

MAX BROCKMAN este agent literar la Brockman, Inc., care gestionează drepturile de autor pentru diverși scriitori și oameni de știință, printre care Richard Dawkins. A absolvit Universitatea din Pennsylvania în 2002, locuiește la New York și a editat mai multe antologii de popularizare a științei. În afară de antologia de față, a conceput și editat volumul *What's Next? Dispatches on the Future of Science: Original Essays from a New Generation of Scientists* (2009).

antologie coordonată de

Max Brockman

ȘTIINȚA VIITORULUI

Traducere din limba engleză

VASILE MITU

ANTICIPATIA

ne învață că studiul diferențelor dintr-un grup este unul dintre cele mai sensibile, deopotrivă pentru oamenii de știință și pentru societate. Un real progres în înțelegerea diversității umane vine doar odată cu rezistența neclintită în fața tendinței umane către etnocentrism și a demonizării diferențelor.

Ceea ce e cu adevărat reconfortant în domeniul neuroștiinței culturale – un domeniu care abia înmugurește – este potențialul pe care ni-l oferă pentru a atenua anxietățile trecutului și ale prezentului provocate de diversitatea umană. Prin noile descoperiri ale științei, învățăm permanent că diversitatea umană este, probabil, cel mai prețios dar – oamenii se reinventează mereu și mereu, în maniere ce le permit adaptarea la mediul cultural cu care vin în contact direct. Remodelarea ideilor noastre despre diferențele umane ne va îngădui nu numai să clădim o știință interdisciplinară a diversității umane cu adevărat luminată, dar și să direcționăm această cunoaștere către rezolvarea unora dintre cele mai stringente probleme globale legate de sănătate ale vremurilor noastre.

Cuprins

Prefață.....	7
Mulțumiri.....	9
<i>În pragul unei noi ere: explorarea oceanelor</i> , de KEVIN P. HAND	11
<i>Când copiii ne întind o mână</i> , de FELIX WARNEKEN	23
<i>„Cut“ și „paste“ la nivel molecular. Noua generație de instrumente biologice</i> , de WILLIAM MCEWAN.....	35
<i>Pasul următor. Infinitul</i> , de ANTHONY AGUIRRE.....	43
<i>Creșterea, natura și stresul pe care-l provoacă viața</i> , de DANIELA KAUFER și DARLENE FRANCIS.....	57
<i>Ce ne învață seturile imense de date despre societate și despre noi înșine?</i> de JON KLEINBERG.....	71
<i>Despre universalitatea atractivității</i> , de COREN APICELLA.....	85
<i>A greși e în firea primatelor</i> , de LAURIE R. SANTOS	97
<i>Creierul nostru știe de ce facem ceea ce facem</i> , de SAMUEL M. MCCLURE	109
<i>E nevoie de rușine?</i> de JENNIFER JACQUET	121
<i>Imunitatea plantelor într-o lume în schimbare</i> , de KIRSTEN BOMBLIES	133
<i>Nașterea comunicării audiovizuale umane</i> , de ASIF A. GHAZANFAR	145
<i>De ce ne doare când suntem respinși</i> , de NAOMI I. EISENBERGER	157
<i>Mintea și locul ei în corp</i> , de JOSHUA KNOBE.....	169
<i>Ar trebui oare legea să depindă de noroc?</i> de FIERY CUSHMAN.....	179
<i>Cum citim judecata morală a oamenilor</i> , de LIANE YOUNG.....	189
<i>Ce ciudat sunt!</i> de DANIEL HAUN	201
<i>De unde vine diversitatea oamenilor?</i> de JOAN Y. CHIAO	213

ÎN PRAGUL UNEI NOI ERE: EXPLORAREA OCEANELOR

Kevin P. Hand

KEVIN P. HAND este planetolog și astrobiolog la Jet Propulsion Laboratory din Pasadena, California; are doctoratul în fizică la Dartmouth College (1998), masteratul în inginerie mecanică la Stanford University (2002) și doctoratul în geologie și știința mediului la Stanford (2007). Cercetările sale sunt centrate pe originea, evoluția și răspândirea vieții în sistemul solar și implică deopotrivă modelarea numerică și experimente legate de fizica și chimia sateliților înghețați din sistemul solar extern; o atenție deosebită o acordă satelitului planetei Jupiter, Europa.

Speranța mea e să mă văd, într-o zi senină din primăvara anului 2020, privind o rachetă ce așteaptă pe rampa de lansare și ascultând numărătoarea inversă. Pasagerul pe care îl poartă acea rachetă va fi o navă spațială robotizată, care va reprezenta, printre altele, una dintre cele mai avansate și extraordinare cuceriri ale tehnologiei create vreodată de om. Pasagerul va suporta o călătorie dură, de jumătate de an, în drumul său către destinația finală – înscrierea pe orbita Europei, cel de-al șaselea satelit al lui Jupiter. Ținta sa va fi, nici mai mult, nici mai

puțin, decât să stabilească dacă există condiții de locuit într-un ocean ce conține un volum de două sau de trei ori mai mare decât toată apa în stare lichidă de pe Pământ la un loc. Oceanul de pe Europa, ca și oceanele noastre, există de o perioadă ce ocupă o bună parte din istoria sistemului nostru solar. Este un ocean care ar putea răspunde la una din întrebările cele mai vechi pe care oamenii și le-au pus vreodată: oare există viață în afara Pământului?

Această misiune marchează începutul unei noi ere a explorărilor. O mare parte din istoria noastră am fost exploratori ai continentelor – ocupați să examinăm stânci și zone apte de a fi locuite; totul a culminat cu epoca eroică a explorării Antarcticii, iar cheia de boltă au fost steagurile și urmele de pași pe care le-am lăsat pe suprafața Lunii. Însă în deceniile și secolele ce vor urma, explorarea (atât cea umană, cât și cea robotizată) se va concentra tot mai mult asupra adâncurilor oceanului – ale oceanelor noastre, dar și ale oceanelor de suprafață despre care presupunem că există pe cel puțin cinci dintre sateliții sistemului solar extern: Europa, Ganymede și Callisto (sateliți ai lui Jupiter) sau Titan și Enceladus (sateliți ai lui Saturn). Se estimează că volumul total de apă lichidă din aceste lumi ar fi de peste o sută de ori mai mare decât volumul apei lichide de pe Pământ.

Noua eră a explorărilor oceanice va fi propulsată pe de o parte de nevoia de a înțelege mai bine delicatul echilibru al condițiilor ce fac ca Pământul să fie locuibil, iar pe de altă parte de dorința de a afla dacă lumile îndepărtate ale sistemului nostru solar (dar și cele din afara granițelor lui) sunt sau nu locuibile – și dacă nu cumva au deja locuitorii lor. Este un efort ce se va bucura de contribuția întreprinzătorilor privați și a inventatorilor și în același timp de inițiative la scară largă din partea NASA și a Fundației Naționale pentru Știință (NSF). NASA proiectează vehicule autonome care vor topi gheața de la suprafață și o vor străpunge pentru a explora aceste oceane îndepărtate, ajutându-se de o inteligență artificială foarte avansată. Astfel de misiuni sunt încă la multe decenii distanță de momentul lansării, însă cele care astăzi le premerg – unele finanțate de NSF, altele de întreprinzători – explorează,

sprijinite de o înaltă tehnologie, oceanele Pământului, descoperind forme bizare de viață la adâncimi ametoitoare sub suprafața apei.

Totuși, dincolo de perspectiva de a găsi, în astfel de lumi oceanice precum Europa, apă în stare lichidă, care ar fi motivul pentru care ele exercită o fascinație irezistibilă asupra astrobiologiei? Pământul nu a fost un loc deosebit de propice apariției vieții, în pofida dovezilor substanțiale ce susțin contrarul. Principalele ingrediente ale vieții, așa cum o cunoaștem noi, sunt mult mai ușor de găsit în colțuri îndepărtate ale sistemului solar. Motivul îl aflăm în perioada timpurie a formării planetelor, când în jurul Soarelui lua naștere discul primordial alcătuit din gaz și praf, componente care s-au separat apoi din ce în ce mai clar, sub acțiunea căldurii, a gravitației și a vântului solar. Materialele grele s-au condensat, devenind încet-încet conglomerate și mai târziu planetele sistemului solar, în timp ce materialele mai ușoare au ajuns în final să „înghețe” în regiunile îndepărtate și reci. Apa, dioxidul de carbon, metanul, amoniacul și azotul sunt compuși ușori, volatili; ele s-au copt la temperatura sistemului solar intern și s-au condensat apoi, devenind giganticele planete de gaze cu sateliții lor. Acești compuși sunt materia primă a vieții.

Multă vreme, pentru planetologi a fost un mister cum de avem pe Pământ un ocean atât de întins. Date fiind localizarea și istoria formării sale, Pământul ar trebui să fie o lume considerabil mai uscată și mai puțin bogată în compuși volatili. Conform variantei general acceptate ca soluție a acestui puzzle, după epoca formării planetei, cometele ce s-au izbit de Pământ au eliberat aici apă și alți compuși volatili. Într-adevăr, se prea poate ca, la fiecare pahar pe care îl bem, circa jumătate din apă să provină din comete. Unele dovezi în sprijinul unei asemenea ipoteze ne-au parvenit în urma studierii comportamentului în apă al izotopilor hidrogenului – izotopi ce au servit drept amprente pentru identificarea sursei inițiale a apei. Faptul că știința e atât de interesată de comete se datorează, în bună parte, dorinței de a înțelege mai bine modul în care aceste corpuri au contribuit la a face din planeta Pământ o lume locuibilă.

Respect pentru camera de citire

Așadar, este posibil ca lumile oceanice acoperite de gheață din sistemul solar extern să adăpostească apă în stare lichidă și materie primă pentru viață. O cantitate semnificativă din apa prezentă în sistemul solar extern este sub formă de gheață, dar există și apă lichidă. Pe Europa, de pildă, avem dovezi clare despre existența unui ocean de apă lichidă la nivelul întregii planete, adânc de circa 100 de kilometri și care stă sub o crustă de gheață groasă, se pare, de până la 20 de kilometri. Este o cantitate imensă de apă și, dacă am învățat ceva despre viața pe Pământ, atunci știm că acolo unde găsim apă lichidă în general găsim viață.

Cum de există asemenea oceane? Cum de nu s-au transformat toate în gheață în astfel de lumi mărunte și reci? Primul lucru care trebuie să ne atragă atenția este un mic, dar miraculos amănunt: gheața plutește. Dacă gheața nu ar pluti, foarte probabil acele oceane ar fi înghețat până la unul. Dar gheața plutește și joacă rolul unei păături termice, astfel încât toată căldura care se produce în interiorul acestor lumi poate servi la menținerea oceanelor de apă lichidă. Pe Europa – ca și pe Pământ – o parte din căldura internă este generată de dezintegrarea radioactivă a elementelor grele din mantaua de rocă suboceanică. O sursă de energie încă mai substanțială ar putea fi însă forțele ce acționează în direcții contrare, ca o maree, asupra Europei în timp ce satelitul orbitează în jurul lui Jupiter. Foarte probabil, dezintegrarea radioactivă și energia mareică servesc, în diverse combinații, ca principal mecanism intern de încălzire pentru mulți dintre sateliții îndepărtați ai sistemului solar.

Să înțelegem însă dovezile ce confirmă existența oceanelor pe respectivii sateliți e o treabă ceva mai complicată. Firește, crustele de gheață ce acoperă suprafața ne împiedică să avem imagini de pe orbită ale oceanelor. Fără îndoială, puzderia de fisuri în gheață și prăbușirile din solul unora dintre sateliți ne duc cu gândul la aisbergurile și banchizele de gheață din regiunile noastre polare. Dar astfel de fisuri e posibil să fi apărut cu milioane de ani în urmă. De unde știm că aceste oceane mai există și astăzi? În cazul sateliților Europa și Callisto, unele dintre dovezile cele mai concludente ne-au venit din cea mai neobișnuită sursă:

măsurarea, de pe nava cosmică *Galileo*, a schimbărilor în câmpurile magnetice din jurul acestor corpuri cerești. Datele obținute arată că niciunul dintre ei nu are un câmp magnetic atât de puternic precum cel al Pământului; câmpurile lor mai degrabă sunt induse de modificările ce apar permanent în câmpul magnetic al lui Jupiter, la fiecare zece ore, odată cu rotația planetei în jurul axei sale.

Pe același principiu se bazează funcționarea detectoarelor de metale din aeroporturi. Când intrați prin cadrul unui detector de metale, treceți, de fapt, printr-un câmp magnetic ce se modifică foarte rapid. Dacă aveți în buzunar un material conductor, el va determina inducerea unor curenți electrici, iar acești curenți vor da naștere unui câmp magnetic indus. Detectoarele încorporate în cadru sesizează câmpul indus și declanșează alarma. Ei bine, pe *Galileo* alarma s-a declanșat în principal la trecerea pe lângă Europa și Callisto. Observarea câmpurilor magnetice induse de pe acești sateliți indică prezența unui strat conductor la mică adâncime sub suprafață. Se știa (s-au obținut dovezi în acest sens) că stratul superior al solului lor este format, pe o adâncime de câțiva kilometri, din apă lichidă sau înghețată; observațiile asupra câmpului magnetic conduc la concluzia că sub suprafață se află oceane sărate de apă lichidă, întrucât gheața nu este nici pe departe suficient de conductibilă încât să explice prezența câmpului indus. Un alt lucru interesant: existența unor posibile miezuri feroase la mare adâncime nu explică nici ea datele obținute; zona conductibilă trebuie să fie situată aproape de suprafață.

Pentru a discerne oceanele din adâncul sateliților Europa și Callisto e nevoie de proceduri ce implică o fizică de un alt nivel; în alte situații însă nu trebuie decât să urmărim ceea ce se întâmplă la suprafața unei astfel de lumi. Este cazul lui Enceladus. Imaginile obținute de nava spațială *Cassini* (împreună cu alte informații) au evidențiat jeturi de apă – apă sărată, bogată în compuși organici – care sunt proiectate în spațiu. Nu avem, în acest moment, tabloul complet a ceea ce se întâmplă pe Enceladus, dar dovezile conduc la ideea că jeturile provin dintr-o mare situată sub suprafață, în zona Polului Sud.

Respect pentru oamenii și cărți

Avem acum motive solide să credem că cea mai mare parte din apa lichidă a sistemului solar se află sub suprafața acestor lumi înghețate, de la micul Enceladus (504 kilometri în diametru) și până la marele Ganymede (mai mare decât Mercur). Aceste oceane ar putea reprezenta rezerva de spațiu locuibil din sistemul nostru solar – așadar, oceanele acoperite de gheață ar putea constitui în general rezerva de spațiu locuibil a întregului univers. Sunt voci care susțin că lumi precum Pământul sunt rare; dar dacă ne luăm după indiciile pe care ni le furnizează sistemul nostru solar, atunci e posibil ca lumile cu oceane acoperite de gheață să fie limanuri ce abundă de viață.

Cum ar putea înflori însă un astfel de ecosistem? Cum poate exista viață într-un ocean acoperit de gheață, lipsit cu totul de căldura și lumina Soarelui? Pentru a răspunde la această întrebare, să ne întoarcem la adâncurile oceanelor noastre.

În istoria explorărilor umane oceanele de pe Pământ au avut, o lungă perioadă de timp, rolul pe care îl are acum spațiul cosmic. Lumea oceanică era tărâmul ce infierbânta imaginația oamenilor; publicul părea să aibă un nestăvilit apetit pentru istorisiri ce vorbeau despre ultimele călătorii pe mare și despre descoperirea unor creaturi bizare, fantastice, sau a unor civilizații necunoscute până atunci. Abisul, adâncul cel mai profund al oceanului – o regiune lipsită de lumina și căldura Soarelui și (așa se credea) fără vreo urmă de viață –, era necunoscut și, în principiu, ne-ar fi fost cu neputință să-l cunoaștem.

Însă în a doua jumătate a secolului al XVII-lea, această concepție a început să se schimbe. Expediții precum cea întreprinsă de vasul *Challenger*, al Marinei Imperiale Britanice, au reușit să dragheze oceanul cu plase de pescuit aruncate la mare adâncime și au adus de acolo mii de animale nemaivăzute până atunci. Vehiculele submersibile cu echipaj uman, inventate în primele decenii ale secolului XX, ne-au permis apoi să vedem cu propriii noștri ochi ce se întâmplă sub suprafața oceanului. În deceniile ce au urmat, explorarea adâncurilor mării a cunoscut un progres cu poticniri și salturi, susținut adesea nu atât de un interes științific, cât mai degrabă de dorința dominației militare asupra

mărilor. La începutul anilor '60, Statele Unite și-au revendicat această dominație odată cu coborârea batiscafului *Trieste* până la o adâncime de 11 000 de metri în Groapa Marianelor, cea mai adâncă zonă cunoscută din oceanul nostru. La cincizeci de ani după această reușită, în ciuda ritmului modest în care ne-am dezvoltat posibilitățile de explorare a adâncurilor, capacitatea științei de a înțelege oceanul și fundul mărilor a crescut spectaculos.

Între 1998 și 2008, flota de vehicule submersibile cu echipaj uman a Statelor Unite, alcătuită din vehicule operate de roboți (ROV) și vehicule submersibile autonome (AUV), a efectuat 231 de expediții – semnificativ mai numeroase în raport cu perioada 1960–1997. Făcând generoasa presupunere că fiecare din cele 231 de expediții a asigurat o sută de ore de explorări, ajungem la un total de aproape trei ani. Deși ar putea părea foarte mult, nu este deloc, dacă ne gândim la suprafața vastă pe care o ocupă zonele încă necunoscute ale fundului mărilor. Ca o comparație, expediția lui Lewis și Clark din 1804 a avut nevoie de aproape trei ani pentru a cartografia un drum ce traversează Vestul Sălbatic, străbătând nenumărate ținuturi pitorești și peisaje monumentale neștiute până atunci, dar a reușit doar cu mare greutate să ducă la bun sfârșit explorarea regiunii de la vest de Mississippi. Dacă ni-i imaginăm acum pe Lewis și Clark obligați să se limiteze la a umbla de colo-colo prin întineric călăușiți doar de câteva luminițe, vom începe să înțelegem ce înseamnă explorarea fundului oceanic.

Între timp, cunoștințele pe care le-am dobândit despre adâncurile oceanului au avut un efect imens asupra geofizicii, a climatologiei și a biologiei. Teoria deplasării continentelor fusese formulată de Alfred Wegener la începutul secolului XX, dar abia în anii '60, după o serie de expediții care au cartografiat configurația magnetismului remanent al fundului oceanelor, ideea că suprafața Pământului este compusă din plăci tectonice în mișcare a întrunit adeziunea generală. Teoria plăcilor tectonice a condus apoi către o altă concluzie: transmiterea căldurii din mantaua activă a Pământului ar fi generat pe fundul oceanului centre de expansiune, creând acolo creste muntoase, vulcani și izvoare fierbinți.

Respect pentru oameni și sărăcie

Aceste creste de expansiune, comparate adesea cu cusăturile mingilor de baseball, creează o nouă suprafață a fundului oceanului, înlocuind materialul vechii suprafețe, care este înghițit sub marginile plăcilor tectonice.

În 1977, o expediție subacvatică ce pornise să studieze geologia unei creste de expansiune din zona coastelor Ecuadorului s-a transformat rapid într-una biologică. Echipa s-a gândit că ar putea să observe o serie de creaturi din adâncurile mării descoperite cu ocazia unor dragări anterioare; ceea ce au descoperit a fost o uluitoare biosferă subacvatică ce înflorește hrănindu-se prin reacțiile chimice întreținute de craterale hidrotermale răspândite de-a lungul crestei. Spre deosebire de ecosistemele de la suprafața Pământului, bazate pe fotosinteză ce stă la baza lanțului trofic, sistemele din preajma craterelor hidrotermale sunt susținute prin chemosinteză: microbii se hrănesc cu compuși ce provin din craterale hidrotermale și servesc drept bază a lanțului trofic. Descoperirea a făcut valuri în întreaga lume a biologiei și a determinat apariția unui număr nesfârșit de disertații și lucrări de doctorat ce aveau ca temă înțelegerea proceselor chimice și a dinamicii acelor străine și ciudate biosfere. În anii ce au trecut de la descoperirea craterelor hidrotermale, au mai fost găsite numeroase alte sisteme de-a lungul creștelor de expansiune și în zonele submarine cu activitate vulcanică. Asemenea sisteme îi fascinează pe aceia dintre noi care se concentrează pe căutarea unor semne de viață în oceanele îndepărtate, acolo unde crustele groase de gheață foarte probabil limitează fotosinteză la nișele marginale.

Privind acum în urmă, faptul că plăcile tectonice determină apariția unor izvoare fierbinți pe fundul oceanelor și că viața reușește să-și croiască un drum chiar și în astfel de condiții nu pare deloc surprinzător. În momentul în care s-au făcut aceste descoperiri, firește, ideea plăcilor tectonice fusese acceptată relativ de puțin timp, iar domeniul microbiologiei se afla în pragul revoluției produse de descoperirea ADN-ului. Ceea ce ne surprinde însă astăzi este descoperirea pe care au făcut-o, în anul 2000, Deborah Kelley și colegii săi de la University of Washington's School of Oceanography: un sistem activ de cratere hidrotermale

într-o zonă neașteptată, la 20 de kilometri vest de Creasta Atlanticului Mijlociu. Zona a fost numită Orașul Pierdut, iar craterale de acolo sugerează categoric un astfel de loc. În 2003, am avut ocazia să mă scufund până la Orașul Pierdut, la un kilometru sub suprafața oceanului, și să văd cu ochii mei uimitorul câmp presărat cu turnuri albe de calcar și ecosistemele din jurul lor. Printre turnuri și înăuntrul lor se deplasează lin curenți de apă caldă, ca niște manșoane tremurătoare, iar în jurul lor fojgăie tot felul de creaturi ale adâncurilor. Această imagine mi-a rămas ca un fundal în toate momentele când visam cu ochii deschiși la clipele în care viața abia începea pe Pământ, întrebându-mă cum de a reușit să se perpetueze în lumi precum Europa.

Există trei lucruri care fac din Orașul Pierdut o descoperire remarcabilă, atât în contextul vieții pe Pământ, cât și în cel al cercetărilor noastre pentru descoperirea vieții în lumile oceanice din afara Terrei.

1. Orașul nu e alimentat de căldura ce vine din manta. Energia craterelor din Orașul Pierdut provine dintr-o reacție exotermică (generatoare de căldură) rezultată din interacțiunea apei oceanului cu roca de manta proaspăt expusă – mai exact, peridotitul. Reacția este numită serpentinizare deoarece unul dintre produși este serpentinul, o rocă verde cu un aspect oarecum solzos. Am putea folosi ca analogie încălzitoarele de mâini, deși în cazul lor transformările care se produc sunt oarecum diferite. Atunci când deschidem un pachet cu încălzitoare de mâini, îi dăm voie oxigenului să intre, iar reacția exotermică generată va continua până când fierul dinăuntru se oxidează. În mod similar, ori de câte ori apar fisuri în crusta fundului oceanic, apa pătrunde înăuntru, iar reacția de serpentinizare inițiată se va desfășura până când întreaga masă a peridotitului expus a fost transformată. Din acest proces rezultă căldură, serpentin, roci calcaroase și anumiți compuși biologici utili. Tot ce ne trebuie este rocă proaspătă de manta și apă; nu avem nevoie de o manta de rocă topită care să transmită căldura ce va alimenta un asemenea sistem.

2. S-a observat că Orașul Pierdut nu urmează una dintre „cusăturile mingii de baseball” (crestele de expansiune) ale plăcilor tectonice.