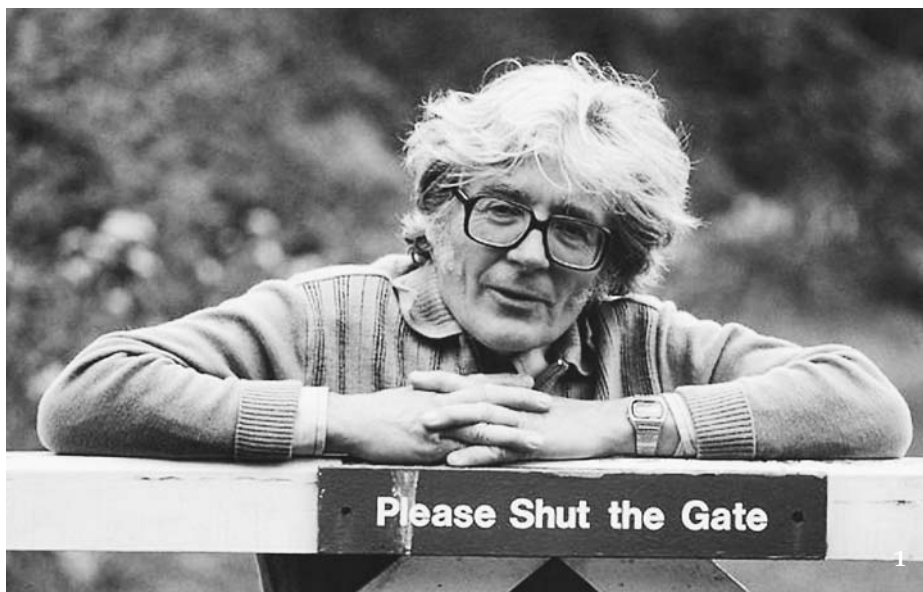


James Lovelock (1919–2022) a půlstoletí teorie Gaia

Atmosféra není pouze biologický produkt, ale spíše biologická konstrukce: není živá, ale jako kočičí srst, ptačí peří nebo papír vosích hnízd, rozšíření živého systému.
J. Lovelock (1979)

Většina z nás tuší, že Země je víc než koule skály s tenkou vrstvou vzduchu, oceánu a života pokrývajících povrch. Cítíme, že sem patříme, jako by tato planeta byla skutečně naším domovem. Kdysi dávno Řekové, uvažující tímto způsobem, dali Zemi jméno Gaia.
J. Lovelock (1988)

Ne, není to překlep v letopočtech. James Ephraim Lovelock se narodil 26. července 1919 a zemřel 26. července letošního roku, v den svých 103. narozenin. Byl to dlouhý život, plný zajímavých nápadů, vynálezů a důležitých otázek, na které nemáme jednoduché odpovědi. Jsou podmínky pro život na naší planetě zcela výjimečné? Je biosféra naší planety regulována tak, že zaručuje své dlouhodobé trvání? Přispívají bioty na Zemi k vlastnímu přežívání po miliony let? Kde jsou meze sebeudržitelné biosféry? Je možné vysvětlit chování naší Země jenom na základě chování jednotlivých složek? Nebo je chování celého systému Země něčím, co se redukcí na oddělená studia tektoniky, klimatu, biot a jiných komponent vysvětlit nedá? To jsou otázky, které si kladl a na které se snažil odpovědět chemik, ekolog a zcela originální nezávislý badatel James Lovelock.



Narodil se v Letchworth Garden City v anglickém hrabství Hertfordshire, v důsledku – jak věřil – rodičovských oslav konce první světové války 11. listopadu předcházejícího roku. Vyrůstal v Brixtonu, tehdy chudém londýnském předměstí. Rodiče, jimž se samotným nedostalo příležitosti ke vzdělání, jej donutili chodit do školy druhého stupně (grammar school), kterou nevádivě. Raději četl populární knihy jako *The Universe Around Us* od astronoma Jamese Jeanse (český překlad *Vesmír kolem nás* 1931). Své učitele rozčiloval úspěšnými zkouškami navzdory notorické neochotě podřídit se jejich autoritě. Již tehdy byl rozhodnut stát se vědcem. Jak ale později vysvětloval, „numerická dyslexie“ mu nedo-

1 Akademicky nezávislý chemik, vynálezce a ekolog James Lovelock u brány vedoucí k jeho laboratoři, bývalému statku v Coombe Mill, Devon, Anglie, 1985. Foto A. Howarth

volila zvládnout matematiku nezbytnou ke studiu fyziky, a tak se rozhodl pro chemii.

Protože mu jeho finanční situace neumožnila jít rovnou na univerzitu, našel si zaměstnání u fotografického chemika a docházel na večerní přednášky na Birkbeck College v Londýně. Když s vypuknutím druhé světové války tato možnost zanikla, získal stipendium od Kentského okresu a pokračoval ve studiu na Univerzitě v Manchesteru. V r. 1941 získal titul baka-

láře chemie a přijal zaměstnání jako technik v National Institute for Medical Research. V r. 1948 mu byl udělen titul Ph.D. v lékařství na London School of Hygiene and Tropical Medicine a r. 1959 titul D.Sc. v oboru biofyzika. Koncem války a v prvních 15 letech po válce se (mimo jiné) zabýval přenosem nemocí respiračního systému, chemií krve a vlivem nízkých teplot na živé organismy. Výsledkem bylo přes 50 článků v odborných časopisech.

Velice brzy se Lovelock prosadil jako vynálezce. Jeho prvním vynálezem, publikovaným v časopise *Nature* v r. 1945, byla tužka k popisování studeného mokrého laboratorního skla. Záhy však přišel s dalšími, podstatně náročnějšími vynálezy, z nichž nejvýznamnější byl detektor elektronového záhytu (ECD) pro plynovou chromatografii z r. 1957. Citlivost měl o dva řády vyšší než do té doby používané detektory. S jeho pomocí Lovelock jako první zjistil širokou přítomnost chloro-fluorovaných uhlovodíků v atmosféře. Postupně se stal autorem více než 50 patentů, což mu společně s příjmy z konzultací zajistilo prakticky úplnou nezávislost. Po zbytek života byl pak nezávislý jak finančně, tak ideově.

V r. 1961 pracoval na vývoji analytických přístrojů v programu NASA pro výzkum Marsu (projekty sond Viking 1 a 2). Primární otázkou byla volba vhodné techniky a experimentů pro detekci života na této planetě. Vedle navrhovaných přístrojů Lovelock ale vkládal daleko větší naději v chemickou analýzu atmosféry umožněnou infračerveným spektrem odraženého záření. Uvažoval, že rozsáhlá přítomnost života na jakékoli planetě by se měla projevit jako dálkově detekovatelná nerovnováha v chemii atmosféry. Dominance oxidu uhličitého v atmosféře Marsu (tab. 1) byla dobrou indikací absence života. Na druhé straně současná atmosféra Země se jeví jako mimořádně nepravděpodobná, přesto však neobvykle stabilní chemická směs vytvořená životem. Např. kyslík a metan spolu reagují, a proto by jejich koncentrace bez přispění života nikdy neměly být tak vysoké (tab. 1). Stejně tak koncentrace dusíku, ať už jako N_2 , nebo amoniak (NH_3), by nikdy neměly být vysoké bez přispění mikroorganismů. Tyto závěry publikoval s kolegyní Dian Hitchcockovou v r. 1967 a později rozvedl spolu s mikrobioložkou Lynn Margulisovou (Lovelock a Margulisová 1974, Margulisová a Lovelock 1978). Zvolený přístup je stále tou nejdůležitější metodou k odhalení potenciálního života na exoplanetách (např. Lammer a kol. 2019, Spross a kol. 2021, Huang a kol. 2022).

Bylo to při přípravě výše zmíněné publikace s D. Hitchcockovou v r. 1965, kdy si Lovelock uvědomil, že život musí hrát důležitou roli nejen v regulaci složení atmosféry, ale v závislosti na jejím složení také v regulaci klimatu. Výsledné prostředí na Zemi se zdá být pro většinu forem života neobvykle příznivé. Země je tedy jakýsi superorganismus, který si své prostředí reguluje k vlastnímu prospěchu. Kdyby se např. koncentrace kyslíku zvýšila jen o 5 %, vzrostla by pravděpodobnost požárů natolik, že by to bylo nebezpečné i pro tropické deštné lesy. Zatímco luminozita (zářivý výkon) Slunce vzrostla za poslední čtyři

miliardy let o 30 %, průměrná teplota na Zemi se udržovala v biologicky přijatelných mezích 0–100 °C. Jednoho dne se Lovelock snažil tento koncept, který nazýval „kybernetický systém s homeostatickými tendencemi“, vysvětlit svému příteli spisovateli Williamu Goldingovi. Ten mu navrhl název kratší: Gaia, což byla starořecká bohyně Země. První článek, kde této metafory Lovelock použil, vyšel v časopise *Atmospheric Environment* v r. 1972.

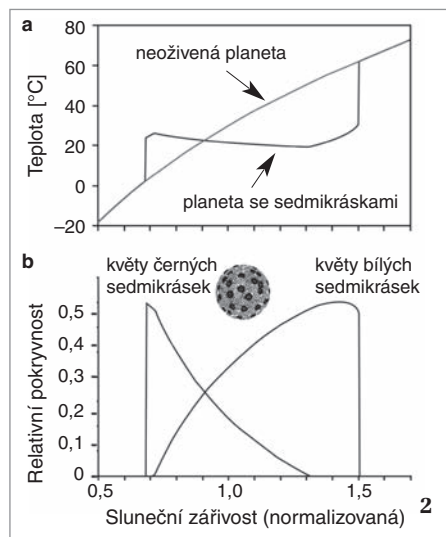
Lovelock a Margulisová nebyli první, kdo viděli naši Zemi spíše jako živý organismus než jen jako kamennou kouli s vrstvičkami vody, vzduchu a života. „Chceš-li si udělat přesnou představu o tom, čemu Řekové říkali kosmos, je nejjednodušší si představit celek vesmíru, jako by to byla organizovaná a živá bytost“ (Ferry 2006). Takto se na Zemi dívali nejen řečtí filozofové jako Platon (viz jeho dialog *Timaios*) a stoikové, ale také např. německý filozof Friedrich W. J. Schelling (1775–1854), otec geologie James Hutton (1726–1797) a všestranný přírodovědec Alexander von Humboldt (1769–1859). Když Humboldt popsal Zemi jako přírodní celek oživený a rozpohybovaný vnitřními silami, předběhl Lovelockovy myšlenky o více než 150 let. Humboldt nazval svou knihu popisující tento nový pojem *Cosmos*, původně však uvažoval o titulu *Gäa* (německý výraz pro Gaia). Lovelock a Margulisová brzy objevili spisy slavného rusko-ukrajinského geochemika Vladimíra Vernadského a rozeznali v něm rovněž jednoho ze svých předchůdců. Úvahy směřující k homeostatické Gaie můžeme nalézt v jeho *Filozofických úvahách přírodovědce* (2013).

Jak bylo možno očekávat, koncepce Země jako organismu se neobešla bez kritiky. (Již jednou jsme podobnou historií prošli, když Frederic Clements použil termín *superorganismus* pro rostlinná společenstva.) Tak např. jeden z nejvýznamnějších evolučních biologů druhé poloviny minulého století John Maynard Smith v r. 1988 napsal: „Žádný darwinista by nemohl přijmout hypotézu ‚Gaia‘, podle níž je Země analogická živému organismu, protože Země není entitou s rozmnožováním, variacemi a dědičností.“ Dodal ale: „Neměli bychom však touto myšlenkou, logicky chybnou, příliš pohrdat, dokud nebudeme schopni podat lepší objasnění dlouhodobé stability biosféry, než je v současnosti možné.“ Podobně se tou dobou o Gaie vyjadřovali i jiní evoluční biologové – Richard Dawkins, Stephen J. Gould, Richard C. Lewontin a další.

Byl to ale také již samotný termín Gaia, který vyvolával pochybnosti o racionalitě Lovelockovy „hypotézy“. Navíc, jak připomněli jiní (např. Kirchner 1989), hypotéza musí být testovatelná a falzifikovatelná (vyvratitelná). V reakci na tento druh kritiky začal Lovelock častěji mluvit spíše o geofyziologii a „teorii“. Dalším důvodem k distancování od termínu Gaia bylo jeho adoptování hnutími jako *New Age*, s nimiž Lovelock chtěl mít společného co nejméně. Termín ale přežil. Nejenže teorii Gaia vzpomněl prezident Václav Havel ve své přednášce při příležitosti předání Filadelfské medaile svobody v r. 1994, vyvíjející se pojem a s ním spojený termín se postupně trvale vžily v odborné literatuře. Klima-

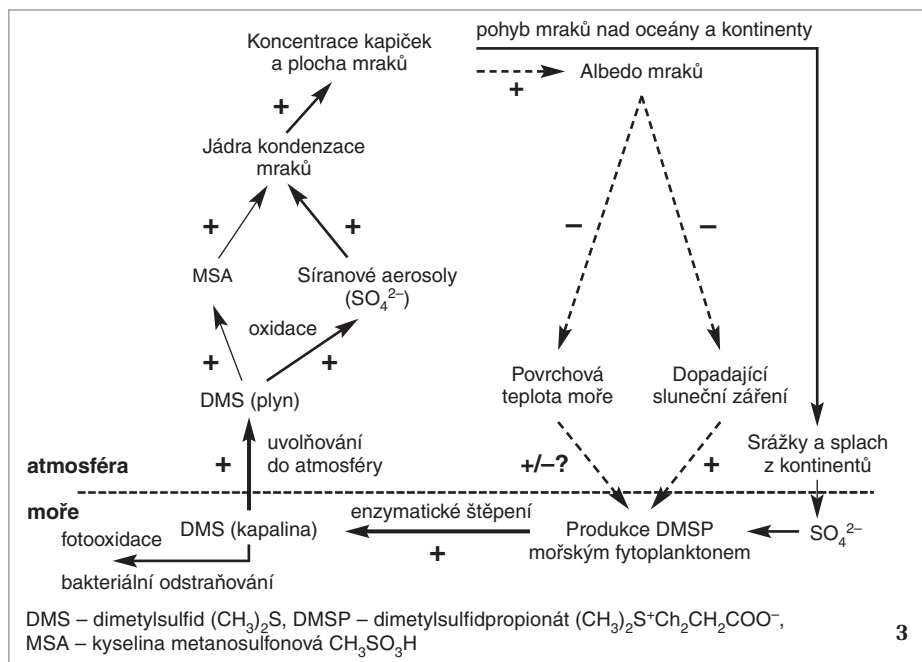
Tab. 1 Složení atmosfér (vyjádřené v objemových procentech), průměrné povrchové teploty a povrchové atmosférické tlaky na planetách. Hodnoty pro „Zemi bez života“ byly Lovelockem odhadnuty na základě údajů z nejbližších, v současnosti neoživených planet – Venuše a Marsu. * 1 ppbv – 0,0000001 objemových %. Podle: J. E. Lovelock (1979, 1988), D. C. Catling a J. F. Kasting (2017)

	Venuše	Země bez života	Mars	Země současná
oxid uhličitý (CO ₂)	96,5	98	95,7	0,028 → 0,042
dusík (N ₂)	3,5	1,9	2,03	78,08
kyslík (O ₂)	stopy	0	0,17	20,95
metan (CH ₄)	0	0	5–25 ppbv*	0,00019
argon (Ar)	0,007	0	2,07	0,93
povrchová teplota [°C]	466	240–340	–58	14,8
povrchový tlak [bar]	95,6	60	0,006	1



2 Svět sedmikrásek (*Daisyworld*) jako metafora planetární regulace klimatu živými organismy. V imaginárním světě rostou pouze dva druhy rostlin: sedmikrásky „bílé“ (s bílými korunními lístky) a sedmikrásky „černé“ (s lístky černými). V nejjednodušší verzi tohoto modelu zde nejsou žádné jiné organismy a oba druhy sedmikrásek mají stejnou závislost růstu a přežívání na teplotě. Černé sedmikrásky ale sluneční záření z velké části pohlcují (albedo < 0,5) a tím ohřívají sebe i své okolí. Bílé sedmikrásky většinu záření odrážejí (albedo > 0,5), a tak udržují svou nízkou teplotu i ve svém prostředí. Výsledek simulace s použitím diferenciálních rovnic je zobrazen: a – závislost výsledné planetární teploty, b – závislost pokryvnosti dvou druhů sedmikrásek na normalizované sluneční zářivosti (osa x, 1 = zářivost současného slunce). Teplota na neoživené planetě s albedem 0,5 vzrůstá se sluneční zářivostí – monotónně stoupající křivka. Teplota na planetě se sedmikráskami se mění jen málo v rozmezí zářivosti 0,7–1,5, odpovídá hranicím zahřevné a ochlazovací kapacity sedmikrásek. Společným působením všech sedmikrásek je v tomto rozmezí dosaženo teplot 16–22 °C, při nichž rostou nejlépe. Sedmikrásky fungují jako termostat. Model vykazuje regulaci neboli homeostazi, která je očekávána podle teorie Gaia. Ukazuje ale také velice názorně, že regulace má své meze. Jakmile to sedmikrásky nezvládnou a uhygnou, teplota na holé zemi rychle dosáhne stejné teploty jako na Zemi nikdy neoživené. Zjednodušeno podle: J. E. Lovelock (1983), A. J. Watson a J. E. Lovelock (1983) a T. M. Lenton a J. E. Lovelock (2001)

3 Globální cyklus síry a stabilizující zpětnovazebná smyčka spojující produkci dimetylsulfidu (DMS) mořským fytoplanktonem s albedem mraků a klimatem. Materiální toky a chemické reakce jsou vyjádřeny jako plné šipky, příčinná působení jako přerušované šipky. Povrchová teplota moře je řízena také jinými faktory než albedem mraků. Symbol „+/-?“ naznačuje potenciální zásah globálního oteplování a přepnutí z negativní (stabilizující) zpětné vazby na vazbu pozitivní (blíže v textu). Prekurzorem DMS je dimetylsulfidpropionát (DMSP), který zřejmě funguje jako osmoregulátor a možná též v obraně fytoplanktonu proti virům. Podle: R. J. Charlson a kol. (1987), T. K. Green a A. D. Hatton (2014), K. Burkartová (2017) a R. Jackson a A. Gabric (2022), orig. M. Rejmánek



mezích) je možná. Do jisté míry jde o simulaci toho, co se na Zemi za poslední čtyři miliardy let stalo: luminozita Slunce vzrostla o 30 %, ale jak nás paleoklimatologové informují, průměrná povrchová teplota se změnila jen velice málo. Tento model inspiroval mnoho matematiků a teoretických ekologů. Příbly sedivě sedmikrásky, společenstva sedmikrásek různých odstínů (s různým albedem), šíření semen, katastrofy a také býložravci, predátoři a symbiotické mikroorganismy (např. Cohen a Rich 2000, Wood 2008, Munoz a Carneiro 2022). Výsledky některých simulací byly překvapivé, ale stabilizační chování systému bylo většinou buď zachováno, nebo dokonce posíleno.

Jaké ale byly a jsou skutečné mechanismy neobyčejné stabilizace teploty na zemském povrchu? Zůstaňme nejprve u albeda. Největší odrazivost (albedo) slunečního záření má čerstvý sníh a mraky (0,6–0,8, tedy 60–80 %). Pokryvnost sněhu může být vegetací ovlivněna – sníh může ležet dlouho na loukách, ale dříve či později sklouzne z větvi smrků, které pak sluneční záření mnohem více pohlcují díky malému albedu (0,05–0,1). Velkoplošně jsou však důležitější mraky, které se utvářejí evapotranspirací nad rozsáhlými, zejména tropickými lesy, ale také nad oceány, kde se do atmosféry dostávají aerosoly tvořící jejich kondenzační jádra. Jak se mohou živé organismy zúčastnit naposled jmenovaného procesu? Právě k tomu se váže jeden z nejvýznamnějších Lovelockových nápadů.

Vraťme se ale nejdříve o několik let zpět. V r. 1972 Lovelock měřil na lodi Shackleton koncentrace chloro-fluorovaných uhlovdíků v atmosféře nad Atlantským oceánem s pomocí již zmíněného detektoru elektronového záchytu. Současně prováděl měření koncentrace dimetylsulfidu (DMS) produkovaného řasami v mořské vodě a odhadl rychlosti jeho uvolňování do atmosféry. Transport síry z moře atmosférou na pevninu znamenal nalezení chybějícího článku v globálním koloběhu síry (Lovelock a kol. 1972). Protože ale oxidované formy DMS jsou významným zdro-

jem jader kondenzace mraků, to nejzajímavější přišlo o 15 let později s hypotézou CLAW (akronym složený z počátečních písmen příjmení tvůrců této hypotézy – R. J. Charlsona, J. E. Lovelocka, M. O. Andreaea a S. G. Warrena), publikovanou v r. 1987. Její autoři došli k závěru, že jestliže něco způsobí vzrůst teploty nebo intenzity dopadajícího slunečního záření, zvýší to produkci DMS mořským fytoplanktonem, což po jeho uvolnění do atmosféry a po oxidaci vede k tvorbě jader kondenzace mraků. Mraky díky svému nízkému albedu odrážejí sluneční záření zpět do vesmírného prostoru. Tvorba mraků tak způsobí snížení intenzity záření a teploty na povrchu moře (obr. 3).

V dobách antropicky neznečištěné atmosféry mohla být tato negativní zpětná vazba velice důležitým krátkodobým regulátorem klimatu. Jestliže ale teplota z nějakých důvodů stoupne příliš (např. díky zvýšené koncentraci skleníkových plynů), moře se začne stratifikovat, přísun živin ze spodních vrstev se omezí, sníží se produkce fytoplanktonu a produkce DMS je pak také omezena (potenciální přepnutí z + na – vedle šipky od teploty moře k produkci dimetylsulfidpropionátu, DMSP, v obr. 3). Může tak vzniknout pozitivní zpětná vazba odpovědná za zesílení klimatické změny. Někdy se pak hovoří o anti-CLAW hypotéze. Zmíněný článek z r. 1987 byl citován více než třitisíckrát. Řada atmosférických badatelů věnovala své kariéry studium vlivu DMS na současné klima a tímto tématem se zabývají mezinárodní konference. Stejně jako Svět sedmikrásek i CLAW se stala předmětem matematického modelování (např. Cropp a kol. 2007). Jak se dalo očekávat u propojení klimatu s biogeochemií síry, relevantní procesy jak v moři, tak v atmosféře se ukázaly být složitější (např. Huebert 2007, Green a Hutton 2014). Stabilizující zpětnovazebná smyčka, která je centrem CLAW hypotézy, nicméně představuje jeden z nejlepších příkladů, jak Gaia může fungovat.

Byla zde ale opět otázka evolučních biologů: proč by přírodní výběr pracující na mořském fytoplanktonu měl přispívat ke

stabilizaci planetárního podnebí? Možná, že vzrůstající oblačnost přispívá k větším rychlostem větru nad oceány, a tak k míchání povrchových vod a přísunu většího množství živin pro řasy. Ale jak by to mohlo být spojeno s globální teplotou? S návrhem, proč by intenzivní tvorba DMS mohla být pro některé druhy fytoplanktonu selektivně výhodná, přišel slavný, původně ke Gaie velice kritický evoluční biolog William Hamilton spolu s Lovelockovým žákem Timem Lentonem. Evolučně výhodná není jen reprodukce a konkurenceschopnost, ale také prostorové šíření, které zvyšuje naději na přežití. Hamilton a Lenton (1998) navrhl, že produkce DMS může některým druhům řas jako součást aerosolu pomoci k dosažení větších výšek v atmosféře, a tedy k dálkovému šíření. Gaiská zpětná vazba by se tedy jako přídružený produkt (epifenomen) vyvinula díky selektivnímu zvýhodnění některých organismů. Jak významný je tento proces a za jakých podmínek hypotéza CLAW funguje, zůstává předmětem diskuze (viz např. Burkartová 2013, Revell a kol. 2021). Hypotéza CLAW ale způsobila převrat ve způsobu, jakým uvažujeme o zemském systému. Nikdo nemůže už dále předstírat, že pouze jedna vědecká disciplína může sama kompletně porozumět klimatu.

Druhým takovým příkladem je regulace atmosférické koncentrace CO₂, a tedy teploty na zemském povrchu. V r. 1981 navrhl geochemik James C. G. Walker, Paul B. Hays a James F. Kasting, že zvětrávání silikátových hornin může regulovat CO₂ a klima. Vyšli z tehdy již všeobecně uznávané reakční rovnice Herolda C. Ureya popisující odvádění CO₂ zvětráváním křemičitanů: CaSiO₃ + H₂O + 2CO₂ → Ca²⁺ + 2HCO₃⁻ + SiO₂. Uhlík pocházející z CO₂ je pak zabudován do uhličitánů, které se z velké části ukládají na mořském dně. Tento proces představuje součást geologicky dlouhodobého (10⁵–10⁶ let) uhličitano-křemičitanového cyklu (obr. 4). Důležité ale je, že Ureyova reakce se urychluje nejen se stoupající koncentrací CO₂, ale také s teplotou a srážkami. Větší množství skleníkového plynu CO₂ je pak odváděno a teplota na povrchu naší planety se snižuje. Vzniká tak stabilizující zpětnovazebná smyčka, díky které se teplota na Zemi zásadně nezměnila ani při zmíněném vzrůstu sluneční luminozity o 30 %. Byl zde dlouhodobý termostat zaručující tekutou vodu a biologickou aktivitu. To byla podstata teorie Walkera, Hayse a Kastinga. Poznamenali sice, že terestrické rostliny mohou celý proces urychlovat, ale více se touto otázkou nezabývali. Právě zde se ale opět našlo místo pro Lovelockovu Gaia (Lovelock a Watson 1982, Lovelock a Whitfield 1982). Bez živých organismů by zvětrávání silikátových hornin bylo mnohem pomalejší a rychlost odstraňování CO₂ (neustále produkovaného vulkanickou činností a dýcháním organismů) by nestačila ke stabilizaci teploty. Aktivitu cévnatých rostlin, lišejníků a půdních biot (bakterií, mykorhizních hub, zooedafonu) podporujících zvětrávání rovněž urychluje vyšší teplota a vlhkost. Podle recentních odhadů je zvětrávání silikátových hornin aktivitou biot urychleno o jeden až dva řády (Watson 1999, Schwartzman 2017).

Autotrofní rostliny, které zvětrávání urychlují, samozřejmě nezůstávají bez odměny – získávají živiny uvolňující se z hornin. Vzhledem k tomu, že biotické urychlení zvětrávání zjevně vzrůstalo od doby vzniku života, samoorganizace biosféry byla geofyziologická, tedy gaiská.

Jednou z výtek v době, kdy Lovelock s teorií Gaia přišel, bylo potenciální nebezpečí alibismu: ať budeme s naší planetou dělat cokoli, Gaia to opraví. Nic ale nemohlo být dále od Lovelockova uvažování. Gaia má stabilizační schopnosti chemo-statů a termostatů, ale jen v určitých mezích. Stabilizace teploty díky zvětrávání křemičitanů, produkci DMS a asimilaci CO₂ zelenými rostlinami po dlouhou dobu fungovala. Současná rychlost vzrůstu koncentrace skleníkových plynů a povrchové teploty na Zemi je ale bez historických analogií (Živa 2020, 5: 210–214). Nastávajících nebezpečí si byl Lovelock velice dobře vědom a jako reakci na možná nedorozumění publikoval varovné knihy, postupně stále skeptičtější: *The Revenge of Gaia* (český překlad *Gaia vrací úder*, Academia 2008), *The Vanishing Face of Gaia – A Final Warning* (Mizející tvář Gaii – Poslední varování, Academia 2012) a *Novacene* (Novacén, Host 2022). Uvedme zde Lovelockovy úvahy z prvních dvou knih:

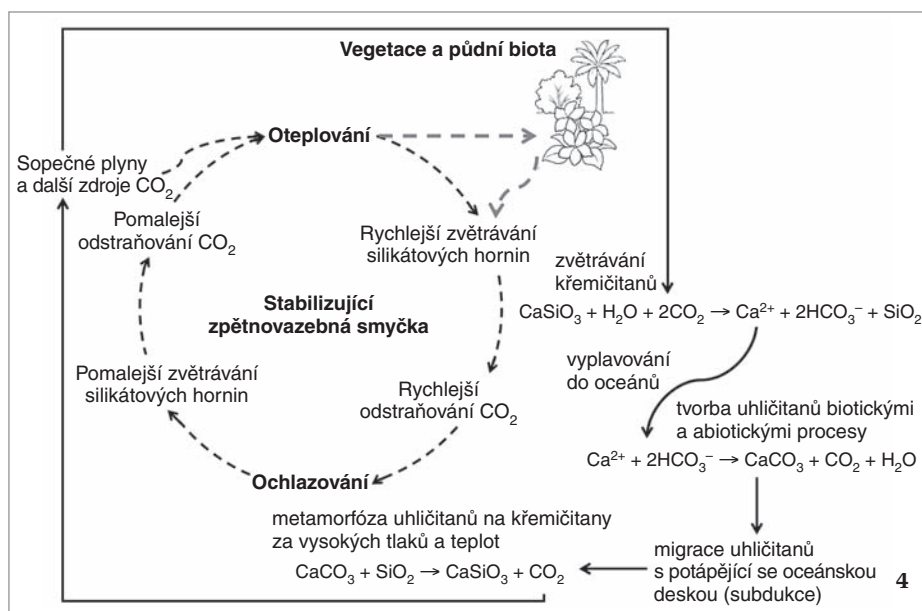
„My se sice budeme snažit udělat, co je v našich silách, abychom přežili, ale, bohužel, nemyslím si, že to udělají. Spojené státy anebo rychle rostoucí ekonomiky Indie a Číny. A ty jsou hlavním zdrojem emisí CO₂. Musíme si uvědomit, jak rychle dojde k těmto podnebným změnám a jak málo času nám zbývá. Každá komunita a každý národ si bude muset najít neefektivnější způsob, jak nejlépe využít zbylých zdrojů na podporu civilizace, jak dlouho to jen bude možné.“

„Než toto století skončí, miliardy lidí zemřou a hrstka těch, kteří přežijí, bude žít v Arktidě, kde podnebí zůstane přijatelné... Globální oteplování probíhá tak rychle, že by ho dokázala zvládnout pouze obrovská expanze jaderné energetiky.“

K tomu z poslední Lovelockovy knihy Novacén: „Možná jsme jedinými představiteli vyšší inteligence v celém vesmíru, ale budeme-li dál odmítat jadernou energii, pácháme hromadnou sebevraždu.“

Lovelock byl realista. Samozřejmě, že rozsáhlé použití jaderné energie v současnosti by nemělo zabrzdit hledání jiných zdrojů čisté energie. Důležité ale je, co podstatného můžeme udělat v nejbližší budoucnosti. Jak zajistit potřebnou elektrickou energii a současně snížit produkci skleníkových plynů co nejrychleji. Zajímavé je, že nutnost bezpečných jaderných elektráren pro nejbližší dobu zdůrazňuje také Bill Gates v knize *Jak zabránit klimatické katastrofě* (česky vydalo Jan Melvil Publishing v r. 2021).

Lovelock však přemýšlel o mnoha jiných možnostech, jak zabránit globálnímu oteplování. Např. ve svém posledním článku, který v časopise *Nature* publikoval spolu s Chrisem G. Rapleyem v r. 2007, navrhl soustavu vertikálních trubíc volně plujících na oceánech, jež by míchaly živinami bohaté vody pod termoklinou s vodami na povrchu, které jsou živinami chudé. Fytoplankton by pak mohl asimilovat více



rozpuštěného CO₂. Ač se tento návrh zdá být poněkud fantastický, řada modelářů i skutečných projektantů se tímto nápadem inspirovala.

Inspirace pro klimatologu, geology, biologu a inženýry je možná to nejdůležitější, čeho Lovelock dosáhl. Rozhodně dnes přemýšlíme o Zemi, biosféře a našem postavení ve vesmíru jinak. Může to vyústit v postoje poněkud skeptické. Tak např. jednou z možných interpretací hypotézy Gaia, připisovanou atmosférickému chemikovi z Harvardské univerzity Michaelu McElroyovi, je, že pokud člověk příliš naruší životní prostředí, může si Gaia udržet stabilitu tím, že odstraní naši ekologickou niku.

Abychom ale neodbíhali příliš daleko, zopakujme si, co Lovelock (1995) skromně považoval za jádro své teorie: „Gaia je evoluční teorie, která zahrnuje hmotnou Zemi a organismy v jediném těsně propojeném procesu. Je zcela v souladu s darwinovským přirozeným výběrem. Samoregulace klimatu a chemie Země je vyořující se vlastnost, která vzniká automaticky. Regulace probíhá zcela bez prozíravosti nebo plánování a nezahrnuje žádnou teleologii. Jako vědec zcela odmítám dogmatické jistoty. Nevím, zda je teorie Gaia správná; pouze čas a důkazy přinesou odpověď.“ Napětí mezi evolučními biologii a projektem Gaia do jisté míry stále trvá, ale nové cesty k souladu přírodního výběru na úrovni jedinců a selekce na základě perzistence celých systémů se otevírají (např. Smolin 1997, Downing a Zvirinsky 1999, Lenton a kol. 2021, Arthur a Nicholson 2022). Ať už se tato diskuze vyvine jakýmkoli směrem, důležitou poznámku o Gaie učinil Lovelock ve svém článku v *Nature* r. 2003: „Její možná největší hodnota spočívá v metafoře živé Země, která nám připomíná, že jsme její součástí a že lidská práva jsou omezena potřebami našich planetárních partnerů.“

Jak jsme již zmínili, ke Gaie se také vyjádřil prezident Václav Havel v r. 1994 ve Filadelfii. Ve své přednášce, která pak vyšla v *New York Times*, mluvil o zhroutilí hodnot v naší současné civilizaci: „Věda, již vděčíme za dnešní úroveň vědomostí a která stojí v pozadí výstavby celoplane-

4 Uhlíkano-křemičitanový cyklus. Toky uhlíku jsou vyjádřeny jako plné šipky, pozitivní příčinná působení jako přerušované šipky. Cyklus teoreticky může probíhat i na neoživené planetě. Zvětrávání silikátových hornin spojené s odstraňováním CO₂ je ale podstatně urychleno činností rostlin a půdních biot, jejichž aktivita je podporována vzrůstající teplotou, často spojenou s vyššími srážkami. Tvorba uhličitánů v moři je především dílem organismů budujících své schránky z vápenatých iontů a hydrogenuhličitánů (Ca²⁺ a HCO₃⁻; dírkonošci a řasy kokolity). Jejich schránky jsou buď rozpuštěny, nebo se ukládají jako vápencové sedimenty na mořském dně. Podle: J. C. G. Walker a kol. (1981), D. W. Schwartzman a T. Volk (1989), P. Westbroek (1991), G. Horneck a C. Baumstark-Khan (2002), J. Kasting (2010), C. S. Cockell a kol. (2016) a D. C. Catling a J. F. Kasting (2017), orig. M. Rejmánek

tární civilizace, nás současně vzdaluje uvědomění si našeho místa v řádu přírody... Může se to zdát paradoxní, ale inspiraci pro znovunalezení integrity nám může poskytnout sama moderní, či postmoderní, věda. Teorie Gaia nám vrací vědomí, že jsme součástí Země a kosmu. Vrací nám poznání, že jsme součástí něčeho, co přesahuje náš osobní život.“

K tomu lze už dodat jen vyznání agnostika Jamese Lovelocka z r. 2001: „Zdědili jsme planetu nesmírné krásy. Je to dar čtyř miliard let evoluce. Potřebujeme znovu získat náš prastarý cit pro Zemi jako organismus a znovu ji ctít. Pokud bychom dokázali uctívat naši planetu se stejnou úctou a láskou, jakou jsme v minulosti dávali Bohu, prospělo by to nám i Zemi. Možná ti, kdo mají víru, uvidí, že to je také Boží vůle.“

Použitá literatura je uvedena na webových stránkách *Živa*. K první verzi této vzpomínky poskytli cenné připomínky Bedřich Moldan a Eliška Rejmánková.