. Visiems O–H ryšiams Hario Trumeno organizme nutraukti ir visiškai jį suskaidyti į atskirus atomus būtų prireikę papildomai 550 000 kalorijų. (Kaip minėjome, senesnių žmonių organizme mažiau vandens nei jaunesnių. Mano amžiaus žmogui suskaidyti prireiktų maždaug 670 000 kalorijų.) Kaip ir su kitais kalorijų skaičiais, šis įvertinimas tik apytikslis – padarius kitokias prielaidas, būtų gauti kitokie skaičiai. Tačiau jie padeda maždaug įsivaizduoti, kiek energijos yra vandens molekulėse.

INTARPAS. SPROGĘS EŽERAS

p. 48, kad nesujudintų ko nors negro. Geologams žinomos kelios kitos vietos, kur kartas nuo karto iškyla anglies dioksido debesys. Pavyzdžiui, Mirties griova Jeloustono nacionaliniame parke, kurioje žuvo daug nieko neįtariančių paukščių ir graužikų, taip pat vienas kitas grizlis. Italijoje yra *Grotta del Cane* (Šunų urvas) – populiari turistų traukos vieta nuo XIX amžiaus. Sunkios CO₂ dujos tvyro pažeme ir lankytojai linksmindavosi leisdami mažiems šunims lakstyti urve, kol šie netekdavo sąmonės. Dar yra Monūno ežeras Kamerūne – ištis tragiškas pavyzdys. Jis telkšo vos už šimto kilometrų nuo Nioso ežero ir 1984-ųjų rugpjūtį ten panašiomis aplinkybėmis žuvo trisdešimt septyni žmonės – vieną naktį dujų debesiui užklojus vietovę, jie užduso. Vėliau tais metais ten apsilankęs geologas bandė paimti mėginių iš Monūno ežero dugno, tačiau vanduo buvo taip putojo, kad visi butelių kamšteliai išsilakstė. Jis išsiuntė pranešimą apie tokių kraterinių ežerų pavojų keliems mokslo žurnalams, tačiau jie atmetė idėją kaip neįtikėtiną.

Daugiausia aukų pareikalavęs dujų išsiveržimas istorijoje įvyko 1783-aisiais Islandijoje, kur vulkaninis plyšys aštuonis mėnesius spjaudėsi



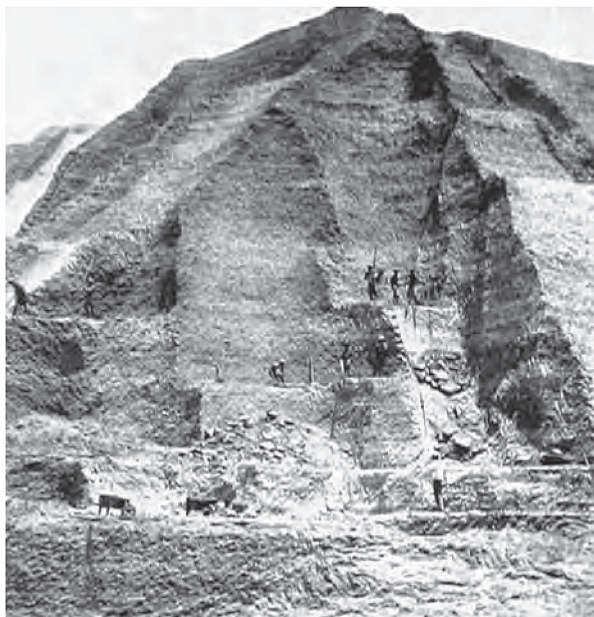
Grotta del Cane Italijoje, kur žmonės dėl pramogos leisdavo šunims prarasti sąmonę.

nuodingomis dujomis ir iš viso išmetė 7 milijonus tonų vandenilio chlorido rūgšties, 15 milijonų tonų vandenilio fluorido rūgšties ir 122 milijonus tonų sieros dioksido. Vietiniai ši reiškinį pavadino *Moduhardindin* – miglos sunkmečiu. Pasak vieno liudininko, „oras buvo kartus kaip jūržolės ir dvokiantis puveliais“. Nuo šių dūmų Islandijoje krito 80 procentų avių ir apie pusę galvijų bei arklių. Ten mirė ir dešimt tūkstančių žmonių (t. y. penktadalis populiacijos), daugiausia iš bado. Nuslinkusi link Anglijos, migla susimaišė su vandens garais, ir susidarė sieros rūgštis, nuo kurios žuvo dar dvidešimt tūkstančių žmonių. Didelėje Europos dalyje migla sunaikino derlių ir sukėlė ilgalaikį maisto trūkumą, kuris savo ruožtu po šešerių metų paskatino Prancūzijos revoliuciją.

ANTRAS SKYRIUS. PIKTOJI ORO DVASIA

p. 53, jis „pergyveno“ visus kitus išsiveržusių ugnikalnių išspjautus junginius. Šiek tiek paaiškinsiu. Prieš milijardus metų ore pradėjęs kauptis azotas daugiausia buvo vulkaninės kilmės (buvo tiesiogiai išskirtas ugnikalnių arba susidarė skylant vulkaninės kilmės amoniakui). Didžioji šito azoto dalis vis dar tvyro atmosferoje. Visgi tam tikros bakterijos azoto dujas absorbuoja ir metabolizuoja, paversdamos jas biologiškai naudingais produktais. Be to, yra bakterijų, kurios elgiasi priešingai – vėl išskiria N_2 į atmosferą. Taigi nors didžioji dalis azoto, kuriuo šiandien kvėpuojame, mus pasiekė tiesiai iš ugnikalnių, šiek tiek jo galėjo patirti net kelias reinkarnacijas.

p. 55, netoli Peru esančiose Činčos salose. Dėl tam tikrų meteorologinių ypatybių Činčos salose beveik niekada nelyja. Tikriausiai girdėjote apie Floridoje ar Kalifornijoje gimusius ir gyvenimą nugyvenusius žmones, kurie niekada nematė sniego? Činčos salų gyventojai, ypač įsikūrę Atakamos dykumoje, kuri driekiasi palei Čilės pakrantę, gali taip ir nepamatyti lietaus. Dėl šios klimato ypatybės salose esantis guanas labai vertingas – vertingesnis už susikaupusį tose vietovėse, kur per guano sluoksnį prasiskverbiantis lietaus vanduo išplauna brangias maistines medžiagas.



Guano kalnai Činčos salose netoli Peru. Žmonių figūrėlės nuotraukoje padeda geriau suprasti tikrąjį šių kalnų dydį

XIX a. iš Činčos salų buvo eksportuojama milijonai tonų guano, o jį kasantys žmonės turėjo ištverti siaubingas darbo sąlygas. Dauguma darbininkų buvo prievarta atgabenti (pagrobti) iš Kinijos, Polinezijos ar Naujosios Gvinėjos. Jau po kelių salose praleistų dienų skirtingų rasių atstovai tiesiog nebesiskyrė vieni nuo kitų, nes jų kūnus padegdavo baltų guano dulkių sluoksnis. Drėgmės trūko taip smarkiai, kad žmonėms trūkinėjo lūpų, liežuvio ir nosies gleivinė, o kai kuriems nebelikdavo net ašarų amoniako garams iš akių išplauti. Po dvidešimt valandų per dieną darbininkai kirtikliais ir kastuvais kasė paukščių išmatas, o kai jų rankų oda suskilinėdavo taip, kad nebegalėjo nulaikyti įrankių, šeimininkai pririšdavo kasėjų dilbius prie vienračių vežimėlių rankenų, ir šie turėjo vežti guaną į salos pakraščius, ant stūksančių uolų. Ten jie išversdavo guaną, ir šis latakais pasiekdavo keliais šimtais pėdų žemiau stovinčias baržas. Jau po kelių mėnesių siaubingų sąlygų neištvėrę darbininkai neretai ir patys šokdavo žemyn...

p. 55, nebūtų pradėjusios godžiai ieškoti guano. Kai kurie žmonės remdamiesi Guano salų įstatymu netgi pareikšdavo teises į neegzistuojančias salas – jūrininkų matytus mirazus arba klaidingai pažymėtas vietas senuose žemėlapiuose. Įdomu, kad Ernesto Hemingvėjaus brolis Lesteris pasiūdojo šiuo įstatymu 1964 m. įkurdamas Naujosios Atlantidos Respubliką – suverenią valstybę, kurios teritoriją sudarė 8 x 30 pėdų bambukinis plaustas, prišvartuotas prie Jamaikos krantų. Lesteris bandė pareikšti teritorinius reikalavimus į aplinkinį vandenyną, tikėdamasis taip apsaugoti natūralias vandenyno buveines, o lėšas savo projektui naujosios „valstybės“ vadovas rinko netgi leisdamas pašto ženklus.

p. 66, pablogino padėtį. Įdomus faktas – kai kurias dujas, kurias pagal tarptautinius susitarimus draudžiama naudoti kare kaip masinio naikinimo ginklą, JAV policija vis dėlto gali naudoti riaušėms ar kitiems vidaus neramumams malšinti. Tiesa, kalba eina ne apie „garstyčių dujas“ ar fosgeną, bet apie įvairias stiprias ašarines dujas. Atrodo, JAV vyriausybė mano, jog karo metu naudoti tokias dujas prieš užsienio kovotojus žiauru ir nehumaniška, tačiau visiškai priimtina nukreipti jas į savo žmones.

p. 71, žinia apie tragišką Haberio mirtį. Prieš mums atsisveikinant su Fritzu Haberiu, norėčiau dar šiek tiek pasigilinti į tai, kodėl su cheminio ginklo kūrimu susiję jo darbai atrodė (ir tebeatrodė) tokie barbariški. Šiandien gyvename Kalašnikovo automatų ir tarpžemyninių balistinių raketų amžiuje, o šie ginklai gali žudyti kur kas greičiau ir veiksmingiau. Tad kodėl dujų atakos iki šiol kelia mums tokį siaubą? Visų pirma, Haberis kitaip, nei, pavyzdžiui, dauguma „Manhatano projekto“ dalyvių, niekada viešai nesigailėjo dėl savo vaidmens dujų kare.

Be to, vapsvos, kurias mokslininkas būdamas gyvas „išleido iš lizdo“, nenustojo gelti ir po jo mirties. Jau minėjau, kad vėlesnius cheminio ginklo tyrimus Haberis slėpė tvirtindamas, jog dirba su „insekticidais“. Vienas iš tokių tariamų „insekticidų“ „Zyklon A“ vėliau tapo „Zyklon B“ ir Aušvico, Dachau bei kitose nacių koncentracijos stovyklose buvo naudojamas žudyti tūkstančiams žydų (tarp kurių buvo ir paties Haberio giminaičių).

Antra, cheminis ginklas žmogaus gyvybę atima kitaip, negu kulkosvaidžiai ir branduolinės bombos. Manau, kad šis trumpas pavyzdys padės

geriau tai suprasti. Ankstesnėje savo knygoje apie neuromokslius pasakojau apie moterį (pavadinkime ją S. M.), kuri dėl patirtos smegenų traumos nebejautė baimės. Mokslininkai vedė ją į egzotinių gyvūnų parduotuves, kuriose pacientė lietė gyvates ir tarantulus, tačiau visiškai jų nebijojo. Būdama namuose, kuriuose vaidenasi, ar žiūrėdama siaubo filmus ši moteris tik gūžčiojo pečiais. Porą kartų ji vos išvengė mirties, pavyzdžiui, kartą žudikas prispaudė jai prie gerklės peilį, tačiau S. M. išliko visiškai rami. Kad ir kokia šiurpinanti būtų situacija, jos širdis neimdavo daužytis, jos neištikdavo panikos priepuoliai. Galiausiai mokslininkai padarė išvadą, kad moteris nepajėgi jausti baimės jokiais aplinkybėmis.

Visgi paaiškėjo, kad tai ne visai tiesa. Atlikdami dar vieną bandymą gydytojai pripildė rezervuarą anglies dioksido prisotintu oru ir paprašė S. M. kvėpuoti juo per kaukę. Ar žinote, kad kai žmogus laikomas po vandeniu, didžiausią paniką sukelia ne deguonies trūkumas, o CO₂ kaupimasis? Tačiau tiriamoji nieko nebijojo, taigi gydytojai spėjo, kad ir šis eksperimentas jos neišgąsdins. Taigi jie gerokai nustebo, kai vos kelis kartus įkvėpusi S. M. ėmė šaukti ir plėšti kaukę nuo veido. Dujos buvo vienintelis dalykas, pajėgęs pažadinti joje baimės jausmą. Remdamiesi šiuo ir panašiais tyrimais mokslininkai padarė išvadą, kad žmogaus smegenyse slypi antroji, nepriklausoma, baimės sistema, kuri atidžiai stebi organizmo ap rūpinimą oru.

Manau, kad būtent dėl to Haberio darbai ir toliau kelia mums siaubą. Negalėdami kvėpuoti prarandame protą ir puolame į paniką. Tai labai giliai žmoguje slypinti biologinė baimė, nes oro trūkumas suaktyvina tokias smegenų sistemas, kurių kulkos ir kiti šiuolaikiniai ginklai paprasčiausiai nepasiekia. Panašiai gyvačių ir ryklių bijome labiau, negu automobilio, nors kur kas labiau tikėtina, kad galime žūti avarijoje, o ne nuo gyvatės ar ryklio dantų. Nuodingo oro baimė yra viena iš tokių pirmąsčių baimių.

Tiesą sakant, manau, kad Haberis yra viena įdomiausių asmenybių mokslo istorijoje. Joks kitas mokslininkas tuo pačiu metu neįkūnijo savyje tiek daug gėrio ir blogio. Vienas kolega apibūdino jį taip: „Haberis tuo pačiu metu norėjo būti ir Dievas, ir geriausias jūsų draugas.“ Jam nepavyko nei viena, nei kita, tad prisiminus pirmuosius Haberio nuopelnus nusivylimas jo darbais tampa dar skaudesnis.

INTARPAS. DUJINIS PJOVIKLIS – PAVOJINGAS GINKLAS

p. 76, yra panašūs cheminiai procesai. Akivaizdu, kad rūdijimo ir degimo procesai nėra tapatūs: rūdims susidaryti paprastai reikia vandens, tačiau liepsną vanduo slopina. Be to, atsižvelgiant į aplinkybes, ir rūdijimas, ir degimas gali sukurti keletą skirtingų rūšių geležies oksidų. Visgi cheminė šių procesų prigimtis turi daug bendro: abu jie susiję su deguonies atomais, kurie „atakuoja“ geležį ir sudaro naujus junginius.

TREČIAS SKYRIUS. DEGUONIES PRAKEIKIMAS IR PALAIMINIMAS

p. 85, dažnai naudojo namų apyvokos reikmenis. Tai, kad Pristlis neretai elgėsi mėgėjiškai, atskleidžia ir kiti aspektai, ne tik primityvi jo naudota įranga. Pavyzdžiui, netgi moksliniuose straipsniuose atradėjas dažnai prisipažindavo, kad bandymų rezultatai nustebino jį patį. Kartais atrodo, jog didžiąją laiko dalį Pristlis tiesiog vaikščiojo išplėtęs akis ir aikčiodamas iš nuostabos. Toks vaizdas man patinka, nes jis atskleidžia svarbiausią dalyką, dėl kurio dauguma žmonių žavisi mokslu – gamtos pasaulio pažinimo džiaugsmą. Ir dar, manau, kad iš Pristlio straipsnių, kuriuose šis vyras sąžiningai aprašė, ką jautė kiekviename žingsnyje, studentai apie mokslą gali sužinoti kur kas daugiau, nei iš šaltų ir sterilių šiuolaikinių mokslo darbų.

p. 88, taigi paprašė Lavuazjė tai ištirti. Praėjus trejiems metams po to, kai baigė darbą Prancūzijos kariniame laivyne, Lavuazjė prisijungė prie „Régie de Poudres“ (Parako valdybos), kuri gamino paraką kariuomenės reikmėms. Anksčiau ši valdyba buvo tipiška biurokratinė įstaiga, kurioje netrūko velėdžių, tačiau Lavuazjė tvirtai suėmė jos vairą, ir netrukus Prancūzija ne tik sugebėjo pirmą kartą pakankamai apsirūpinti paraku, bet net pradėjo eksportuoti jį į Ameriką. Gali būti, kad Didžiajai Britanijai nutraukus parako tiekimą kolonijoms, JAV be Prancūzijos pagalbos nebūtų iškovojusios nepriklausomybės.

p. 92, vadinami anaerobinėmis bakterijomis. Kai kas nors miršta, palaikęs pradeda skaidyti bakterijos. Nors šiame procese dalyvauja ir aerobiniai, ir anaerobiniai mikroorganizmai, būtent anaerobinės bakterijos

išskiria dujas, kurios mums asocijuojasi su lavono kvapu. Tarp jų galima paminėti originaliai pavadintas putrescino ($\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$) ir kadaverino ($\text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$) molekules.

p. 95, „įkvėpia“ pro odos poras. Nesunku pastebėti, kad antžeminės augalų dalys, tokios kaip vaisiai, žiedai ar kamienai, sugeba „įkvėpti“ deguonies. Be to, žaliosios augalų dalys, be abejo, gali tiesiog naudoti deguonį, kuris jose susidaro vykstant fotosintzei. O kaip „kvėpuoja“ šaknys? Laimė, oras gali lengvai prasiskverbti į žemę: dirvožemis – gana porėta medžiaga, visų pirma todėl, kad jį nuolat kramto ir skaido sliškai. (Šį faktą, atlikęs keletą bandymų, pirmasis nustatė Čarlzas Darvinas). Tai taip pat paaiškina, kodėl dauguma augalų negali išgyventi stovinčiame vandenyje – dėl per mažo deguonies kiekio jų šaknys ima „dusti“. Kitaip tariant, augalai po vandeniu žūsta dėl tos pačios priežasties, kaip ir žmonės.

KETVIRTAS SKYRIUS. STEBUKLINGOS DŽIAUGSMO DUJOS

p. 123, natris. Tiesiog negaliu atsispirti pagundai, tad jūsų dėmesiui siūlau ketureilį apie tai, kaip Hamfris Deivis tariamai gailėjosi atradęs vieną cheminį elementą:

Seras Deivis	<i>(Sir Humphry Davy</i>
padažo nekeitė,	<i>detested gravity.</i>
tad atrastas natris	<i>He lived in the odium</i>
džiaugsmo jam neteikė.	<i>of having discovered sodium.)</i>

Vėliau šioje knygoje aptarsime dujinį šaldymą, kuris įkvėpė dar vieną šaunų eilėraščių apie minėtos technologijos pradininką Devarą (Dewar):

Profesorius Devaras	<i>(Professor Dewar</i>
nušluostė jums nosį.	<i>Is better than you are.</i>
Ar kas nors iš jūsų	<i>None of you asses</i>
moka dujas kondensuoti?	<i>Can condense gases.)</i>

p. 129, eteris yra pigus narkotikas. Vienaime Airijos mieste buvo tiek daug nuo eterio priklausomų žmonių, kad, pasak amžininkų, jo kvapą buvo galima užuosti už kilometro. Žmonės ne tik kvėpavo eteriu, bet ir gėrė jį su pienu. Ne vienas, po to užsirūkęs, nudegė burną.

p. 129, ir net žuvims. Atsižvelgiant į plaučių bei nervų sistemos panašumą nenuostabu, kad anestezija veikia ir gyvūnus. Visgi man tiesiog sunku patikėti, jog net kai kurie augalai pasiduoda anestezijos poveikiui. Pavyzdžiui, anestetikų veikiamas jautrusis musėkautas neuždaro gaudyklę net tada, kai ant jų nutūpia vabzdžiai. Šis faktas botanikų bendruomenėje įžiebė filosofinius ginčus dėl to, kad galbūt augalai turi kažkokią lėtai veikiančią sąmonę arba intelektą.

p. 133, pasipylė konkurentų pretenzijos. Vienas svarbiausių Mortono konkurentų, stojusių į kovą dėl šio atradimo laurų, buvo gydytojas iš Naujosios Anglijos Čarlzas Tomas Džeksonas, kuris galbūt panašiu metu kaip ir



Čarlzas Tomas Džeksonas – puikus išradėjas, nuo kurio nusisuko sėkmė.

Mortonas pasiūlė anestezijai naudoti eterį. Be to, Džeksonas šioje kovoje turėjo vieną svarbų retorinį pranašumą – svainį Ralfą Voldą Emersoną,

kuris ilgus dešimtmečius gynė giminaičio reikalavimus. Beje, Emersoną ir Henri Deividą Toro supažindino viena iš Džeksono seserų. Džeksonas taip pat įsivėlė į ginčą su Samueliu Morze dėl telegrafo kilmės. Panašu, kad šio gydytojo galvoje tiesiog kunkuliavo revoliucinės idėjos, tačiau jam trūko ryžto ir sugebėjimų jas įgyvendinti.

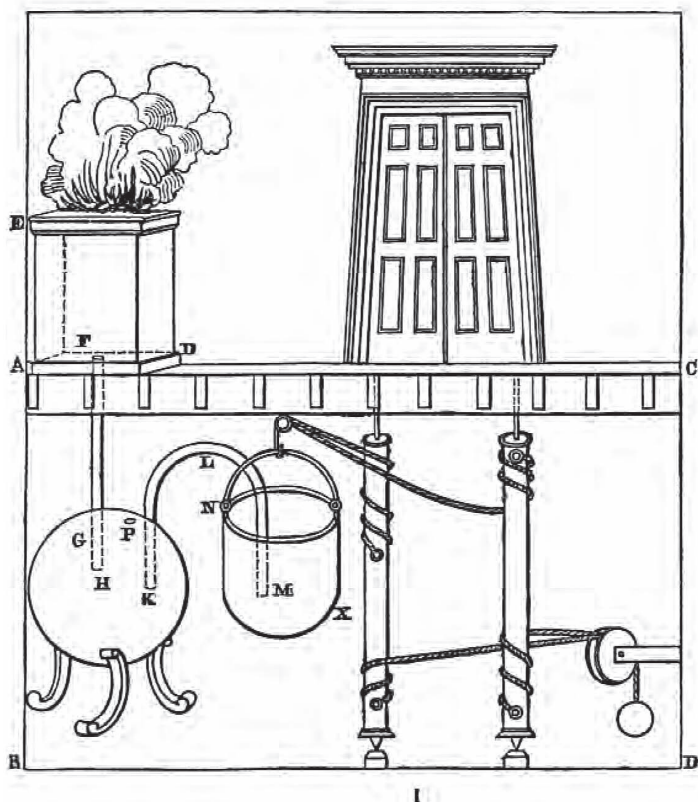
INTARPAS. *LE PÉTOMANE* (PIRDALIUS)

p. 144, kodėl gi „nekalbame per antrą galą“? Jeigu norite daugiau sužinoti apie tai, kodėl nebendraujame čia minėtu būdu (ar bent jau darome tai ne nuolat), rekomenduoju puikią Roberto Provinė knyga apie organizmo funkcijas *Curious Behavior* (Idomusis elgesys).

PENKTAS SKYRIUS. KONTROLIUOJAMAS CHAOSAS

p. 145, pasak Aristotelio, gamta jo [vakuomo] nemėgsta. Keista, tačiau kvantinė fizika rodo, kad senasis gerasis Aristotelis, ko gero, buvo teisus, kadangi net vakuumas nėra visiškai tuščias – jame nuolat atsiranda ir dingsta subatominių dalelės. Vakuumas taip pat turi vidinį energijos tankį, o tai reiškia (pagal $E = mc^2$), kad jis turi masę. Gali būti, kad šis energijos tankis ir yra ta paslaptingoji „tamsioji energija“, kosmologų nuomone, verčianti visatą plėstis.

p. 150, Žmonės jau seniai naudojo vandenį įrenginiams varyti. Senovės graikai buvo išradę kelias hidrologines mašinas laikui skaičiuoti, grūdams malti ir kitiems tikslams. Pirmajame mūsų eros amžiuje Heronas iš Aleksandrijos sukonstravo garu varomus robotus, kurie šoko ir dainavo. (Iš tikrųjų!) Jo prietaisus šventikai naudojo šventyklose durims atidaryti ir daiktams ant altorių judinti. Šie smagūs triukai paprastiems žmoneliams sukeldavo pagarbią baimę, nes jie manydavo, kad šventikai panorėję gali iškviesti dievus ir kitas dvasias. Heronas nuo Vato skyrėsi tuo, kad panašu, jog tenkinosi žaisliukų meistravimu, o Vatas konstravo garo variklius, kurie atliktų fizinį darbą. Žinoma, nieko bloga daryti žaisliukus – nuo



Prietaisas, automatiškai atveriantis šventyklos duris garų jėga.
Sukurtas Herono iš Aleksandrijos I amžiuje.

to prasidėjo daugelis technologijų, tačiau niekas toliau neplėtojo Herono darbo.

p. 151, joks vakuuminis siurblys Žemėje. Kadangi vakuuminis siurblys Žemėje negali pakelti vandens aukščiau kaip dešimt metrų, tokiam aukštyje neveiktų ir gėrimo šiaudelis – jei bandytumėte per šiaudelį atsigerti sulčių nuo keturių aukštų pastato, neišsiurbtumėte nė lašo.

O kaip Veneroje? Oro slėgis Veneroje devyniasdešimt kartų didesnis nei Žemėje; tai reiškia, kad oras gali spausti devyniasdešimt kartų stipriau.

Be to, Venera šiek tiek mažesnė nei Žemė, todėl šiaudeliu kylantis skystis būtų silpniau traukiamas žemyn dėl mažesnės (apie dešimt procentų) gravitacijos. Taigi Veneroje vandens įsiurbti būtų galima virš 1 000 metrų aukščio. Tuo tarpu Marse vandens būtų galima įsiurbti tik maždaug 18 centimetrų, nes ten oro slėgis labai žemas (apie 0,6 procento Žemės oro slėgio). Mėnulyje, kuriame praktiškai nėra atmosferos, vandenį šiaudeliu būtų galima pakelti 0,16 milijardosios milimetro dalies.

p. 160, šios dujų molekulės atpalaiduojamos akimirksniu. Nitroglicerinas sprogs ta tūkstančius kartų greičiau, nei išsiskleidžia oro pagalvė. Dauguma oro pagalvių išskleidžiamos paleidžiant elektros impulsą per chemines medžiagas, pavyzdžiui, natrio azidą (NaN_3), kuris skyla į gryną natrią ir N_2 dujas. Esant normaliai temperatūrai ir slėgiui, per 0,04 sekundės iš vos iš 100 gramų NaN_3 gali susidaryti 50 litrų dujų. Skamba įspūdingai, bet tokiomis pat sąlygomis iš 100 gramų nitroglicerino susidaro 70 litrų dujų per vieną dešimtą tūkstantąją to laiko dalį.

INTARPAS. PLIENAS IR TRAGEDIJA

p. 169, Šekspyro „Makbeto“ veiksmas. Kalbant apie Škotijos teatrą, prieš tapdamas negrabių poetu, Makgonagalas bandė užsidirbti pragyvenimui iš negrabių aktorystės. (Iš tiesų pirmąjį eilėraštį jis parašė tik sulaukęs penkiasdešimt dvejų.) Deja, vaizduojamasis menas jam sekėsi ne ką geriau nei poezija. Labiausiai jį išgarsino Makbeto vaidmuo. Sakoma, kad žinodamas, kokia tragiška bus jo vaidyba, teatro vadovas privertė jį susimokėti už galimybę vaidinti, ir Makgonagalas pasirodė visu puikumu. Kai atėjo metas Makdufui jį nužudyti ir užbaigti tragediją, Makgonagalas atsisakė pasiduoti. Jis užsimojo prieš kitą aktorių kalavijų ir vos nenurėžė jam ausies. Galiausiai Makdufui teko prievarta nutempti jį nuo scenos.

p. 170, anglies monoksidas (CO). Anglies monoksidas mirtinas, nes jungiasi su geležimi net lengviau nei deguonis. Raudonuosiuose kraujo kūneliuose yra molekulė, vadinama hemoglobinu. Hemoglobino sudaro keli geležies atomai, kurie pritraukia deguonį ir nugabena jį į ląsteles. Tačiau jei

kraujyje atsiranda anglies monoksido (jo įkvėpus), šis nustumia deguonį į šalį ir pats prisijungia prie hemoglobino. Dėl to raudonieji kraujo kūneliai nebegali pernešti deguonies. Reikalus dar labiau blogina tai, kad anglies dioksidą labai sunku suskaidyti – CO ryšys yra stipriausias trigubas ryšys gamtoje, stipresnis net už trigubą azoto (N) ryšį.

ŠEŠTAS SKYRIUS. Į DANGAUS ŽYDRYŲ

p. 178, Mongolfjė galvoje gimė idėja sukurti pirmąjį pasaulyje oro balioną. Kai kurie šaltiniai nurodo visiškai kitokią įvykių eigą, nulėmusią karšto oro baliono atsiradimą. Pasak vieno šaltinio, Mongolfjė susimąstė žiūrėdamas į laikraščio iškarpa su straipsniu apie Prancūzijos vykdytą Gibraltaro – nei sausuma, nei jūra nepaimamos tvirtovės – apsiaustį. Teigiama, kad paskendęs šiuose apmąstymuose jis žvilgtelėjo aukštyn ir pamatė virš laužo į orą kylančius pelenus ir kelias ore pakibusias popieriaus skiautes. Buvo galima pamanyti, kad jie kone skrenda. Taip Mongolfjė galvoje gimė idėja, kaip būtų galima užpulti Gibraltarą iš oro.

p. 183, butelyje esantys burbuliukai <...> išsivadėdavo. Jei kada nors esate netyčia numetę limonado ar alaus skardinę ant žemės, greičiausiai jums kas nors patarė kelis kartus stuktelėti per skardinės šonus arba viršų, kad atidarius skardinę gėrimas putodamas neišsiveržtų lauk. Paaiškinsiu to priežastį. Sukračius metalinę gazuoto gėrimo tarą, prie jos vidinių sienelių ima kauptis anglies dioksido burbuliukai. Stuktelėjus į skardinės šoną, šie burbuliukai atkimba nuo sienelių ir iškyla į paviršių. Taigi po kelių akimirkų atidarius skardinę besiverždami burbuliukai neištums skardinėje esančio gėrimo, nes nebebus panirę skystyje. Galbūt gėrimas bus kiek nusivadėjęs, tačiau jūsų rankos išliks sausos, o grindys – švarios.

p. 197, iš graikiško žodžio, reiškiančio „tingus“. Žodis „argonas“ figūruoja Naujojo Testamento originale, kuris buvo parašytas graikų kalba. Alegorijoje apie vynuogyno darbininkus (Evangelija pagal Matą 20:3), Jėzus tarė: „Išėjęs apie trečią valandą, jis pamatė kitus, stovinčius aikštėje be darbo [argon].“

Tarp kitko, Biblijoje minimi kiti septyni cheminiai elementai: auksas, sidabras, švinas, geležis, varis, alavas ir siera.

p. 198, pavadino šias dujas „helium“. Istorija apie tai, kaip luošas prancūzų astronomas Žiulis Žansenas (Jules Janssen) saulėje atrado helį, išties įkvepia. Žansenas taip pat siejamas su oro balionų istorija. 1870 m. jis, rizikuodamas nesėkmės atveju būti pašautas kaip šnipas, pabėgo iš vokiečių apsupto Paryžiaus ne itin patikimos konstrukcijos oro balionu, kad galėtų Afrikoje stebėti saulės užtemimą. Deja, visa istorija per ilga, kad ją būtų galima sutalpinti pastabose. Daugiau istorijos detalių pateikiau savo interneto svetainėje adresu <http://samkean.com/extras/clb-notes.html>.

Ten rasite papildomos informacijos ir kitomis temomis. Jei tik norite, galite man brūkštelėti žinutę – visada labai malonu sulaukti skaitytojų komentarų: <http://samkean.com/samkean.php#contact>.

p. 199, visų žinomų tauriųjų dujų atradimo. Šiek tiek perdedu teigdamas, kad Ramzis prisidėjo prie visų žinomų tauriųjų dujų atradimo, nes šioms dujoms skirtame periodinės elementų lentelės stulpelyje dabar yra 118-asis cheminis elementas oganesonas, atrastas tik 2006 m. Kadangi 118-uoju numeriu lentelėje įrašytas oganesonas – labai sunkus elementas, jo elektronų struktūra greičiausiai deformuota struktūra, todėl savo savybėmis jis gali nutolti nuo tauriųjų dujų. Kol kas niekas tiksliai to nežino.

p. 219, kaprizingojo Mendelejevo veide atsirado šypsena. Mendelejevas šią pamoką išmoko, galima sakyti, per daug gerai, nes tauriąsias dujas pradėjo matyti ten, kur jų visai nebuvo. Tuo metu fizikos mokslas buvo susidūręs su krize, nulemta šviesos bangų tyrinėjimų. To meto mokslininkams buvo žinoma, kad bet kokioms bangoms skliti reikalinga terpė: potvynių bangoms reikia vandens, garso bangoms – oro, per žiūrovų gretas judančiai bangai reikia įkaušusių futbolo sirgalių ir t. t. Pagal šią analogiją, buvo teigiama, kad šviesos bangoms reikia terpės, vadinamos švytinčiu eteriu. Tačiau problema buvo ta, kad niekas šio eterio nebuvo regėjęs. Nepaisant kelis dešimtmečius trukusių tyrimų, jokiame mokslininkui eksperimentų metu taip ir nepavyko jo aptikti. Apimtas entuziazmo, Mendelejevas ėmėsi gelbėti fiziką kliaudamasis periodine elementų lentele. Jis iškėlė idėją, kad eteris – tai tauriosios dujos, sudarytos iš neapsakomai mažyčių dalelių, kurios persmelkia visą egzistuojančią materiją ir kurios buvo pavadintos niutonių. Sakydamas, kad šias dujas sudarančios dalelės mažytės, jis turėjo omenyje

nesuvokiamai mažą dydį: Mendelejevo skaičiavimais, niutonio masė turėjo siekti vieną dešimtmilijardą vandenilio atomo dalį. Aršūs debatai šiuo klausimu tęsėsi iki 1905 m., kai Einšteino reliatyvumo teorija atmetė švytinčio eterio egzistavimo galimybę. Vis dėlto bent keletą metų atrodė, kad šios tauriosios dujos gali paaiškinti netgi pačios šviesos prigimtį.

p. 201, vien dėl azoto, deguonies ir argono dujų. Na, gerai, ne vien dėl šių elementų. Tiesa ta, kad Reilis praleido kai ką, kas galėjo – netgi turėjo – sugriauti jo teoriją. Problema kilo dėl vienos bangų savybės, vadinamos interferencija. Įsivaizduokite du netrukus susidursiančius šviesos spindulius. Jei šie spinduliai būtų atitinkamai nesinchronizuoti, t. y. ten, kur būtų vienos bangos ketera, būtų kitos įduba, ir atvirkščiai, tokios dvi bangos susidūrusios viena kitą neutralizuotų. Vadinasi, jos viena kitą sunaikintų, po savęs nieko nepalikdamos. Pasirodo, kad atmosferoje, kur oras pasklidęs tolygiai, bet kokia išsklaidyta mėlyna šviesa, sklisdama žemės link, beveik garantuotai pranyktų dar prieš pasiekdama mūsų akis.

Reilio paaiškinimą išgelbėjo faktas, kad mūsų atmosfera, kad ir kaip tolygiai būtų pasiskirsčiusi, vis dėlto nėra iki galo tolygi: atmosferoje yra neišpasakytai mažų tankio svyravimų, ir vien jų pakako, kad mokslininko paaiškinimas nenueitų perniek. Jums galbūt įdomu, kas visa tai pastebėjo ir išgelbėjo Reilio teoriją? Ogi tai buvo tas pats vyrukas vardu Albertas Einšteinas.

SEPTINTAS SKYRIUS. RADIOAKTYVIŲJŲ DULKIŲ PASEKMĖS

p. 213, ožkos buvo specialiai paveiktos. Ožkos buvo pasirinktos neatsitiktinai. Per Pirmąją pasaulinį karą psichinės karo sukeltas traumas tyrinėjusiems psichologams buvo reikalingi gyvūnai tyrimams. Taigi buvęs Ivano Pavlovo studentas Kornelio universitete atidarė laboratoriją, kurioje kelerius metus iš esmės gąsdino įvairius naminius gyvūnus, siekdamas sukelti jiems psichinę traumą. (Žurnalistai laboratoriją praminė „nervų ferma“.) Triušiai pasirodė esą pernelyg kvaili, nes jiems retai kada atsirasdavo kompleksas dėl stiprių garsų. Kiaulės ir šunys buvo pernelyg protingi – jų elgesys buvo pernelyg sudėtingas, o reakcijos pernelyg įvairios. Ožkos tiko idealiai. Už tyrimą atsakingas psichologas iš tiesų išsiaiškino kai ką svar-

baus apie karo sukeliamas psichines traumas. Pasirodo, žmonės sudirgina ne patys sprogimai ar jų sukeliami sužalojimai, o jų laukimas – įtampa galvojant apie juos kiekvieną dieną, kiekvieną valandą. Tai priveda žmones iki ašarų ir palaužia jų dvasią.

Nepaisant to, eksperimentai su psichiškai traumuotomis ožkomis Bikinio salose nepavyko. Vaizdo įrašuose vėliau buvo matoma, kad sprogus bombai ožkos nė nemirktelėjo. Prieš tai jos ėdė šieną, o po sprogimo ramiausiai rupšnojo toliau. (Beje, vaizdo įrašuose užfiksuota, kad sprogimo metu viena žiurkė atsivedė tris jauniklius. Mokslininkai juos pavadino Alfa, Beta ir Gama.)

p. 215, „Manhatano projektas“ buvo ne tiek mokslinis proveržis. Jei netikite mano žodžiu, pats Ričardas Fainmanas (Richard Feynman) sakė: „Per karą sustojo visas mokslas, išskyrus tai, kas buvo daroma Los Alamosė. Ir netgi tai nebuvo tikras mokslas, o daugiau inžinerija.“ Tad kyla klausimas, kodėl didžioji nuopelnų dalis priskiriama „Manhatano projekto“ fizikams, o chemikai ir inžinieriai lieka nežinomi. Manau, kad čia susideda keli veiksniai. Pirma, tarp fizikų buvo ryškių asmenybių – teismo juokdarys Fainmanas, „Amerikos Prometėjas“ Robertas Openheimeris, užsienietis genijus Enrico Fermi, sovietų šnipas Karlas Fuchsas ir taip toliau. Be Gleno Siborgo (Glenn Seaborg), tarp chemikų nebuvo garsių vardų, o ir pats Siborgas nebuvo itin charizmatiškas. Antra, fizikai gana agresyviai gina savo sritį ir pirmąją oficialią ataskaitą apie bombą parengė fizikas. Joje buvo nuvertinamas chemikų indėlis ir taip sukurta istorija, kuria rėmėsi ateities istorikai. Trečia, iki karo fizikai buvo paskelbę daugiausia publikacijų apie branduolinį skilimą; jos tapo plačiai žinomos ir galėjo būti laisvai cituojamos naujienų pranešimuose. Cheminė informacija apie urano ir plutonio gryninimą liko įslaptinta.

p. 217, išdidžią panieką. Štai pavyzdys iš XX amžiaus ketvirtojo dešimtmečio. Viešojoje paskaitoje apie radioaktyvumo stebuklus būsimasis Nobelio premijos laureatas Ernestas Lorencas (Lawrence) kaip vaizdinę priemonę išsitraukė radioaktyvaus natrio mėgintuvėlį.

Deja, jis buvo toks radioaktyvus, kad viršijo turimo Geigerio skaitiklio skalę. Tad Lorenceas paruošė druskos tirpalą su natriu, pakvietė savo kole-

gą Robertą Openheimerį ant scenos, palinkėjo vienas kitam „į sveikatą“ ir maktelėjo tirpalą. Po minutės Openheimeris pridėjo ranką prie radiacijos detektoriaus. Šis čirškė kaip voverė, ir visi skaniai pasijuokė.

p. 227, tarp išgyvenusiųjų. Be bandymų, kaip pastatai atlaiko branduolinius sproginus, valdžia taip pat tyrinėjo, kaip žmonės išgyvena ištisas savaites užsidarę slėptuvėse nuo radioaktyvių dulkių. Kai kuriems tokia izoliacija buvo vieni juokai (viena porelė ten praleido savo medaus mėnesį), tačiau daugelis iš slėptuvės išeidavo apgailėtinos būklės. Viena šeima įjunko gerti; net jų trimetis gavo burnelę, kad užsičiauptų. Kita šeima slėptuvėje įrengtą ventiliacijos vamzdį panaudojo kaip atlygį. Galite įsivaizduoti, kad einant į tualetą uždaroje patalpoje susidarydavo baisi smarvė, tačiau jei vaikai kelias valandas gerai elgdavosi, tėvai leisdavo jiems pasukti rankenėlę, kuri išmesdavo visas tas nosį riečiančias dujas į lauką. Apskritai, daugeliui žmonių slėptuvės iš pradžių atrodė kaip įdomus nuotykis, tačiau iki ketvirtos dienos jie nugrimzdavo į neviltį.



Įprasta XX a. 6-ojo dešimtmečio slėptuvė nuo radioaktyvių dulkių
(NUOTRAUKA PUBLIKUOJAMA MALONIAI LEIDUS NACIONALINIAM ARCHYVUI)

p. 229, Prisidėjo ir populiarioji kultūra. Ne visa populiarioji kultūra smerkė branduolinius ginklus. Knygos „Kur gyvena pabaisos“ (*Where the Wild Things Are*) autoriaus Moriso (Maurice) Sendako pirmoji iliustruota knyga buvo „Atomika milijonams“ (*Atoms for the Millions*), kuri, apskritai paėmus, buvo teigiama. Tiesa, Sendakas to nesuprato. Jis apsiėmė iliustruoti knygą tik dėl to, kad vidurinėje mokykloje gavo neigiamus pažymius iš visų gamtos mokslų ir jam buvo reikalingas bent vienas teigiamas pažymys. Tad jo gamtos mokslų mokytojas, kuris ir buvo šios knygos autorius, sumokėjo Sendakui 100 dolerių ir davė krūvą papildomų kreditų, kad šis nupieštų keletą skylančių antropomorfinių atomų. Sendakas vėliau sakė „buvęs kvailiausias vaikas klasėje... Mokytojas turėjo paaiškinti kiekvieną iliustraciją“.

p. 229, tokią pat žalą audiniams. Nustatyti radioaktyvių dalelių biologinį poveikį nėra paprasta. Skirtingi elementai skirtingu greičiu išskiria skirtingas daleles, o vienos dalelės padaro daugiau žalos nei kitos. (Be to, kai kurios dalelės visiškai nekenksmingos, kol yra organizmo išorėje, tačiau prarytos ar įkvėptos, visiškai sunaikina audinius.) Negana to, skirtingi kūno audiniai skirtingai sugeria įvairias radioaktyvias daleles, ir ne visos į organizmą patekusios dalelės padaro biologinę žalą. Šiame skyriuje gerokai viską supaprastinau iki „krūtinės ląstos rentgenografijos“, tačiau kalbėti apie dvidešimt skirtingų dalelių, kiekvieną jų aprašant išnašose, atrodė dar blogesnis pasirinkimas. Pripažįstu, kad mano pasirinktas metodas netobulas, tačiau jis suteikia tam tikrą matą palyginimui.

p. 256, „Bravo“ bandymui. Nuo 1946-ųjų iki 1958-ųjų Jungtinės Amerikos Valstijos Bikinio salose ir gretimame Enevetako atole iš viso susprogdino 67 atomines bombas, kurių galia prilygo 7 200 Hirosimos bombų. Tai reiškia 1,6 Hirosimos per dieną dvylikos metų laikotarpiu. Net ir po viso šito JAV kariuomenė vis žadėjo vietiniams Bikinio gyventojams, kad jie netrukus galės grįžti namo. Čiabuvių sugrąžinimo programa buvo pavadinta projektu „Hardy – grįžimas į tėviškę“* (och...). Jis taip ir liko neįgyvendintas.

Beje, „Bravo“ nebuvo didžiausia kada nors susprogdinta atominė bomba. Laurai atitenka Sovietų Sąjungos „Caro bombai“, kuri 3 000 Hirosimų ga-

* Aliuzija į Tomo Hardžio (Thom Hardy) romaną *Return of the Native*.

lia sprogo 1961 metų rugsėjo 30 dieną atokioje Sibiro saloje Novaja Zemlia. Skirtingai nuo aptakių šiuolaikinių branduolinių ginklų, ši bomba svėrė apie 27 000 kilogramų ir išbarškino langus 900 kilometrų atstumu.

INTARPAS. ALBERTAS EINŠTEINAS IR LIAUDIES ŠALDYTUVAS

p. 235, vos neužspringo kiaušiniene. Žinau, kad jums smalsu. Einšteinas dažniausiai pusryčiams valgydavo keptus kiaušinius arba kiaušiniene su skrebučiu ar bandele. Kalbant apie kitus jo mitybos įpročius, sakoma, kad jis valgydavo tiek medaus, jog aptarnaujantys darbuotojai pirkdavo jį kibirais. Kiti Einšteino mėgstami patiekalai buvo kiniška sriuba su kiaušiniiais, lašiša, majonezas, šalti mėsos užkandžiai, smidrai, kiaušiena su kaštainiais ir braškių morengai. Kepsnius jis mėgdavo gerai iškeptus. „Aš ne tigras“, – kartą pasakė jis savo virėjui.

p. 237, galiausiai visos šešios buvo suskystintos. Nors šių dujų suskystinimas buvo didelis pasiekimas, kai kurie žmonės jį gerokai pervertino. Šveicarų mokslininkui Rauliui Piktė (Raoul Pictet) suskystinus orą, Bruklino dienraščio antraštė paskelbė „Piktė, didžiausias iš genijų, skystį vadina gyvybės eliksyru ir teigia, kad jis išnaikins skurdą pasaulyje.“

Įdomu, kad visos šešios „pastoviosios dujos“ buvo suskystintos anksčiau nei helis – labiausiai užsispyrusios gamtinės dujos, suskystintos tik 1908 metais. (Helis, užverdantis prie -272°C , nebuvo priskirtas prie tradicinių pastoviųjų dujų, nes buvo atrastas tik XIX amžiaus pradžioje.) Net ir šandien nelengva helį išlaikyti šaltą. 2008 metais dėl didžiojo hadronų priešpriešinių srautų greitintuvo CERN laboratorijoje gedimo išgaravo šešios tonos skysto helio, ir mokslininkams prireikė metų, kad įranga vėl galėtų veikti. Remontas kainavo dešimtis milijonų dolerių.

p. 241, pradėta naudoti chlorfluorangliavandenilį. Šį sprendimą galima priskirti prie nenumatytų pasekmių. Jungtinės Amerikos Valstijos 1995 m. gruodžio 31 d. uždraudė chlorofluorokarbono dujų (CFC) gamybą šalyje. Tačiau valdžia leido verslui, kurio veikloje būtinos CFC dujos (pavyzdžiui, autoservisuose, kurie šiomis dujomis užpildo oro kondicionavimo įrenginius), naudoti perdirbtą CFC arba pirkti jį užsienyje. Kitaip tariant, paklau-

sa išliko pastovi, o pasiūla gerokai sumažėjo. Kaip galėjo numatyti bet kuris ekonomikos mokytojas, kaina beprotiškai išaugo. Žmonės net pradėjo gabenti CFC kontrabandą į JAV, kad užsidirbtų lengvų pinigų. Teigiama, kad tokias dujas pagaminti Kinijoje, Indijoje ir Rusijoje kainuodavo apie 4 dolerius už kilogramą, o juodojoje rinkoje už kilogramą buvo galima gauti 40 dolerių ar net daugiau. XX amžiaus dešimtojo dešimtmečio pabaigoje į JAV kasmet buvo nelegaliai įvežama tonos CFC, daugiausia per Floridą ir Teksasą. Majamio juodojoje rinkoje CFC buvo antra pagal pelningumą kontrabandos rūšis po kokaino.

AŠTUNTAS SKYRIUS. ORŲ KARAI

p. 244, „Biglio“ kapitonas Robertas Ficrojus. „Biglio“ rėmėjai Čarlzą Darviną laivo gamtininku pasirinko ne tiek dėl to, kad vertino jo žinias apie augalus ir gyvūnus, kiek dėl to, kad laikė jį kultūringu džentelmenu, kuris kelionės metu galėtų palaikyti įdomų pokalbį su kapitonu Ficrojumi. Toks sprendimas buvo priimtas ne tik dėl Pastarojo asmens patogumo – anksčiau „Biglio“ kapitonas, neturėdamas su kuo pasikalbėti, nepakėlė vienvėsių ir nusižudė.



Robertas Ficrojus

Vėliau, kildamas Britanijos laivyno tarnyboje, Ficrojus ėmėsi dar intensyviau prognozuoti orus. Jis net užsitraukė kai kurių britų verslinin-

kų nemalonę, nes tomis dienomis, kai buvo numatoma audra, neleisdavo mažiems žvejų laivams išplaukti. (Žinoma, žvejai jį garbino kaip didvyrį.) Deja, nors Darvinas kelionės metu padėjo Ficrojui išvengti depresijos, ji galiausiai vis tiek užklupo ir 1865-aisiais jis nusižudė. Ironiška, bet gali būti, kad Darvinas net kažkiek prisidėjo prie savo bendrakeleivio mirties. Ficrojus buvo labai religingas ir jautėsi kaltas, kad jam pavaldus ir jo laive plaukiantis asmuo paleido darvinizmo rykštę į pasaulį.

p. 251, idealiųjų dujų dėsnio burtams. Griaustinis – dar vienas pavyzdys, kaip dujų dėsniai veikia orus. Žaibo blyksniai pakelia aplinkinio oro temperatūrą. Dėl to oro tūris išsiplečia ir kyla triukšmas. Žaibas pasiekia tokią aukštą temperatūrą (30 500 °C – tai penkis kartus daugiau nei Saulės paviršiaus temperatūra), kad aplink esantis oras virsta plazma, t. y. tokiomis pat superdujomis, kurios susidaro branduolinių sprogimų metu.

p. 287, vadinamas turbulencija. Turbulencija – vienas kebliausių mokslo klausimų. 2000-aisiais Clay matematikos institutas pasiūlė vieno milijono dolerių premiją tam, kas padarys pažangą sprendžiant turbulenciją aprašančias lygtis (Navier-Stokes lygtis). Prizo dar niekas neatsiėmė ir panašu, kad artimiausiu metu neatsiims. Sakoma, kad 1976-aisiais kvantinės fizikos mokslininkas Verneris Heizenbergas (Werner Heisenberg), gulėdamas mirties patale, pasakė, kad kai susitiks Dievą, paklaus jo dviejų dalykų: kodėl reliatyvumas lemia Visatos struktūrą ir kodėl tekėdami skysčiai, kaip oras ir vanduo, sukuria turbulenciją. „Manau, kad jis gali turėti atsakymą į pirmąjį klausimą“, – sušnibždėjo Heizenbergas.

INTARPAS. TRIUKŠMAS ROSVELYJE

p. 267, garsas pasiekia jūsų ausis. Patikslinu, kad iš burnos išėjusios oro molekulės nėra tos pačios, kurios atsitrenkia į jūsų ausų būgnelius kitoje kambario pusėje. Garsas nėra vėjas. Tiesiog kiekvieno susidūrimo metu pirminių molekulių energija perduodama kitoms. (Žinoma, kaip ir su paskutiniu Cezario atodūsiu, dalis iš kito žmogaus burnos išlėkusių molekulių jus pasieks, nes jos pasklida ore. Tačiau tai įvyks gerokai vėliau, kai garsas jau bus išsisklaidęs.)

p. 269, patys intensyviausi garsai. Kai 1883 metais išsiveržė Krakatau, sprogimo garsas suplėšė kelių daugiau nei už 160 kilometrų buvusių jūrreivių ausų būgnelius, o išsiveržimo sukeltos slėgio bangos sklido aplink Žemę dar penkias dienas. Žinoma, triukšmo nebebuvo girdėti, tačiau netgi tokiuose tolimuose miestuose kaip Torontas ir Londonas kas trisdešimt keturias valandas buvo stebimi barometro svyravimai (per trisdešimt keturias valandas garsas apskrieja Žemės rutulį).

p. 269, garso kanalo fiziką pirmą kartą išsiaiškino 1944 metais. Junigas taip pat aptiko garso kanalą vandenyne. Einant gilyn, vanduo darosi šaltesnis, o šaltesniuose skysčiuose garsas sulėtėja. Tačiau garso greitis vandenyje priklauso ir nuo kitų veiksnių, pavyzdžiui, vandens tankio ir druskingumo, o šie gilėjant taip pat didėja. Skaičiavimai gana sudėtingi, tačiau pagrindinė mintis ta, kad garsas greičiausiai sklinda viršutiniame ir apatiniame vandenyno sluoksniuose, o lėčiausiai – maždaug 900 metrų gylyje. Dėl to garso bangos vandenyne linksta link to gylio, tarsi traukiamos magnetu.

Junigas manė, kad vandenyno garso kanalas galėtų padėti gelbėti jūroje dingusius pilotus. Kiekvieno skrydžio per vandenyną metu pilotas turėdavo su savimi teniso kamuoliuko dydžio metalinę sferą. Įvykus avarijai ir nukritus į vandenyną, sfera nuskęstų. Jos sienelės storis buvo pakankamas, kad atlaikytų slėgį iki 900 metrų gylio, tačiau pasiekusi šį gylį sfera subliūkšdavo, sukeldama garsų trakstelėjimą, panašų į fejerverko sprogimą. Galbūt tai atrodo nedaug, bet garso kanalas sustiprina garsą ir to pakanka, kad specialūs plūdurai (su mikrofonais, nuleistais į 900 metrų gylį) jį užfiksotų. Naudodami trianguliacijos metodą tarp kelių plūdūrų, gelbėtojai galėtų nustatyti piloto koordinatas.

Beje, daugelis biologų mano, kad kuprotieji banginiai garso kanalu bendrauja su savo gentainiais už tūkstančių kilometrų.

DEVINTAS SKYRIUS. NEŽEMIŠKO ORO PRISIMATAVIMAS

p. 276, nesiųskite jų į pragarą. Kad jau prakalbome apie pragarą, paklauskite. Apreiškime Jonui (Apr 21:8) pragaras aprašomas kaip skystos sieros ežeras. Siera skysto pavidalo išlieka tik iki 444 °C, o tai reiškia, kad

pragaras teoriškai vėsesnis už Venerą. Tai dar ne viskas. Biblijoje taip pat rašoma (Izaijo 30:26), kad mėnulis danguje švies taip pat ryškiai kaip saulė. Priklausomai nuo to, kuriuo vertimu remsitės, saulė turėtų šviesti septynis kartus stipriau, „kaip septynių dienų šviesa“. Kitaip tariant, dangus yra kaip penkiasdešimt saulių – vienas mėnulis kaip saulė plus keturiasdešimt devynios saulės. Kadangi stiprėjant saulės šviesai planetos aplinkos temperatūra sparčiai kyla (ketvirtuoju laipsniu), pagal šią interpretaciją dangaus temperatūra turėtų siekti apie 538 °C, vadinasi, dangus būtų karštesnis už pragarą!

Šį palyginimą sugalvojau ne aš. Platesnį aprašymą rasite Rono Delorenco (DeLorenzo) straipsnyje „Kai pragaras užšals“ (*When Hell Freezes Over*) žurnale *Journal of Chemical Education*, 76 tomas (1999), 503 p.

p. 279, atrasti helio Saulėje. Juk nemanote, kad baigsite šią knygą be dar vieno pokalbio apie žarnyno dujas, ar ne? Internetė rašoma, kad Žiulis Žansenas, vienas iš astronomų, 1868-aisiais atradusių helio Saulėje, atliko eksperimentus su heliu su savo šunimi – versdavo jį kvėpuoti heliu ir net pastatė kelias helio klizmas. (Paliksiu skaitytojui nuspręsti, ar dėl to šuns bezdėjimas tapo cypiantis.) Tačiau kadangi Ramzis helio dujas Žemėje izoliavo tik 1895-aisiais (ir tik labai nedidelį kiekį), ši istorija atrodo mažai tikėtina.

Beje, kosmoso tyrimų programos „Apollo“ gydytojai dėjo daug pastangų stebėti dujų kaupimąsi astronautų viduriuose. Iš dalies dėl smalsumo, nes nežinojo, kaip nulinė gravitacija paveiks virškinimą; iš dalies dėl baimės, kad žemo slėgio aplinkoje vidinės oro kišenės gali suplėšyti astronautų vidurius. Paaiškėjo, kad nebuvo ko baimintis. Žmonės, gyvenantys žemesnio slėgio vietovėse, pavyzdžiui, kalnuose, iš tiesų dažniau išleidžia dujas, (kalniečiai kartais pasakoja apie susitikimus su „Uolėtųjų kalnų lojančiais vorais“), tačiau ne taip smarkiai, kad susižalotų.

p. 281, pretenzingų dvasinių klausimų. Vienas pretenzingas klausimas susijęs su religiniais įsitikinimais – ar nežemiškų protingų būtybių atradimas pakirstų žmonių tikėjimą Dievu ir (arba) pomirtiniu gyvenimu?

Priklauso nuo jų tikėjimo. Tarp didžiųjų pasaulio religijų induizmas ir budizmas atrodo turį ateiviams palankiausią teologiją, nes jos abi aktyviai

palaiko gyvybės kitose planetose idėją. Panašiai ir Koranas teigia, kad ir kitur egzistuoja protingos būtybės, tik neaišku, ar joms reikėtų laikytis islamo. Judaizme ateiviai atrodo daugiau ar mažiau nereikšmingi.

Religija, kurioje kiltų bene didžiausias chaosas (išskyrus kelias ateiviais tikinčias sekas, kaip kad mormonai), yra krikščionybė. Nors kai kurie katalikų akademikai palaiko ateivių idėją, dauguma krikščionybės denominacijų, ypač evangelikų ir fundamentalistų atšakos, jos nepalaiko. Idėja iš tiesų sukelia keletą aštrių teologinių klausimų dėl gimtosios nuodėmės ir ar visos protingos būtybės Visatoje nusipelno būti išgelbėtos ir eiti į dangų. Galbūt kitos protingos būtybės į dangų patenka automatiškai, tačiau tada gyvenimas čia, Žemėje, kur žmonės turi to nusipelnę, atrodo nesąžiningas.

p. 282, net 500 laipsnių. Galbūt šioje vietoje pastebėjote keistą dalyką su skaičiais. Anksčiau nurodžiau, kad Veneros temperatūra yra 460 °C. Atėmę tuos papildomus 500 laipsnių, kuriuos planeta gauna dėl šiltnamio efektą sukeliančių dujų, turime –40 °C. Taip pat sakiau, kad be šiltnamio efektą sukeliančių dujų Žemės temperatūra būtų apie –17 °C. Bet ar taip gali būti, jei Venera yra 42 milijonais kilometrų arčiau Saulės? Atsakymas toks: Veneros paviršių dengia stori balti sieros rūgšties debesys, kurie atspindi Saulės šviesą atgal į kosmosą, o dėl to planetos temperatūra žemesnė. Žemė neturi sieros rūgšties debesų ir dėl to būtų šiltesnė. Bet pagrindinė mintis ta, kad dėl šiltnamio efektą sukeliančių dujų Žemės temperatūra pakyla keliomis dešimtimis laipsnių, o Veneros – šimtais.

p. 284, vėl išgaruoja daugiau vandens ir taip toliau. Dar keli dalykai. Dėl vandens garavimo grįžamojo ryšio ciklo pasigamina ne tik daugiau vandens garų, bet ir daugiau debesų. Debesys atspindi Saulės šviesą atgal į kosmosą ir šiek tiek atvėsina planetą. Kita vertus, šiltas ortas taip pat šildo vandenyną, o net vos vos šiltesnis vanduo tirpdo ledo darinius, kuriuose yra metano. Išsilaisvinęs metanas šildo planetą. Taigi bendras poveikis sudėtingas. Iš tiesų, būtent dėl tokio sudėtingumo ir šalutinių poveikių taip sunku reguliuoti klimatą. Pakeitus vieną kintamąjį, beveik visada pasikeičia tuzinas kitų dalykų.

p. 286, perdaryti Marso ar Mėnulio aplinką. Galbūt manote, kad Marsą ar Mėnulį kolonizuosime pastatydami ten milžinišką kupolą ir gyvendami jame? Norėdami išbandyti šią idėją, XX amžiaus dešimtojo dešimtmečio pradžioje Arizonoje mokslininkai užsidarė sandarioje biosferoje. Niekas iš to neišėjo. Jie ten išgyveno kelerius metus, tačiau per tą laiką deguonies koncentracija nukrito nuo normalios (21 procento) iki 17 procentų. Esant tokiai koncentracijai žmonėms darosi sunku kvėpuoti. Kažkur dingo beveik 30 tūkstančių kilogramų deguonies (ko gero, ją surijo dirvožemio bakterijos). Anglies dioksido lygis taip pat svyravo, nes betono statiniai po kupolu sugerdavo CO₂. Apskritai, mokslininkai sužinojo tik tiek, kad dujas sunku išlaikyti net sandariose talpose.

Atsigabenti kometa, ko gero, būtų lengvesnis sprendimas!

CITUOTI LEIDINIAI

VISOJE KNYGOJE

- Allaby, Michael. *Atmosphere: A Scientific History of Air, Weather, and Climate*. New York: Facts on File, 2009.
- Almqvist, Ebbe. *History of Industrial Gases*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003.
- Canfield, Donald E. *Oxygen: A Four Billion Year History*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2014.
- Fenster, Julie. *Ether Day*. New York: Harper Perennial, 2002.
- Fisher, David. *Much Ado about (Practically) Nothing: A History of the Noble Gases*. New York: Oxford University Press, 2010.
- Greenberg, Arthur. *From Alchemy to Chemistry in Picture and Story*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2007.
- Hazen, Robert M. *The Story of Earth: The First 4.5 Billion Years, from Stardust to Living Planet*. New York: Viking, 2012.
- Jay, Mike. *The Atmosphere of Heaven*. New Haven, CT: Yale University Press, 2009.

IVADAS. PASKUTINIS ATODŪSIS

- Dando-Collins, Stephen. *The Ides: Caesar's Murder and the War for Rome*. New York: John Wiley & Sons, 2010

Goldsworthy, Adrian. *Caesar: Life of a Colossus*. New Haven, CT: Yale University Press, 2008.

Parenti, Michael. *The Assassination of Julius Caesar*. New York: The New Press, 2003.

PIRMAS SKYRIUS. PIRMYKŠTĖS ŽEMĖS ORAS

Carson, Rob. *Mount St. Helens*. Seattle, WA: Sasquatch Books, 2000.

Findley, Rowe. *Mountain with a Death Wish*, National Geographic 159, no. 1 (1981): 3–33.

Mastrolorenzo, Giuseppe et al. *Lethal Thermal Impact at Periphery of Pyroclastic Surges: Evidences at Pompeii*, PLoS ONE 5, no. 6 (June 2010): 1–12, <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0011127>.

Rosen, Shirley. *Truman of St. Helens*. Seattle, WA: Madrona Publishers, 1981.

Stylianidis, Nearchos, Olorunfunmi Adefioye-Giwa, and Zane Thornley. *Complete Vaporisation of a Human Body*, Journal of Interdisciplinary Science Topics 2, no. 1 (2013): 1–4.

Stylianidis, Nearchos, Olorunfunmi Adefioye-Giwa, and Zane Thornley. *Human Body Vaporisation*, Journal of Interdisciplinary Science Topics 2, no. 1 (2013): 1–3.

Zahnle, Kevin, Laura Schaefer, and Bruce Fegley. *Earth's Earliest Atmospheres*, Cold Spring Harbor Perspectives in Biology 2, no. 10 (October 2010): 1–17.

INTARPAS. SPROGŖS EŽERAS

Baxter, Peter J., M. Kapila, and D. Mfonfu. *Lake Nyos Disaster, Cameroon, 1986*, British Medical Journal 298, no. 5 (1989): 1437–1441.

Kling, George W. *The 1986 Lake Nyos Gas Disaster in Cameroon, West Africa*, Science 236, no. 4798 (1987): 169–175.

Krajick, Kevin. *Defusing Africa's Killer Lakes*, Smithsonian 34, no. 6 (2003): 46–50.

Scarth, Alwyn. *Vulcan's Fury*. New Haven, CT: Yale University Press, 1999.

ANTRAS SKYRIUS. PIKTOJI ORO DVASIA

Bown, Stephen. *A Most Damnable Invention*. New York: Thomas Dunne Books, 2005.

Craig, Peter. *Mankind in Peace, the Fatherland in War*, New Scientist 101, no. 1395 (1984): 15–17.

Hager, Thomas. *The Alchemy of Air*. New York: Crown, 2008.

INTARPAS. DUJINIS PJOVIKLIS – PAVOJINGAS GINKLAS

Almqvist, Ebbe. *History of Industrial Gases*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003.

TREČIAS SKYRIUS. DEGUONIES PRAKEIKIMAS IR PALAIMINIMAS

Bell, Madison Smartt. *Lavoisier in the Year One*. New York: W. W. Norton, 2010.

Bygrave, Stephen. 'I Predict a Riot': Joseph Priestley and Languages of Enlightenment in Birmingham in 1791, *Romanticism* 18, no. 1 (2012): 70–88.

Malone, John. *It Doesn't Take a Rocket Scientist*. New York: John Wiley & Sons, 2002.

Poirier, Jean-Pierre, and Rebecca Balinski. *Lavoisier: Chemist, Biologist, Economist*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1998.

Rose, R. B. *The Priestley Riots of 1791*, *Past & Present* 18, no. 1 (1960): 68–88.

INTARPAS. BAISIAU, NEI RAŠĖ DIKENSAS

Haigh, Gordon. *Dickens and Lewes on Spontaneous Combustion*, *Nineteenth Century Fiction* 10, no. 1 (1955): 53–63.

Perkins, George. *Death by Spontaneous Combustion*, *Dickensian* 60, no. 342 (1964): 57

West, John. *Spontaneous Combustion, Dickens, Lewes, and Lavoisier*, *Physiology* 9, no. 6 (1994): 276–278.

KETVIRTAS SKYRIUS. STEBUKLINGOS DŽIAUGSMO DUJOS

Fenster, Julie. *Ether Day*. New York: Harper Perennial, 2002. Holmes, Richard. *The Age of Wonder*. New York: Pantheon, 2009.

Jay, Mike. *The Atmosphere of Heaven*. New Haven, CT: Yale University Press, 2009.

INTARPAS. LE PÉTOMANE (PIRDALIUS)

Moore, Alison. *The Spectacular Anus of Joseph Pujol*, *French Cultural Studies* 24, no. 1 (2013): 27–43.

- Nohain, Jean, and F. Caradec. *Le Pétomane*. London: Souvenir Press, 1992.
- Provine, Robert. *Curious Behavior*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2012.
- Suarez, F. L., J. Springfield, and M. D. Levitt. *Identification of Gases Responsible for the Odour of Human Flatus and Evaluation of a Device Purported to Reduce this Odour*, Gut 43, no. 1 (1998): 100–104.
- Suarez, F. L., J. K. Furne, J. Springfield, and M. D. Levitt. *Morning Breath Odor: Influence of Treatments on Sulfur Gases*, Journal of Dental Research 79, no. 10 (2000): 1773–1777.

PENKTASIS SKYRIUS. KONTROLIUOJAMAS CHAOSAS

- Bown, Stephen. *A Most Damnable Invention*. New York: Thomas Dunne Books, 2005.
- Marsden, Ben. *Watt's Perfect Engine*. New York: Columbia University Press, 2004.

INTARPAS. PLIENAS IR TRAGEDIJA

- Bessemer, Henry. *Sir Henry Bessemer, F.R.S.: An Autobiography*. London: Offices of Engineering, 1905.
- Jeans, William. *The Creators of the Age of Steel*. London: Chapman and Hall, 1973.
- Lewis, Peter, and Ken Reynolds. *Forensic Engineering: A Reappraisal of the Tay Bridge Disaster*, Interdisciplinary Science Reviews 27, no. 4 (2002): 287–298.

ŠEŠTAS SKYRIUS. | DANGAUS ŽYDRYNĖ

- Fisher, David. *Much Ado about (Practically) Nothing: A History of the Noble Gases*. New York: Oxford University Press, 2010.
- Fontani, Marco, Mariagrazia Costa, and Mary Virginia Orna. *The Lost Elements*. New York: Oxford University Press, 2014.
- Gillispie, Charles Coulston. *The Montgolfier Brothers and the Invention of Aviation*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1983.
- Holmes, Richard. *Falling Upwards: How We Took to the Air*. New York: Pantheon, 2013.

Wolfenden, John. *The Noble Gases and the Periodic Table*, Journal of Chemical Education 46, no. 9 (1969): 569–575.

INTARPAS. NAKTIES ŠVIESOS

Dewdney, Christopher. *Acquainted with the Night*. New York: Bloomsbury USA, 2008.

Ekirch, A. Roger. *At Day's Close: Night in Times Past*. New York: W. W. Norton, 2006.

Tomory, Leslie. *Progressive Enlightenment*. Cambridge, MA: MIT Press, 2012.

SEPTINTAS SKYRIUS. RADIOAKTYVIŲJŲ DULKIŲ PASEKMĖS

Boese, Alex. *Electrified Sheep*. New York: Thomas Dunne Books, 2012.

Mahaffey, James. *Atomic Accidents*. New York: Pegasus, 2015.

National Park Service, *The Archaeology of the Atomic Bomb*, Chapters One, Two, Three, and Five. http://www.nps.gov/parkhistory/online_books/swcrc/37/contents.htm. Prieiga 2015 m. lapkričio 4 d.

Rhodes, Richard. *The Making of the Atomic Bomb*. New York: Simon & Schuster, 1988.

Simon, Steven, André Bouville, and Charles Land. *Fallout from Nuclear Weapons Tests and Cancer Risks*, New Scientist 94, no. 1 (2006): 48–56.

Smith-Norris, Martha. 'Only as Dust in the Face of the Wind': An Analysis of the BRAVO Nuclear Incident in the Pacific, 1954, Journal of American–East Asian Relations 6, no. 1 (1997): 1–34.

Welsome, Eileen. *The Plutonium Files*. New York: Dial Press, 1999. Winkler, Allan. *Life Under a Cloud*. Champaign: University of Illinois Press, 1999.

INTARPAS. ALBERTAS EINŠTEINAS IR LIAUDIES ŠALDYTUVAS

Bryson, Bill. *A Short History of Nearly Everything*. New York: Broadway Books, 2004.

Dannen, Gene. *The Einstein-Szilard Refrigerators*, Scientific American 276, no. 1 (1997): 90–95.

Illy, József. *The Practical Einstein*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2013.

Trainer, Matthew. *Albert Einstein's Patents*, World Patent Information 28, no. 2 (2006): 159–165.

AŠTUNTAS SKYRIUS. ORŲ KARAI

Fleming, James R. *The Climate Engineers*, Wilson Quarterly (Spring 2007): 46–60.

Gleick, James. *Chaos*. New York: Penguin, 1987.

Langmuir, Irving. *Control of Precipitation from Cumulus Clouds by Various Seeding Techniques*, Science 112, no. 2898 (1950): 35–41.

Lorenz, Edward. *The Essence of Chaos*. Seattle: University of Washington Press, 1995.

INTARPAS. TRIUKŠMAS ROSVELYJE

McAndrew, James. *The Roswell Report*, Air Force Historical Studies Division, 1995. <http://www.afhso.af.mil/shared/media/document/AFD-101027-030.pdf>. Prieiga 2015 m. lapkričio 4 d.

Muller, Richard. *Physics for Future Presidents*. New York: W. W. Norton, 2009.

Pretor-Pinney, Gavin. *The Wave Watcher's Companion*. New York: Penguin, 2011.

DEVINTAS SKYRIUS. NEŽEMIŠKO ORO PRISIMATAVIMAS

Bennett, Jeffrey. *Beyond UFOs*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2010.

Kasting, James, and David Catling. *Evolution of a Habitable Planet*, Annual Review of Astronomy and Astrophysics 41, no.1 (2003): 429–463.

RODYKLĖ

A

absorbcijos spektrai, 279, 288, 290

absorbcinis šaldymas, 238–240

acetilenas (C_2H_2), 203, 203, 205–206

aerobinės bakterijos, 95

akustika

ir argonas, 197

ir aukštis virš jūros lygio, 184, 267

ir garsas kaip energija, 315–316

ir garso kanalai, 266–270, 315, 325

ir refrakcija, 267

akušerija, 134–135

alkoholis, 104, 107, 108–109, 129

alsavimas. *Dar žr. kvėpavimas*

amoniakas (NH_3)

azoto naudojimas jam išgauti,

50–53, 57–62

balionuose, 185

egzoplanetose, 279

Frico Haberio pastangos sukurti jį,

50–53, 51, 55–59, 61, 67,

ir anglių dujos, 205–206

ir azoto gryninimas, 192

ir kosmoso kolonizavimas,
288–289

ir nežemiška gyvybė, 277

ir šaldymas, 237–238

jo absorbcijos spektras, 278–279

jo atradimas, 85

kaip trąšos, 51–53, 58–59, 61, 67, 72

molekulių išsisklaidymas

atmosferoje, 49, 49

sprogmenyse, 62

anaerobinės bakterijos, 92–93, 319

anestezija

azoto oksidas kaip, 123–128

chloroformas kaip, 133–135,

eteris kaip, 128–135, 131, 303

ir sąmoningumas, 136–138

jos fiziologinis poveikis, 135–137,

303

- anglies dioksidas (CO_2)
 egzoplanetose, 279–280
 gazuotuose gėrimuose, 88,
 ir Arizonos biosferos
 eksperimentas, 319
 ir augalai, 95, 98
 ir azoto gryninimas, 192
 ir klimato inžinerija, 285–286
 ir kvėpavimas, 89–90
 ir meteorizmas, 143
 ir radioaktyvumas, 255–256
 ir reakcija su argonu, 183–184
 ir šilumos absorbcija, 282–185
 ir tektoninės plokštės, 32
 ir Veneros atmosfera, 276–277, 282
 ir Žemės atmosferos evoliucija,
 282–283
 ištirpęs vandenyje, 28–29
 jo atradimas, 134, 138, 115,
 153–154
 jo išsiskyrimas iš magmos, 27– 28
 jo molekulių išsisklaidymas
 atmosferoje, 44, 44
 jo veržimasis iš ežerų ir urvų,
 44–48, 46
 Marse, 282
 užšalęs, 243, 247, 249, 251, 282–284
- anglies monoksidas (CO), 75, 168,
 170–171, 175–176, 235–237, 306
- anglies skystinimas, 58–70
- anglis, 26–27, 159–160, 205–206
- anglis-14, 230–231
- anglių dujos, 204–207
- Antrasis pasaulinis karas, 55–56, 69,
 70–71, 72–73, 245–246
- „aplinkos karas“, 259–260
- apšvietimas, 17–18, 192–199, 277–280
- Archimedas, 184–187
- argonas (Ar)
 ir jo molekulių klaida atmosferoje,
 177, 177, 183–184, 223–224, 244,
 279–280, 288–289, 309
 ir kosmoso kolonizavimas,
 288–289
 ir mėlyna dangaus spalva, 190, 304
 jo atradimas, 180–181, 183–188
 nežemiškoje atmosferoje, 193, 279,
 palyginti su vandens garais, 244
 paminėjimas Biblijoje, 307
- Aristotelis, 145,
- arklio galių standartas, 157–159
- asteroidai, 28–29, 275–276, 288–289
- atominės bombos. *Žr.* branduoliniai
 ginklai
- auksas, 28
- azotas (N_2)
 elektros lemputėse, 196
 ir amoniako gamyba, 50–54, 55–59
 ir bakterijos, 55–56, 93, 296
 ir branduolinės reakcijos, 219–220
 ir idealiųjų dujų dėsnis, 189–190
 ir kosmoso kolonizavimas,
 288–289
 ir molekulių išsisklaidymas
 atmosferoje, 49, 49, 173
 ir šaldymas, 235–236
 ir šilumos absorbcija, 281–282
 ir tektoninės plokštės, 32
 ir Žemės atmosferos evoliucija, 48,
 53–55, 79, 92–93, 96, 67–68, 296

- jo atradimas, 81–82
- jo išmetalai iš ugnikalnių, 50, 53, 296
- jo Džono Struto tyrimai, 192–196
- jo poliškumas, 89
- jo triguba atomų jungtis, 53–54
- palyginti su vandens garais, 244
- azoto oksidai, 221–222, 284–285
- azoto oksidas, 165–166, 232
- azoto oksidas (N_2O)
 - Hamfrio Deivio eksperimentai su juo, 118–120, 122–25
 - ir kosmoso kolonizavimas, 289–290
 - ir šilumos absorbcija, 283–284
 - jo atradimas, 85–86
 - jo molekulių sklaida atmosferoje, 113, 113
 - kaip anestezija, 123–128, 131, 135
 - Tomo Bedouso eksperimentai su juo, 113–114, 115, 115, 118–119, 121–123, 125
- B**
- bakterijos
 - fiksuojančios azotą, 53–55, 93, 296–297
 - ir deguonis, 92–94, 96–98, 319
 - ir lietūs, 249
 - ir meteorizmas, 142–143
 - ir skilimas, 301–302
- balionai
 - brolių Mongolfjė eksperimentai su jais, 178–179, 179, 182, 187, 191–192, 308
 - brolių Robertų ir Žako Šarlio eksperimentai su jais, 180–183, 182
 - ir dujų dėsnių atradimas, 187–188
 - ir garso refrakcija, 274–275
 - ir meteorologija, 258, 264–267, 26
 - ir skysčių plūdrumas, 185–186
 - ir Žiulis Žansenas, 308
 - moksliniai eksperimentai, atliekami jais skrendant, 184, 187–289, 202
 - projektas „Gūbrys“, 270–272, 271, 172–173
 - skrydžių jais pavojus, 183–184
- baltymai, 52, 60–61, 93
- BASF, 58, 59–61, 65–66, 67–69, 72
- Bedousas, Tomas (Beddoes, Thomas)
 - ir azoto oksidas, 114–115, 115, 76–78, 81–82, 85
 - ir dujų tyrimai, 113–114, 121–122, 138, 173
 - ir gydymas karvidėje, 78–81, 121
 - ir jo reputacija, 113–114, 121, 123–124
 - ir Pneumatikos institutas, 115–123
- berilis, 216, 221
- Besemeris, Henris (Bessemer, Henry), 171–173, 172, 176, 282
- Bikinio atolas, 213–214, 224, 225, 231–234, 291, 309, 311
- Blakas, Džozefas (Black, Joseph), 81–82, 114–115, 153
- Bočas, Tomas (Bouch, Thomas), 174–176
- Boilis, Robertas (Boyl, Robert), 180, 186
- Boltonas, Metju (Boulton, Matthew), 155, 156, 159

Bošas, Karlas (Bosch, Carl) , 50, 58–61,
59, 64, 69–72, 102

branduolinės grandininės reakcijos,
216, 218–219, 221, 241–242

branduoliniai bandymai su gyvūnais,
214–215, 224–225, 226–227, 309

branduoliniai ginklai

bandymas „Trinity“, 216–218

bandymas „Baker“, 223–225, 226,
231–233

bandymas „Castle Bravo“, 232–233,
310

bandymas „Gilda“, arba „Able“,
213, 223–225, 231–232

ginklų „Super“ bandymai, 232

ir atomų fizika, 202

ir radioaktyviosios dulkės nuo jų,
214–216, 217–218, 225–228, 226,
227–232, 233–234, 256–257, 266,
269–270

ir šaldymas, 235–236

ir teraformavimas, 28–287

ir vyriausybės propaganda už
juos, 215

išgyvenamumo tyrimai po

detonacijos, 218–220

protestai prieš branduolinius

bandymus, 228–229

Sovietų sąjungos, 266–267, 269,
271–272

vėlesnis jų poveikis, 217–219,
224–225

visuomenės abejingumas jiems,
225–226, 228

branduolinių bandymų operacija
„Kryžkelės“, 211–215, 220–221,
223, 231

Brazelis, Makas (Brazel, Mac), 264–267,
271

Brutas (Romos senatorius), 12, 15

C

Cezaris, Julijus, 10–16, 11, 42, 291,
315

chaoso teorija, 202, 262–263, 283–284

cheminiai ginklai, 62–67, 64, 70–71,
96, 143, 227–228, 299

chirurginis gydymas, 123–125, 129–
131, 131, 134

chloras, 62–66, 190–191, 196, 241, 279

chlorfluorangliavandeniliai, (CFC),
241, 280–281, 280–281, 313–314

chloroformas, 134–136

Č

Činčos salos, 55, 297, 298–299,
297–298, 298

D

Daglianas, Haris (Daghlian, Harry),
218–223, 277

Darvinas, Čarlzas (Darwin, Charles),
124, 244, 302, 315

Darvinas, Erazmas (Darwin, Erasmus),
98, 155, 159

Deivis, Hamfris (Davy, Humphry),
117–123, 117, 126, 120, 138, 190,
205–206, 291, 302

- ul>
- debesys
 - debesų „sėja“, 243, 245, 247–249, 251, 252–257, 263
 - ir klimato inžinerija, 285–286
 - ir radioaktyviosios dulkės, 217–218, 225–226, 226, 227–228, 231–232, 234, 270
 - Veneroje, 274, 282
- Didžioji deguonies katastrofa, 17, 79, 170
- deguonis (O₂)
 - egzoplanetose, 280–281
 - ir aerobinės bakterijos, 95
 - ir amoniako gamyba, 56–57
 - ir anglis-14, 230–231
 - ir apsinuodijimas CO, 118–119, 319
 - ir apšvietimas, 204–207
 - ir Arizonos biosferos eksperimentas, 319
 - ir augalai, 95, 302
 - ir azoto gryninimas, 192–193
 - ir kosmoso kolonizavimas, 289–290
 - ir kvėpavimas, 89–91, 97–98, 108–109
 - ir metalo degimas, 73–77, 89, 301
 - ir molekulių sklaida atmosferoje, 78, 78, 187–188
 - ir plieno gamyba, 171–172, 175
 - ir Saulės sistemos susidarymas, 26–27
 - ir šaldymas, 236–237
 - ir šilumos absorbcija, 281–282
 - ir Žemės atmosferos evoliucija, 73, 79–80, 93–96, 111
 - iš fotosintezės, 92
 - jo atradimas, 78–79, 82–83, 84, 85–86, 89–91, 97–102
 - jo palyginimas su vandens garais, 245
 - jo poliškumas, 128
 - jo reakcija su argonu, 196–197
 - kaip gyvybės formų svorio procentinė dalis, 50
 - sukurtas gyvų būtybių, 19, 92–97, 319
 - žmogaus medžiagų apykaitoje, 105, 114–116
- Deinococcus radiodurans* (bakterija), 277
- dichlordifluormetanas (CCl₂F₂), 235, 235
- Didysis tēkstelėjimas, 29, 94
- Didžioji deguonies katastrofa, 94
- Dikensas, Čarlzas (Dickens, Charles), 104–109, 106
- dimetilsulfidas (C₂H₆S), 139, 139, 143
- dinamitas, 163–165
- DNR
 - ir azoto poreikis, 53–54, 60–61
 - ir laisvieji radikalai, 93–94
 - ir nežemiška gyvybė, 274–275, 277
 - ir radioaktyvumas, 230, 272
 - ir ultravioletiniai spinduliai, 267, 272
- drugelio efektas, 262–263
- druskos rūgštis (HCl), 64
- dujos
 - Dar žr.* garai ir konkrečias dujas
 - dujų molekulių greitis, 27–208

- dujų temperatūros, slėgio ir
tūrio ryšys, 24, 32, 142, 186–191,
197–198
dujų teorijų raida, 79–83,
Džono Struto dujų tyrimai,
191–197, 199–201, 308
egzoplanetose, 277–281, 278,
289–290
idealiųjų dujų dėsnis, 189–190
ir apšvietimas, 16, 203–207,
276–279
ir meteorologija, 244–245, 251,
314–315
ir molekulių sklaida atmosferoje,
9–10, 12–15, 21, 21, 44, 49, 73, 104,
113, 139, 145, 168, 177, 203, 211,
235, 243, 264
ir Saulės sistemos susidarymas,
26–27
ir skysčių lakumas, 128
ir sprogmenys, 159–167
ir šaldymas, 58–59, 235, 240–241
ir vakuumas, 146–149
ir Žemės istorija, 16–18
jų naudojimas kare, 62–67, 64, 71,
96, 144, 227–228, 298–299
jų suskystinimas, 235–237, 251, 313
jų transformacija, 27, 28–29
palyginti su skysčiais ir kietosiomis
medžiagomis, 26–27, 69, 153–154,
237–239
tarnaujančios žmogaus
reikmėms, 16
termino etimologija, 80, 262–263
vulkaninė jų kilmė, 17–18, 19, 27–29
žarnyno dujos, 16, 108, 140–144,
304, 317
dujų masė, 17–18
Dvasios ežeras, Vašingtono valstija,
23–25, 39
Džeksonas, Tomas (Jackson, Thomas),
303, 303
Dženeris, Edvardas (Jenner, Edward),
120–122
Džonstonas, Deividas (Johnston, David),
33, 38
- E**
egzoplanetos, 276–277, 278, 287–288
Einšteinas, Albertas (Einstein, Albert)
ir Adolfas Hitleris, 69–70
ir Fritzas Haberis, 62, 71
ir mėlyna dangaus spalva, 309
ir šaldymas, 16–17, 235–236,
238–241, 239
jo mityba, 235, 313
reliatyvumo teorija, 241–242, 309
elektros lemputės, 57, 206–207
emisijos spektrai, 278–279
Espis, Džeimsas (Espy, James), 245, 248,
254
etanolis (C_2H_5OH), 104, 104
eteris, 128–132, 131, 302, 303
Junigas, Morisas (Ewing, Maurice),
266–267, 269–271
- F**
Ferdinandas III (Šventosios Romos
imperijos imperatorius), 146–147
Fermis. Enrikas (Fermi, Enrico), 221, 310

fitoplanktonas, 285–286
 Ficrojus, Robertas (FitzRoy, Robert),
 244, 314, 315
 Flečeris, Tomas (Fletcher, Thomas),
 75–77
 flogistono teorija, 85–86, 88–91, 97–98
 fosforas, 173, 197–198
 fosgeno dujos, 65–66, 299
 fotosintezė, 92–93
 Franklinas, Bendžaminas (Franklin,
 Benjamin), 84, 183, 273–274
 frontalinės sistemos, 245, 259–260

G

Gei-Liusakas, Lui Žozefas (Gay-Lussac,
 Joseph-Louis), 187–188, 202

garas

ankstyvojoje Žemės atmosferoje,
 28–29

balionuose, 179–180, 185–186

Džeimso Vato varikliai, 116, 149,
 152–160, 155, 173, 237–238, 240,
 305

gamybai reikalinga energija,
 153–154

garo mašina, 149–150, 152–160,
 167, 203–205, 304, 305, 305

ir garinimas, 39–40

ir ugnikalnių išsiveržimai, 32
 Tomo Niukameno variklis, 149,
 152–153, 156–157, 240–241

garavimas, 40–41, 204–205, 207–208,
 216–217

ir šiltnamio efektą sukeliančios
 dujos, 383–384, 318–319

garsas. *Dar žr.* akustika

ugnikalnių išsiveržimų, 36–37, 41

garso kanalai, 266–269

garso refrakcija, 267

„garstyčių dujos“, 65–66, 299

geležis

hemoglobine, 108

ir plieno gamyba, 170–173, 175

ir Saulės sistemos susidarymas, 26

ir Žemės atmosferos evoliucija, 31,
 93–95

ir Žemės formavimasis, 27

jos oksidacija, 76–77, 301

prasta tilto per Tėjaus upę kokybė,
 174–175

gydymas karvidėje, 120–122

gyvybė

ir azoto gamyba, 50, 53–55, 93, 297

ir deguonies gamyba, 19, 99–97,
 318–319

ir klimato kaita, 273–277, 283–284

ir ozonas, 267, 272–273

ir Žemės atmosferos evoliucija, 19
 jos atsiradimas, 17, 273

nežemiška, 273–277, 279–281, 317,
 318

gyvsidabrio cianidas, 83–84

gyvsidabris, 27, 193–195

Greivesas, Alvinas (Graves, Albin),
 221–222, 233

Greives, Elizabet (Graves, Elizabeth),
 222, 233

guanas, 54–56, 297–299

Gerickė, fon, Otas (Guericke von, Otto),
 145–150, 148, 157

Guinness Brewing Co. 58, 237

H

Haber, Klara (Clara), 62, 65, 71
 Haberis, Fricas (Haber, Fritz)
 ir amoniako / azoto gamyba,
 50–52, 51, 55–59, 61, 67, 68, 71
 jo mirtis, 70–72
 Heizenbergas, Verneris (Heisenberg,
 Werner), 315
 helis (He)
 ankstyvojoje Žemės atmosferoje,
 27–28, 42
 balionuose, 186–187
 egzoplanetose, 279–280
 ir branduoliniai ginklai, 233
 ir jo molekulių sklaida atmosferoje,
 177, 177
 jo atradimas, 197–198, 278, 308,
 319
 jo skleidžiama šviesa, 278
 jo suskystinimas, 313
 Helmontas, van, Žanas Baptista
 (Helmont, van, Jan Baptista) , 80, 98
 hemoglobinas, 108–109, 306
 Heronas iš Aleksandrijos, 304, 305
 Heršelis, Viljamas (Herschel, William),
 155, 273–274, 275
 hipochlorinė rūgštis (HClO), 64
 Hiroshima, Japonija, 42, 215, 217, 221,
 225, 227, 269, 312
 Hitleris, Adolfas, 69–72, 102
 Hukas, Robertas (Hooke, Robert), 108,
 244
I, Y
 infraraudonieji spinduliai, 281–282

Ipras (Prancūzija) , 64, 64
 išsiveržimai Jeloustoune, 42, 293, 295,
 296
 itin šaltas vanduo, 246, 247–248, 249,
 251, 256

J

jodas-131 (I), 211, 211 , 231–232
 juoko dujos. Žr. azoto oksidas (N₂O)
 Jupiteris, 26, 276
 Jurgis III (Anglijos karalius), 100

K

kalcio hidroksiapatitas, 41
 kalcis, 123, 228, 285
 kalis, 123, 229,
 kalis-40, 229, 279
 kaltinė geležis, 170–171, 172, 174
 Dar žr. geležis
 Kamučinis, Vincentas (Camuccini,
 Vincenzo), 12
 karštis. Žr. temperatūra
 Karteris, Džimis (Carter, Jimmy), 39
 katalizatorius, 56–57, 58–59
 Kavendišas, Henris (Cavendish, Henry),
 82–83, 91–92, 180, 193
 ketus, 170–174, 175
 Dar žr. geležis
 kietųjų medžiagų palyginimas su
 skysčiais ir dujomis, 26–27, 69, 153,
 238
 klimato inžinerija 285–286,
 klimato kaita, 283, 285–286
 Klodas, Žoržas (Claude, Georges), 207
 koksas, 170

Kolridžas, Samjuelis Teiloras

(Coleridge, Samuel Taylor), 119, 123, 124

kometos, 28–29, 286–287, 319

kompiuteriai ir meteorologija, 256–263, 258, 264

kosminiai spinduliai, 222–230

kosmoso kolonizavimas, 17, 288–291

Krakatau (ugnikalnis), 42, 286, 316

kraujotaka, 107–108

kriptonas, 197–198, 200–207

krūtinės ląstos rentgenogramos

ksononas, 198, 206

kvantinė mechanika, 202

kvėpavimas

Antuano Lorano Lavuazjė vykdyti

kvėpavimo tyrimai, 89–91, 90

ir CO₂, 80–81

ir cheminis ginklas, 64, 66

ir dujų molekulių sklaida

atmosferoje, 9–10, 12–15, 21, 44,

49, 73, 104, 113, 139, 145, 168,

177, 203

ir deguonis, 89–90, 96–98

ir gamtinis radioaktyvumas,

229–230

kaip degimas, 79, 86, 90–91, 107–

108, 203

ir kraujotaka, 9, 12–16, 21, 44,

49, 73, 104, 113, 139, 145, 168, 177,

203, 211, 235, 243, 264

ir radioaktyviosios dulkės, 214–215

paskutinis Cezario atodūsis, 7–16,

41–42, 291, 351

L

laisvieji radikalai, 93–94

Lengmiuras, Irvingas (Langmuir, Irving), 243–253, 247, 255, 257

lava

ir ankstyvoji Žemės atmosfera, 27–28

Lavuazjė, Ana Mari (Lavoisier, Anne-Marie), 86–88, 90–91

Lavuazjė, Antuanas Loranas (Lavoisier, Antoine-Laurent)

ir deguonies atradimas, 78–79,

82–83, 84, 85–86, 89–91, 97–102

ir dujų dėsniai, 186–190

ir masės tvermės dėsnis, 91, 93

ir metalų lydymas, 74–75, 76–77

ir mokesčių administravimo

bendrovė „Ferme Générale“, 87, 91, 101–102

ir parakas, 301

ir Prancūzijos revoliucija, 99–100

jo mirtis, 87, 102–103

jo pomėgis deginti deimantus

pasitelkus saulės šviesą, 87, 87

jo vykdyti dujų tyrimai, 87–88,

91–92, 178–179, 181–182, 192–193

ledo kristalai ir lietaus prišaukimas,

246–247, 247, 249, 250–251

Ljuisas, Džordžas (Lewes, George),

105–106, 108–110

Liudvikas Pilypas (Prancūzijos

karalius), 135

Liudvikas XVI (Prancūzijos karalius),

181

lietaus prišaukimas, 243–258

Longas, Kroufordas (Long, Crawford),
133–134

Lorencas, Edvardas (Lorenz, Edward),
259–163

Los Alamosas (Naujoji Meksika), 216,
218–221

M

Makarturas, Duglas (MacArthur,
Douglas), 218

magma, 28–29, 30–33, 35

magnis, 123, 193–198

„Makbetas“ (Šekspyras), 169, 306

„Manhatano projektas“, 60, 211, 215,
217–222,

Marsas, 274–275, 282, 286–287, 343

masės tvermės dėsnis, 91, 93

Maksvelas, Džeimsas Klarkas (Maxwell,
James Clerk), 201, 291

Makgonagalas, Viljamas Topazas
(MacGonagall, William Topaz),
168–170, 169, 170, 175, 306

mėlyna dangaus spalva, 200

melsvabakterės, 92–94

Mendelejevas, Dmitrijus, 197, 198–199,
308

mėnulis (Luna), 28–31, 94, 273–275,
286–287, 319

mėšlas, 55–56

metalo pjovimas ir suvirinimas, 73–77,
89–90, 301

metanas (CH_4)

egzoplanetose, 280

ir anglių dujos, 223

ir apšvietimas, 203–204, 206–207

ir deguonis, 95

ir metalo pjovimas bei

suvirinimas, 74–75

ir meteorizmas, 142–144

ir molekulių sklaida atmosferoje,
73, 73

ir nežemiška gyvybė, 277

ir šaldymas, 235–236, 238–240

ir šilumos absorbcija, 282–284, 318

metanolis, 240

metantiolis (CH_3SH), 139, 139,
143–144, 310

meteorizmas, 17–18, 108–109, 140–145,
304, 317

meteorologija

Džeimso Espio eksperimentai, 245,
248, 254

ir chaoso teorija, 202, 263

ir idealiųjų dujų dėsnis, 245, 248,
254, 314–315

ir radioaktyviosios dulkės,
233–234

Irvingo Langmuiro orų valdymo
eksperimentai, 243–253, 247, 255,
257

orų prognozavimas, 256–262, 257,
258, 264–267, 265

projektas „Cirrus“, 250–253

projektas „Popajus“,

metilo chloridas, 237–239

mineralų susidarymas

ir deguonis, 95–96

mitochondrijos, 95

Mongolfjė, Žakas Etjenas (Montgolfier,
Jacques-Étienne), 178–179, 181–182,
187, 191, 307

Mongolfjė, Žozefas Mišelis
(Joseph-Michel), 177–180, 181–182,
187, 191, 307
Mortonas, Viljamas (Morton, William),
124, 126–133, 127, 303
Merdokas, Viljamas (Murdoch, William),
159, 204–205

N

Nagasaki, Japonija, 213, 215, 217, 221,
227
natrio chloridas, 30
natris
ir apšvietimas, 207, 278
ir šaldymas, 240
jo atradimas, 123, 302
neatpažinti skraidantys objektai, 265,
268, 270
neonas, 198, 207, 278
Nernstas, Valteris (Nernst, Walther), 52,
56, 57, 63, 70
neutronai branduolinėse reakcijose,
216, 219–220, 221, 227–228,
241–242
Niukomenas, Tomas (Newcomen, Thom),
149, 152–155, 157, 240,
nežemiška gyvybė, 273–277, 279–281,
317, 318
nežemiškos atmosferos
egzoplanetose, 276–281, 278,
289–291
ir argonas, 194, 279
ir kosmoso kolonizavimas, 17–18,
288–291
ir nežemiškos gyvybės formos,
273–274,

Marse, 274–276, 282, 286, 305, 319
Veneroje, 274, 275–276, 282, 284,
305, 317, 318
nežemiškos gyvybės formos, 273–277,
279–281, 318
Nioso ežeras Kamerūne, 42–48, 46
nitrogenazė, 54, 94
nitroglicerinas, 107, 160–164, 166–167,
306
Nobelis, Alfredas (Nobel, Alfred),
161–167, 163, 199, 217, 232
Nobelis, Imanuelis (Immanuel), 161
Nobelis, Oskaras Emilis (Oscar-Emil),
178
Nobelio premijos, 166, 199

O

odontologija, 126–127, 129, 135
oganesonas, 308
oksidacija, 76–77, 89, 300
Openheimeris, Robertas (Oppenheimer,
Robert), 217, 310, 311
orai
Žr. meteorologija
oras
Žr. Žemės atmosfera; nežemiškos
atmosferos; dujos
oro slėgis
ankstyvojoje Žemės atmosferoje,
26–28
ir meteorizmas, 317
ir meteorologija, 246, 250–251, 258
ir vakuumo galia, 146–151, 152
Veneroje, 276, 305
osmis, 57, 58

ozonas (O_3), 264, 264, 267–268, 272,
279, 283, 289

P

parakas, 159, 161, 164–165, 301
paslėptoji šiluma, 154, 238, 245, 252
pastoviosios dujos, 236, 313
Pelas, Kleibornas (Pell, Claiborne), 255
periodinė cheminių elementų lentelė,
17, 27–28, 58–59, 79, 196–199, 228,
279, 308

Petis, Viljamas (Petty, William)
(Šelburno lordas) 85

Piktė, Raulis (Pictet, Raoul), 313

Pilatras de Rozjė, Žanas Fransua
(Pilâtre de Rozier, Jean-François), 182,
184

„Pilnaties draugija“, 98, 116, 203

Pirmasis pasaulinis karas, 10, 62–64,
64, 69–70, 144, 199, 228, 309

Plankas, Maksas (Planck, Max), 70
platina, 288

plazma, 217, 275

plienas, 167, 170–174, 175

plutonis, 216, 218–219, 221, 223, 224,
227, 232, 310

Pneumatikos institutas, 118–123

polonis, 216

popkultūra ir branduoliniai
bandymai, 229, 312

pramonės perversmas, 17, 146, 157,
159, 167, 203, 282

Pristlis, Džozefas (Priestley, Joseph)
ir deguonies atradimas, 78–79,
82–83, 84, 85–86, 89–91, 97–102

ir Džeimsas Vatas, 155

ir „Pilnaties draugija“, 116, 155, 203
ir Prancūzijos revoliucija, 98–99,
100–101

jo vykdyti dujų tyrimai, 84–86,
100–101, 197–198, 200, 301

kaip pašaipų objektas, 83–84, 122
„Pristlio riaušės“, 98–100, 99

projektas „Audros šėlsmas“, 148, 150,
154

projektas „Cirrus“, 250–253

projektas „Gūbrys“, 269–272, 272

projektas „Popajus“, 254–256

Piužolis, Džozefas (Pujol, Joseph),
(„Pirdalius“), 140–144, 141

R

radioaktyviosios dulkės

Žr. branduoliniai ginklai

radioaktyvumas

Dar žr. branduoliniai ginklai ir
branduolinis bandymas „Baker“,
223–224

gamtiniai šaltiniai, 229–230

ir augalai, 228–231

ir bakterija D. radiodurans, 277

ir mirtini nelaimingi atsitikimai,
218–223, 226, 232–233

ir operacija „Kryžkelė“, 214–216,
231

ir vėžys, 227–228, 230

jo pavojų nepaisymas, 217–219,
222–223, 310–311

plutonio, 215–216, 219, 221–222,
224–225

- radioaktyviosiose dulkėse,
228–232
- radonas, 190, 198–199, 229–230
- Rei, Diksi Li (Ray, Dixy Lee), 35, 36
- Ramzis, Viljamas (Ramsay, William),
193–199, 194, 202, 308
- reliatyvumo teorija, 240–242, 308
- religija ir nežemiška gyvybė,
317–318
- Ričardsonas, Luisas Frajus (Richardson,
Lewis Fry), 257–260, 258, 263
- Robertas, Anas Žanas (Robert,
Anne-Jean), 181, 182
- Robertas, Nikolas Lui (Nicolas-Louis),
181, 182
- Rosvelis, Naujoji Meksika, 17, 264–267,
268, 272, 273
- rūdys, 76–77, 301
- rūgštusis lietus, 283–284
- S**
- sąmonė ir anestezija, 136–138
- Saturnas, 26, 276
- saulė, 26, 233, 275, 279, 287, 291, 317
- Saulės sistemos susidarymas, 26–27,
29, 287
- saulės šviesa, 92–93, 201–202, 281, 287,
318
- Saulės vėjas, 27, 273–274
- sausasis ledas, 243, 246–247, 249, 251
- savaiminis žmogaus degimas, 17,
104–105, 106, 108–110
- Seiveris, Tomas (Savery, Thomas),
150–152, 239
- sėjomaina, 54–55
- sidabro jodidas (AgI), 244, 244, 249,
251, 252–253
- siera
- ir anaerobinės bakterijos, 92
- ir anglių dujos, 205
- ir parakas, 159
- iš ugnikalnių, 38, 46, 92
- kaip cheminis ginklas, 62–63
- nitrogenazėje, 54
- pragare, 316–317
- reakcija su argonu, 196
- sieros dioksidas (SO₂), 21, 21, 28, 32,
35, 89, 238, 284–286, 297
- sieros rūgštis, 181, 192–193
- Silardas, Leo (Szilard, Leo), 135–136,
238–242, 239
- silicis, 26, 30–31
- Simpsonas, Džeimsas (Simpson, James),
133–134
- sintetinis benzinas, 69–70
- skysčiai, 69, 107–108, 150, 185,
259–260, 315
- skysčių lakumas, 128, 129–130, 134
- skysčių palyginimas su dujomis ir
kietosiomis medžiagomis, 26–27,
69, 153–154, 237–238
- skysčių poliškumas ir lakumas, 128,
134
- skrydis
- Žr. žmogaus skrydis
- slėginis vandens šaldymas, 240
- slėgis
- ir amoniako gamyba, 56–57, 58–60
- ir dujų transformacija, 27
- ir nitroglicerino sprogimas, 162

ir vandens pumpavimas, 151–152
 Marso atmosferoje, 275
 slėgio, temperatūros ir tūrio
 santykis dujose, 27, 28–29, 33, 140,
 186–190, 288
 Sobreras, Askanijas (Sobrero, Ascanio),
 159–160
 sprogdinimo vietos, 162
 sprogdinimo
 dinamitas, 163–165, 217–218
 ir amoniakas, 61–62
 ir nitroglicerinas, 107, 160–164,
 166–167, 306
 ir pramonės perversmas, 167
 parakas, 159, 161–162, 164–165,
 301
 stratosfera, 188, 240, 264, 231
 stroncis, 123, 211, 11, 228
 Strutas, Džonas Viljamas, lordas Reilis
 (Strutt, John William, Lord Rayleigh),
 191–197, 194, 199–201, 309
 suvirinimas 73–77, 89–90, 301

Š

Šelė, Karlas (Scheele, Carl), 83, 86, 91
 šaldymas
 absorbcinis šaldymas, 380–240
 Alberto Einšteino darbai, 17, 235–
 236, 238–240, 241
 ir azoto arba amoniako gamyba,
 58–59
 ir branduoliniai ginklai, 235
 ir chlorfluorangliavandeniliai, 241,
 349
 ir dujų suspaudimas /
 suskystinimas, 235–240

Šaferis, Vincentas (Schaefer, Vincent),
 246–247, 247
 „Šalti namai“ (*Bleak House*), Čarlzas
 Dikensas, 104–108, 106, 109
 Šarlis, Žakas (Charles- Jacques), 178, 181,
 202
 Šekspyras, Viljamas (Shakespeare,
 William), 169, 306
 šiltnamio efektą sukeliančios dujos,
 95, 276–278, 281–285, 318
 Dar žr. konkrečias dujas
 širdies ligos ir nitroglicerinas, 166–167
 Šv. Elenos kalnas, Vašingtonas
 jo išsiveržimai, 22, 24–25, 31,
 36–42, 37, 38, 39, 40, 291, 293
 evakuacijos prieš išsiveržimą,
 33–36
 Hario R. Trumeno patirtis, 18–31,
 33–37, 39–42, 295,

T

Tambora, 42, 286
 tarša, 165, 207, 280–281, 283–284,
 tauriosios dujos, 193–194, 198–200,
 203, 206–207, 229–230, 308
 Tėja, 29
 tektoninės plokštės, 31–32
 temperatūra
 CO₂ išsiveržimas Nioso ežere, 46
 danguje ir pragare, 316–317
 ir akustika, 266–269
 ir amoniako arba azoto gamyba,
 52, 56–57, 60
 ir apšvietimas, 61
 ir dujų suskystinimas, 235–237

ir dujų transformacija, 27, 28–29, 31
 ir emisijos / absorbcijos spektrai, 279
 ir lietaus prišaukimas, 246
 ir medžiagos būseną, 91–92, 153–154
 ir šiltnamio efektą sukeliančios dujos, 282, 318
 ir tektoninės plokštės, 32
 Saulės, 287–288
 slėgio, temperatūros ir tūrio santykis dujose, 27, 28–29, 33, 140, 186–190, 288
 teraformavimas, 286–288, 319
 tiltas per Tėjaus upę
 Toro, Henris Deividas (Thoreau, Henry David), 304
 trąšos, 53–56, 58–59, 61, 67, 71–72, 297–299
 traukos jėga
 ir vandenilio balionai, 186
 ir lietaus prišaukimas, 248–249
 ir Saulės sistemos susidarymas, 26–27, 29
 ir vakuuminis vandens siurbimas, 150–152, 304
 Truman, Edna (Edè), 24–25,
 Trumenas, Haris Rendalas (Truman, Harry Randall), 22–25, 23, 31, 33–36, 39–42, 291
 turbulencija, 259, 262, 315
 tūrio, slėgio ir temperatūros santykis dujose, 27, 28–29, 33, 140, 186–190, 288

U

ugnikalniai

Dar žr. konkrečius ugnikalnius egzoplanetose, 279–280
 ir azoto gamyba, 50, 53, 331
 ir CO₂ išsiveržimas Nioso ežere, 46
 ir gyvybės atsiradimas, 92–93
 ir Marso atmosfera, 275–276
 ir sieros dioksidas, 279
 ir Veneros atmosfera, 276
 ir Žemės atmosferos susidarymas, 11, 19, 27–28, 29–30, 42, 48, 50, 52–54, 275–276
 išsiveržimai Islandijoje, 297
 karštų garų sprogdimas, 40–41
 siera iš ugnikalnių, 38, 46, 92
 ultravioletiniai spinduliai, 268, 272–273, 279
 uraganai, 248, 254–257, 262–263
 uranas, 197, 215, 241, 310

V

vakuumas

ir elektros lemputės, 206–207
 ir meteorizmas, 141
 ir oro slėgis, 146–150, 152–153
 ir skysčių plūdrumas, 186
 ir subatominės dalelės, 304
 ir šaldymas, 240
 ir vandens pumpavimas, 150–153, 305
 kosmose, 288–289
 Oto fon Gerickės vakuumo tyrimai, 145–149, 148, 157
 vandenilio sulfidas (H₂S), 21, 21, 27, 32

- ir Adolfas Hitleris, 69–70
- ir Albertas Einšteinas, 61, 70
- ir cheminis ginklas, 62–67, 70–71, 96, 227–228, 299
- vandenilis (H_2)
 - balionuose , 180–182, 183, 186–187
 - egzoplanetose, 279–280
 - gyvybės formų svorio procentais, 50
 - ir amoniako gamyba, 52, 56–57, 60
 - ir anglių dujos, 203–204
 - ir apšvietimas, 227–228, 278
 - ir branduoliniai ginklai, 232–233
 - ir idealiųjų dujų dėsnis, 189–190
 - ir kosmoso kolonizavimas, 279–280
 - ir meteorizmas, 142–143
 - ir Saulės sistemos susidarymas, 26–27, 29, 287
 - ir šaldymas, 235–236
 - jo atradimas, 81–82, 85
 - jo reakcija su argonu, 196
 - vandenilio poliškumas, 128
- vandenyno garso kanalai, 351
- vandens garai, 27, 40, 245–246, 248–249, 263, 275–276, 278–279, 282, 283–284
- vanduo (H_2O)
 - asteroiduose, 287–288
 - plūduriavimo jėga, 185
 - ir CO_2 , 28–29
 - mašinoms varyti, 150, 304–305
 - ir nežemiška gyvybė, 277
 - susidaręs iš degiųjų dujų, 82–83, 91
 - ir šiltnamio efektą sukeliančios dujos, 282
 - ir jo molekulių sklaida atmosferoje, 145, 145
 - O–H jungtys, 150–152,
 - jo molekulių poliškumas, 128
 - pumpavimas, 150–152, 246, 249, 251, 256
 - ir rūdys, 301
 - itin šaltas, 246
- varis, 192–193,
- Vat, Džesė (Watt, Jessie), 116, 155, 156, 304–305
- Vatas, Džonas (Watt, James)
 - ir „Pilnaties draugija“, 98, 116
 - ir arklio galių standartas, 158–159
 - ir garo varikliai, 115–116, 149, 151–152, 156, 173, 205, 238, 240,
 - ir meteorologija, 244
 - ir patentų teisės, 159
 - ir Pneumatikos institutas, 116–117
- Venera, 274, 276, 282, 284, 305
- Vezuvijaus kalnas, 39
- vėžys, 226, 230–232
- Vietnamo karas, 254–256
- virškinimas, 142–143
- visuotinis atšilimas, 282–283
- Vokietija , 53, 55, 56, 58, 61–72, 199, 241
- volframo karbidas, 219, 243
- Vonegut, Bernardas (Vonnegut, Bernard), 249–250, 247
- vulkaniniai pelenai, 36, 38
- Vorenas, Džonas (Warren, John), 129–132
- Vėgeneris, Alfredas (Wegener, Alfred), 31

Velsas, Horacijus (Wells, Horace),
125–125, 133, 134–135

žmogaus skrydis, 17, 178–184,
186–188, 202

žvakės, 204–206

Žansenas, Žiulis (Janssen, Jules), 308

Z, Ž

Zlotinas, Luisas (Slotin, Louis) 216,
220–223, 227, 263,

žaibas, 53–54

Žemės atmosfera

jos akustika, 184, 266–269, 315

ir chlorfluorangliavandeniliai,
241–242, 313–315

ir klimato inžinerija, 285–286

ir kosminiai spinduliai, 229–231

ir jos evoliucija, 17, 19, 27–28,

30–31, 42, 48, 53–54, 73, 79–80,

92–97, 111, 275–276, 282, 283, 297

ir žmogaus sukelti pokyčiai, 209–
211, 273

jos sluoksniai, 188–189

ir dujų molekulių sklaida joje, 10,

12–15, 21, 21, 44, 49, 73, 104, 113,

139, 145, 168, 177, 203, 211, 235,

243, 264

ir radioaktyviosios dulkės,

227–228

ir mėlyna dangaus spalva, 201–202,

285–286, 291, 309

ir jos garso kanalai, 266–270, 315,

325

ir kosmoso kolonizavimas,

288–291

molekulių greitis likutinėse dujose,

26, 27–28

žemės drebėjimai, 34–36

žemynų dreifas, 31–32

Sam Kean

Paskutinis Cezario atodūsis

Mus supančio oro paslaptys

Redaktorė ir korektorė *Regina Dobelienė*

Maketuotojas *Ernestas Vinickas*

Viršelio dailininkė *Eglė Raubaitė*

Išleido leidykla „Eugrimas“, Žalgirio 88, LT-09303 Vilnius
Tel. (8 5) 273 3955, el. p. info@eugrimas.lt, www.eugrimas.lt

Spausdino AB „Spauda“, Laisvės pr. 60, LT-05120, Vilnius

Tiražas 2000 egz.