

Andrzej Kuczumow
(Katolicki Uniwersytet Lubelski
Wydział Zamiejscowy Prawa i Nauk o Społeczeństwie w Stalowej Woli)

Ekologia a katastrofy

Wstęp

Ekologia wydaje się na pierwszy rzut oka dziedziną o współlistnieniu organizmów w środowisku, więc nasze wrażenie jest pozytywne i dalekie od myślenia o katastrofach. Podświadomie oczekujemy, że organizmy i owszem, współzawodniczą, konkurują, walczą o byt, ustępują sobie miejsca w różnych niszach, ale przy tym znajdują sobie swoje unikalne miejsca w przyrodzie. Całość jest w rezultacie jakby utkana w jeden wielki „patchwork”. Ziemia jest wielka i pojemna, a jej historia ogromnie długa, więc już przy odrobinie szczęścia wszystko może być złożone w całkiem miłą całość z niszą dla każdego. W takim ujęciu nie ma jakoś miejsca na katastrofy i z trudem sobie możemy wyobrazić, że szykuje się coś złego. Ani ze strony Natury ani z naszej inicjatywy. Przecież nie lubimy much czy komarów, myszy czy szczurów. Chcemy je wytepić. Jesteśmy w tym konsekwentni i pełni pomysłów. I co? Widzimy jakąś katastrofę po stronie komarów?

Rozwinięcie

A jednak katastrofy są immanentnie wpisane w ekologię. Tylko że należy problem ustawić właściwie i na różnych płaszczyznach. Katastrofa ma różne znaczenie. Czasem jest to tylko przewrotny trik semantyczny, mówimy, że włożyliśmy nowy mało elegancki krawat i to jest „katastrofa”. Po prostu coś nie wyszło w drobnej skali a my z właściwą sobie przesadą mówimy o katastrofie. Może przy tym zbłądaliśmy się z tym krawatem i dla nas osobiście jest to katastrofa, ale w miniskali, dla innych nie liczy się to. Nic wielkiego nie zaważyło się.

Inny rodzaj katastrofy to zniknięcie gatunku. Znamy gatunek a potem go nie ma. Tak w Polsce XVII w. zniknął nieodwracalnie tur, przedtem zwierzę dobrze znane. Taka katastrofa oznacza zaburzenie ekologiczne na mniejszą lub większą skalę, ale inne gatunki mogą się mieć całkiem dobrze. Może to dodatkowo oznaczać rozpanoszenie się w miejsce wypłenionych innych gatunków, nie zawsze pożądanym. Skądinąd po-

dobne znaczenie ma sztuczne wprowadzenie (albo przywleczenie) przez ludzi gatunków pożądaných przez nich. Przykładem jest sprowadzenie wielbłądów i królików do Australii, które wyjadają dzisiaj zasoby roślinne pastwisk i konkurują z kangurami czy owcami, czyli zwierzętami jak najbardziej pożytecznymi. Albo przywleczenie szczurów za osadnikami z Europy do różnych części świata. I tutaj kontr-uwaga – nikt nie narzeka na przywleczenie z Ameryk kukurydzy, ziemniaków, kakao, indyków. Równowaga jest subtelna – raz się uda, raz nie. Ogólnie rzecz biorąc, znikanie lub sztuczne wprowadzanie gatunków ma charakter zaburzenia w przyrodzie, korekty a czasem lokalnej katastrofy.

Na drugim końcu możemy znaleźć prawdziwe katastrofy. Do nich należą po stronie Natury tzw. wielkie ekstynkcje, uderzenia meteorytów, także wielkie zaśnieżenia Ziemi a po stronie ludzkich działań potencjalnie wielka wojna nuklearna i termonuklearna. Takie wydarzenia mają charakter globalny i wpływają na los całych populacji. Wtedy to los bardzo wielu, a bywa że i wszystkich organizmów jest po prostu zagrożony. W największej ze znanych ekstynkcji, tej z przełomu permu i triasu wyginęło ok. 90% znanych wtedy organizmów morskich. Również inne wielkie ekstynkcje zakończyły się powszechną hekatombą organizmów.

W świetle nawet tych krótkich wstępnych uwag można sobie wyrobić dość zadziwiający pogląd – oto życie na Ziemi to cykl katastrof różnej skali, od katastrof małych, prawie indywidualnych, które zachodzą bardzo często i które czasami możemy obserwować gołym okiem po wielkie, globalne, które zachodzą rzadko, raz na dziesiątki czy nawet setki milionów lat i które byśmy mogli zaobserwować tylko, gdybyśmy mieli pecha i żyli nie w tym czasie i miejscu, kiedy i gdzie żyć należy. Przy tym to, o czym mówiliśmy leży w zasadzie po stronie Natury. Jednak w ostatnich stuleciach człowiek zaczyna dokładać swój udział i też powoduje katastrofy ekologiczne. Są to najczęściej katastrofy małe. Czasem bez większych konsekwencji. Często jednak drobne działania jednego człowieka są powielane przez miliony innych osób i skala zjawiska zaczyna się gwałtownie powiększać. Tak jest z oddrzewianiem. Jeden człowiek nie jest zapewne w stanie wyciąć lasu, ale wielu ludzi jest w stanie wyciąć ogromne obszary lasów, puszczy i dżungli. Co prowadzi w konsekwencji do przekształcenia wielkich konsumentów CO₂ i producentów tlenu, jakimi są obszary zalesione w obszary upraw jadalnych bądź przemysłowych, ale w ubocznej konsekwencji bardzo często w obszary stepowiejące bądź pustynniejące. Następuje wtedy zmiana stosunków wodnych i zmiana klimatu. W ogóle, niezwykle istotnymi dla Ziemi są jej dwie ciekłe otoczki – wodna, głównie reprezentowana przez światowy ocean i gazowa – atmosfera¹ i ingerencja człowieka ich mocno dotyczy. A przecież człowiek nie użył na pełną skalę arsenałów broni jądrowej i termojądrowej, kiedy to mógłby spowodować prawdziwą katastrofę, na miarę największych ekstynkcji.

Również stała skorupa Ziemi podlega zmianom, niekiedy bardzo gwałtownym. Do największych zmian należą powstawanie i ruchy płyt kontynentalnych. Tego rodzaju zjawiska przeczą naszemu intuicyjnemu przekonaniu o stałości lądów. Jednakże wiele odkryć z ostatnich 100 lat mówi nam, że to prawda. Jednym z nich jest uderzające podobieństwo zachodnich brzegów Afryki i wschodnich Ameryki południowej i budowa dna Oceanu Atlantyckiego z grzbietem śródoceanicznym. Na dnie oceanów

¹ H.D. Holland, *The chemical evolution of the atmosphere and oceans*, New Jersey 1984.

w miejscach ryftów wytwarza się nowa powłoka bazaltowa. W innych miejscach stara powłoka zapada się w strefach subdukcyjnych. Z materii pogrążonej, z jej wymieszania z materiałem osadowym powstaje lżejszy od bazaltu granit. Z niego tworzyły się najpierw wyspy wulkaniczne, potem kontynenty. Te też potrafiły się albo łączyć albo dzielić. Takie wydarzenia są bardzo powolne, ale w skali dziesiątek i setek milionów lat ważne. Co więcej, dryfujące kontynenty mogą przewędrować w okolice biegunów i przenieść stopniowo istoty żyjące do obszarów bardzo niewygodnych do wegetacji. To też element katastroficznych zmian na Ziemi.

Należy tu wspomnieć jeszcze o lądach wirtualnych. Takimi są tereny położone wokół Hawajów i wokół Wysp Kerguelena. Są to wyspy położone nad plamami gorąca. I tak na przykład Wyniesienie Kergueleńskie² jest olbrzymim zgrubieniem dna oceanicznego, powstałym z wylewów lawy, które 3 razy w historii geologicznej Ziemi prowadziły do wyłonienia się małego kontynentu (110, 85 i 35 mln lat temu), który to kontynent za każdym razem zapadał się w wyniku obkurczenia i zerodowania zastygłej lawy. Trzy razy szansa i trzy razy katastrofa. A o tym, że szansa była realna świadczą skamieliny.

Niektóre ze zmian powłoki ziemskiej wynikają ze zmian klimatu. Będziemy później mówili o zlodowaceniach. Tutaj tylko wspomnimy, że uwięzienie części wody w postaci wielkich czap lodowych odbiera tę wodę z oceanu światowego. To oznacza obniżenie poziomu oceanu i pojawienie się nowych połączy lądu albo nowych połączeń międzykontynentalnych, jak przejście z Azji do Ameryki Północnej poprzez obecną Cieśninę Beringa. O ile zlodowacenie jest zawsze niewątpliwą katastrofą, to nowe kawałki lądu, nowe połączenia są wielkimi bonusami dla rozwoju przyrody. Uważa się, że duża część przyspieszonej ewolucji zrodziła się z takich możliwości migracyjnych umożliwionych przez katastrofy.

Sekwencja katastrof układu się dość przypadkowo, szczególnie tych małych. Ale uczeni od dość dawna zastanawiali się, czy można sytuację grożącą katastrofą tak opisać, aby w rezultacie przewidzieć jej skutki i termin. Przy czym szczególnie przydatne okazały się badania D.M. Raupa i J.J. Sepkosky'ego Jr.³ Ten drugi spędził wiele lat w bibliotekach⁴, aby zliczyć populacje różnych organizmów znajdujących w skamielinach. Doszedł do bardzo interesujących wyników, ale najbardziej interesujące okazały się wyniki uzyskane dla wielkich taksonów roślinnych i niektórych zwierzęcych, na poziomie mniej więcej gromady. Profile chronologiczne tych taksonów roślinnych były dość podobne do siebie⁵. Każdy wielki takson wykazywał okres wielkiego wzrostu, potem następowało coś w rodzaju plateau, okres wzrostu liniowego o słabej dynamice i potem gwałtowny spadek w dół⁶, odpowiadający masowej ekstynkcji^{7,8}. Co więcej,

² L.K. Könnecke, M.F. Coffin, P. Charvis, *Early development of the Southern Kerguelen Plateau (Indian Ocean) from shallow wide-angle ocean bottom seismometer and multichannel seismic reflection data*, "J. Geophys. Res." 103 (1998), s. 24085-24108.

³ D.M. Raup, J.J. Sepkoski, *Mass extinctions in the marine fossil record*, "Science" 215 (1982), s. 1501-1503.

⁴ J.J. Sepkoski Jr., *Ten years in the library: new data confirm paleontological patterns*, "Paleobiology" 19 (1993), s. 43-51.

⁵ *The fossil record 2*, ed. M.J. Benton, London 1993.

⁶ A. Lipowski, D. Lipowska, *Long term evolution of an ecosystem with spontaneous periodicity of mass extinctions*, "Theory in Biosciences" 125 (2006), s. 67-77.

⁷ A. Hallam, P. Wignall, *Mass extinctions and their aftermath*, Oxford 1997.

⁸ D.M. Raup, J.J. Sepkoski, Jr., *Periodicity of extinctions in the geological past*, "PNAS" 81 (1984), s. 801-805.

lewą i prawą część krzywej można było opisać perfekcyjnie za pomocą krzywej Gaussa. To miało poważne implikacje filozoficzne – obserwując przebieg pierwszej części krzywej, czyli dotyczącej okresu ekspansji danego wielkiego taksonu roślinnego można było przewidzieć jego schyłek, łącznie z przewidywaną datą. Takie zjawisko było zdumiewające, bo przecież organizmy, na skalę gatunków, rodzajów czy innych jednostek taksonomicznych nie mogą znać swojego końca. Jednakże, istnieje ścisła analogia pomiędzy krzywymi rozkładu taksonomicznego^{9,10} a krzywymi konsumpcji ditlenku węgla. Te drugie są niezależne od pierwszych. Dane dotyczące szybkości konsumpcji ditlenku węgla muszą wynikać z bilansu emisji ditlenku węgla i jego pochłaniania¹¹. Tak więc, to dostępność i konsumpcja ditlenku węgla limitują powstanie i zagładę gatunków roślinnych. Za dostępnością ditlenku węgla w powietrzu postępuje ocieplenie, z grubsza wprost proporcjonalne do zawartości tego gazu. Z punktu widzenia wielkich taksonów roślinnych, ich rozwój jest nieodwołalnie związany z konsumpcją ditlenku węgla. W konsekwencji z jego „wyzarcie”. W konsekwencji z oziębieniem. Czyli – im bardziej dynamiczny rozwój wielkiego taksonu roślinnego, tym bardziej robi się głodno i chłodno. Aż do kolejnej wielkiej ekstynkcji. Co więcej, te wielkie taksony mają tylko jedną okazję do dominacji. Jeżeli nawet przetrwają masowe wymieranie, nigdy potem nie odgrywają już takiej roli. Wydaje się, że powstają wtedy nowe wielkie taksony lepiej przystosowane do aktualnej dostępności ditlenku węgla. Za taksonami roślinnymi idą wielkie taksony zwierzęce. Odpowiednikami psylofitów były ryby, pterydofitów płazy, nagonasiennych gady, okrytonasiennych ssaki i ptaki.

Obok silnych okresowych wahań ditlenku węgla spowodowanych przez prosperity jakiegoś wielkiego taksonu roślinnego widoczna jest ogólna tendencja do spadku zawartości ditlenku węgla przez cały eon fanerozoiczny i to spadku kilkunastokrotnego w stosunku do poziomu wyjściowego. Obecne poziomy tego gazu tylko dwukrotnie przekraczają poziom przy którym procesy asymilacji i oddychania roślinnego zrównują się. Takie zrównanie doprowadzi do zerowej wydajności netto asymilacji i ustania rozwoju życia roślinnego. Będzie to wielka katastrofa świata organizmów żywych.

Z procesów asymilacji prowadzonych szczególnie przez organizmy wielokomórkowe wynika wytworzenie wielkich ilości materii organicznej. Ta materia jest z kolei konsumowana przez inne organizmy albo, po ich śmierci poddawana procesom utleniania, odwrotnym do procesów asymilacji. Jednakże niewielka część materii organicznej, która nie została ani skonsumowana ani utleniona uległa karbonizacji w wyniku pogrzebienia bądź innym formom przerobienia na paliwa kopalne. Tak utworzone paliwa kopalne (75% wszystkich z nich powstało w okresie 380-230 mln lat wstecz) są dzisiaj podstawowym źródłem energii dla ludzkości. W ciągu mniej więcej 250 lat rewolucji przemysłowej ludzie skonsumowali już bardzo poważny ułamek odłożonych przez Naturę paliw kopalnych. Porównajmy – ok. 450 mln lat odkładania paliw kopalnych i 250 lat szalonej ich konsumpcji. Niewiele zostało, mimo nowych odkryć gazu i ropy łupkowej. I to jest groźne. Bo nie globalne ocieplenie, którym nas straszą. Takie ocieplenia i oziębienia Ziemia nieraz już przeżywała. Ale totalne skonsumowanie paliw

⁹ M. Benton, *Biodiversity on land and in the sea*, "Geol. J." 36 (2001), s. 211-230.

¹⁰ P. Signor, *The geologic history of diversity*, "Ann. Rev. Ecol. Syst." 21 (1990), s. 509-539.

¹¹ G.J. Retallack, *Carbon dioxide and climate over the past 300 myr*. "Phil. Trans. Royal Soc. London Series" A 360 (2002), s. 659-673.

kopalnych to ogromna katastrofa. Nie będziemy mieli podstawowych surowców energetycznych. Wszelkie nasze próby wykorzystania paliw alternatywnych jak na razie zawodzą. Najbliżsi byliśmy do poprawienia bilansu energetycznego przez wykorzystanie paliwa nuklearnego. Ale katastrofy w Czarnobylu i Fukushima nauczyły nas ostrożności i spowodowały dość paniczny lęk przed energią nuklearną. Zaś postęp w pokojowym użyciu energii termonuklearnej jest prawie żaden.

Zużycie paliw kopalnych ma i inną, może poważniejszą konsekwencję. Znamy tylko dwa znaczące źródła związków organicznych. Są to paliwa kopalne i aktualna produkcja roślinna i zwierzęca. Jeżeli pozbedziemy się paliw kopalnych, to możliwości chemii organicznej i produkcji związków organicznych ulegną drastycznemu ograniczeniu. Ilość i dostępność tworzyw sztucznych oraz produkcja materiałów kompozytowych ulegną zmniejszeniu. Produkty te staną się bardzo drogie. Także możliwości taniego otrzymywania metali zostaną ograniczone. Skoro koks, węglowodory i wodór nie będą mogły być użyte w większej ilości do procesów redukcji połączeń metali, to metale i ich stopy, w tym stal staną się rzadkie. Cały postęp w dziedzinie inżynierii materiałowej bez tworzyw sztucznych i metali będzie ogromnie zahamowany. Pytanie, czy inżynieria materiałowa jest ważna? Zamiast odpowiedzi przypomnijmy sobie jak historycy najogólniej dzielą dzieje cywilizacji – epoka kamienia łupanego, gładzonego, miedzi, brązu, żelaza...

Katastrofy typu ekstynkcji są możliwe do przewidzenia i w przypadku dobrego modelu opisującego cykl rozwojowy taksonów możemy je datować w sposób probabilistyczny. Znane są jednak katastrofy innego typu, jak uderzenia meteorytów. Są one zresztą czasem kojarzone też z tym samym okresem, kiedy ginęły wielkie taksony, np. tak jest dla ostatniej wielkiej ekstynkcji z przelomu kredy i kenozoiku 65 mln lat temu. Ten ostatni przypadek jest dość wątpliwy, ponieważ ostatnio udowodniono rozseparowanie czasu samego uderzenia i czasu wymarcia dinozaurów o przynajmniej kilkaset tysięcy lat. No a przy tym jak pogodzić z takim wydarzeniem fakt, że ptaki przeżyły katastrofę rozgrywającą się głównie w powietrzu, a dinozaury nie? Znane są jednak przypadki, gdzie za katastrofę jest odpowiedzialne uderzenie meteorytu. Na Ziemi możemy znaleźć wielkie kratery po takich wydarzeniach, chociaż ze względu na zachodzącą intensywną erozję znacznie gorzej zachowane niż na księżycu czy Marsie. Nie ulega przy tym wątpliwości, że rozmiar tego typu katastrofy zależy od średnicy i masy obiektu niebieskiego. Oprócz wyzwolenia ogromnej energii kinetycznej przy samym upadku notujemy jeszcze wielką i gorącą falę uderzeniową, wyrzucenie do atmosfery ogromnej liczby większych i mniejszych okruchów, częściowo stopionych, uwolnienie dużej liczby popiołów, wyrzucenie dużej ilości gorących gazów. Jest to ogromne wydarzenie z dalekosiężnymi skutkami ekologicznymi. Jest bardzo ważna różnica pomiędzy takim wydarzeniem a poprzednio omówionymi katastrofami wynikającymi z wahań ilości ditlenku węgla. Tamte katastrofy zachodzą powoli i na zimno. Katastrofy z udziałem meteorytów szybko i na gorąco. Mówiliśmy o periodyczności wahań ditlenku węgla i wynikających stąd ekstynkcji. Wydaje się, że trudno o takiej periodyczności mówić w przypadku upadku meteorytów. Na pierwszy rzut oka wydaje się takie wydarzenie całkowicie przypadkowe. Jednak są opinie, że i upadki meteorytów podlegają periodyczności, przy czym może to wynikać z obrotów tzw. pasa Kuipera i obłoku Oorta. W ostatnich latach narasta świadomość niebezpieczeństw z Kosmosu. Dlatego podjęto poważne projekty wykrycia i śledzenia obiektów przelatujących w pobliżu Ziemi.

NASA ustanowiła w 1998 r. projekt „Near Earth Object Program”¹². Na razie możemy tylko obserwować, co się dzieje wokół nas i prasa alarmuje co pewien czas o obiektach przelatujących w pobliżu naszej planety. Są to dość małe w skali kosmicznej ciała niebieskie, o średnicach kilkudziesięciu czy kilkuset metrów i o trajektoriach zbliżających się do Ziemi na odległości nie mniejsze niż duży ułamek orbity Księżyca. Czyli to jest bezpieczne, jak to zresztą wynika ze statystyk prowadzonych w ramach w/w projektu NASA. Chociaż nie zawsze tak będzie. W dodatku, w ostatnich latach mieliśmy lekcję pogładową, co stałoby się z Ziemią po potężnym uderzeniu. W latach 1993-1994 kometta Shoemaker-Levy w niezwykle spektakularny sposób uderzyła w powłokę Jowisza, wzbudzając efektowne odrzuty materii planetarnej.

Jeżeli jesteśmy przy bombardowaniu ze strony meteorytów, to musimy powiedzieć, że było to nic w porównaniu z epizodem związanym z powstaniem Księżyca. Było to jakieś 20-50 mln lat po powstaniu Ziemi. W nasz, świeży jeszcze glob uderzyło ciało niebieskie krążące po zbliżonej orbicie i o masie równej ok. 30-40 % masy Ziemi. To spowodowało wytworzenie się w niewielkiej odległości od Ziemi nowego ciała niebieskiego, z początku niewiele oddalonego od Ziemi i zbierającego resztki wyrzuconej materii, teraz już położonego w znacznie większej odległości.

Inny jeszcze typ katastrof, o którym głośno, to emisje wulkaniczne. Znamy to z wielu wydarzeń każdego roku. Takie katastrofy są katastrofami lokalnymi, ale bywa, że czasem przeradzają się w zdarzenia globalne. Tak było z wybuchem wulkanu Tambora z 1815 roku, który spowodował rok bez lata, trzyletnie zacienienie i oziębienie globu. Wydarzenie na większą jeszcze skalę obserwowano na Santorini w XVI w. p.n.e., gdzie efektem było też zniknięcie części wyspy.

Przy czym nasze wulkany, chociaż wydają nam się groźne bądź bardzo groźne, są niczym w porównaniu z superwulkanami. Co ciekawsze, te superwulkany nie są łatwe do wykrycia. Z reguły nie ma nad nimi górskiej czapy z kraterem. Mogą leżeć na terenach całkiem płaskich. To pod spodem i na stosunkowo niewielkiej głębokości jest ogromny zbiornik lawy. Jeżeli nastąpi eksplozja, to może być o trzy rzędy wielkości bardziej intensywna niż eksplozja konwencjonalnego wulkanu. Ilość wyrzuconej lawy jest ogromna, ilość stowarzyszonej siarki też, ochłodzenie wynikające z zapylenia atmosfery może doprowadzić do zlodowaceń. Zanieczyszczenie środowiska jest ogromne. Na szczęście, podobno taki wybuch następuje raz na 50000-80000 lat. Jak na historię ludzkości to dużo, jednak po pierwsze zjawisko to jest dość przypadkowe, a od ostatniego wybuchu superwulkanu upłynęła już prawie połowa okresu międzywybuchowego, więc wielkiej pewności nie możemy mieć. Najściślej obserwowanym miejscem takiego potencjalnego wybuchu jest kaldera Yellowstone, za to w Europie Campi Flegrei koło Neapolu.

To jednak nie jest największy efekt działalności wulkanicznej. Na terenach Syberii i osobno Dekanu w Indiach, wykryto wielkie pola lawy (trapy), pochodzące z długotrwałych wylewów. Takie wydarzenia są już ogromnymi katastrofami, porównywalnymi z upadkiem ogromnych meteorytów – może zresztą gorszymi, bo długotrwałymi¹³.

¹² <http://neo.jpl.nasa.gov/>

¹³ A. Gard, L.M. Francois, C. Dessert, B. Dupre, Y. Godderis, *Basaltic volcanism and mass extinction at the Permo-Triassic boundary: Environmental impact and modeling of the global carbon cycle*, "Earth Planet. Sci. Lett." 234 (2005), s. 207-221.

Charakteryzują się przy tym ogromną ilością trujących wyziewów gazowych zawierających związki azotu, siarki, chloru – rozprzestrzeniających się na cały świat. Chociaż do-raznie ogromnie szkodliwe, w długiej perspektywie wydarzenia takie mogą być bardzo pożyteczne – są to działania łądotwórcze. Ślady trapy syberyjskiego sprzed 260 mln lat dzisiaj pokrywają obszar 1.5 mln km², a zasięg przypuszczalny był prawdopodobnie do 5 razy większy. Trapy dekańskie sprzed 66 mln lat pokrywają dziś obszar 0.5 mln km², ale ich przypuszczalny rozmiar mógł być 3 razy większy. Mięszkość nowej pokrywy wynosiła do 3 i 2 km, odpowiednio. Jakżeż małym i łagodnym wydarzeniem jest przy tym wybuch superwulkanu. Ale za to na nowych łądach organizmy mają ogromną szansę do ekspansji, kolonizacji a także przyspieszonej ewolucji. Mówiliśmy już o związkach wulkanizmu i trzęsień Ziemi z powstawaniem i dynamiką kontynentów. A tutaj o konsekwencjach dla życia.

Przy okazji omawiania wulkanów trzeba wspomnieć, że istnieją też wulkany podwodne. Te też powodują katastrofy, bo jak inaczej nazwać wylewy lawy do wody oceanicznej i olbrzymią kotłowanie, jaka tam zachodzi. Pod ciśnieniem panującym na dnie oceanów woda nagrzewa się do prawie 400°C i jest prawdziwym kompotem zawierającym ogromne ilości ciężkich metali. Ale to środowisko, typowo katastroficzne okazało się całkiem płodnym ekosystemem, gdzie wiele organizmów morskich, w tym ryb znajduje swoją szansę na szybki i bujny rozwój, korzystając z niesłonecznego ciepła i obfitości minerałów i odżywek.

Mówiliśmy już o katastrofach gorących, ale były i są katastrofy zimne. Takie katastrofy znamy dobrze z nie tak dawnych czasów. Prawdę mówiąc, było to u początku czasów historycznych. Przed 20 mln lat pojawiły się zlodowacenia, które nasiliły się w ciągu ostatnich 3 milionów lat, kiedy to nastąpiło co najmniej 8 zlodowaceń, które sprawiały, że obszary w zwykle umiarkowanych strefach klimatycznych przekształcały się w płyty lodowe, grube na kilkaset metrów. Takie środowiska nie są w ogóle przyjazne dla ludzi i wszelkich organizmów. Ostatni okres lodowcowy zakończył się jakieś 11.5 tys. lat temu. Powtórzenie się epoki lodowej obecnie oznaczałoby wielką katastrofę dla ludzkości – miliardy ludzi musiałyby się przenieść w rejony tropikalne, ale te przecież nie są z gumy. W rezultacie doszłoby do desperackich wojen o żywność i paliwa połączonych z zagładą miliardów ludzi. Nie mamy gwarancji, że kolejne zlodowacenie nie pojawi się, nawet wkrótce. Nie znamy w pełni mechanizmów i periodyzacji zlodowaceń i możemy tylko domniemywać, że następne zlodowacenie nastąpi. Oby nie szybko. Ale musimy mieć świadomość, że żyjemy w przyjemnym interglacjale.

Tyle, że i w interglacjale mamy lepsze i gorsze momenty. Mniej więcej wtedy, kiedy powstawało państwo polskie, w niektórych rejonach naszego kraju (Ziemia Lubuska, Ziemia Sandomierska) uprawiano winorośl. Był to czas bardzo łagodnego klimatu. W innych częściach Europy Wikingowie kolonizowali Islandię a później Grenlandię, którą nazwali właśnie tak. Ale w XVI w. nastąpiło ochłodzenie. Trwało do początków XIX w. i czasem jest nazywane małą epoką lodową. Mimo, że zapewne uciążliwe i utrudniało życie ludziom, to nie było katastrofą. Tutaj więc mamy do czynienia z pewną gradacją procesów na drodze do pełnej katastrofy. Czyli mamy tutaj pełne spektrum katastrof, od takich jakby wyłaniających się aż do takich gigantycznych, w pełni obejmujących cały glob.

Takie zlodowacenia, o których mówiliśmy dają jednak pewną szansę. W rejonach równikowych można będzie przeżyć, nawet jeżeli dalece nie wszystkie organizmy i lu-

dzie przetrwają. Było jednak inaczej¹⁴. Ok. 2.32 mld lat temu a potem 740 mln lat temu na skutek sprzężonego działania geologicznego (intensywne wietrzenie) z biologicznym (intensywny rozkwit sinic) nastąpiło ogromne pochłonięcie CO₂ z atmosfery ziemskiej, która została pozbawiona gazów cieplarnianych i gwałtownie się ochłodziła. Nastąpiły zlodowacenia, które objęły całą kulę ziemską, łącznie z obszarami okołorównikowymi. Powierzchnia lodu odbijała bardzo wydajnie promieniowanie słoneczne i efekt zlodowacenia pogłębiał się. Ostatecznie, średnia warstwa lodowa osiągnęła grubość ok. 1.5 km. Życie mogło przetrwać tylko w kominach hydrotermalnych w niektórych strefach oceanu pod lodem bądź w jakichś szczelinach lodowych sąsiadujących z wulkanami, przy czym było to życie prymitywnych organizmów.

Ze wszystkich katastrof na Ziemi te były chyba najpoważniejsze, oczywiście po tej związanej z powstaniem Księżyca. Że Ziemia potrafiła ożyć było kwestią prawie cudowną. Prawie, gdyż to jednak wewnętrzna, podlodowa tektonika lądów i oceanów doprowadziła do uwolnienia się ogromnych ilości CO₂ do atmosfery i spowodowania efektu cieplarnianego na wielką skalę. Czyli odwrócenia się sytuacji. A potem nastąpił eon fanerozoiczny, z wielkim rozwojem organizmów wielokomórkowych i jednak z ciągłymi zagrożeniami.

Konkluzje

Katastrofy na Ziemi są jakby wpisane w jej rozwój. Różnią się niezmiernie rozmiarem, rozmiarem, konsekwencjami. Niektóre są gwałtowne, jak upadek meteorytów, inne trwają miliony lat, jak okres upadku wielkiego taksonu, jeszcze inne dziesiątki czy setki milionów lat, jak wielki spadek poziomu ditlenku węgla. Obejmują czasem cały glob, a czasem tylko jakąś niszę ekologiczną (tutaj należy np. pojedyncza eksplozja bomby atomowej). Jednakże, po ich zakończeniu dane terytorium bądź cała Ziemia są już przystosowane do innego typu roślinności. Tak na przykład po wielkiej ekstynkcji perm-trias pterydofity straciły dominację na rzecz roślin nagozalążkowych a płazy na rzecz gadów. To wynikało z dostępności CO₂. Z kolei uważa się, że ssaki, które istniały od bardzo dawna, nie miałyby jednak szans na dominację, gdyby nie zagłada gadów 65 mln lat temu. Ogólnie, rozkwit po katastrofie czeka takie organizmy, które najlepiej dostosują się do nowych warunków, zazwyczaj gorszych niż przed katastrofą. Za to organizmy są bardziej wyszukane i bardziej różnorodne. Ogół żyjących organizmów roślinnych i zwierzęcych stara się w optymalny sposób wykorzystać wszelkie zasoby i wszelkie nisze ekologiczne. Tak więc katastrofy stają się motorami przyspieszonej ewolucji. Przyroda jakby się niecierpliwiła ślamazarnym rozwojem konserwatywnego wielkiego taksonu, wytraciła go w części lub w całości i dała szansę bardziej dynamicznym i wyspecjalizowanym populacjom.

Co w czasie katastrof dzieje się z materią organiczną? Część jej jest intensywnie spalana, jeżeli wydarzenia są wydarzeniami gorącymi. Jeżeli wydarzenia są zimne, materia jest dostępna do intensywnego biologicznego przerobu, głównie przez organizmy niższe. Prawie w każdym przypadku większych kataklizmów część materii zostaje pogrzebana, w dłuższej perspektywie czasowej przekształcając się w paliwa kopalne. Ten punkt stoi w pozornej sprzeczności z tezą z poprzedniego akapitu, gdyż mówi

¹⁴ P.F. Hoffman, A.J. Kaufman, G.P. Halverson, D.P. Schrag, *A Neoproterozoic Snowball Earth*, "Science" 281 (1998), s. 1342-1346.

się tu o dużym naruszeniu dostępu do materii organicznej a ułatwienia są tylko dla organizmów niższych ewolucyjnie. Ale to może te utrudnienia w dostępie są właśnie motorem większej zmyślności organizmów wyższych, które wyłaniają się po kolejnych katastrofach.

Co więc nastąpi po najbliższej naprawdę wielkiej katastrofie? A przecież w tym tekście zapewne nie wymieniliśmy wszystkich możliwości.

Резюме

Экология и катастрофы

В статье обсуждено различные аспекты подхода к экологии, как науки о прохождении Земли через последовательные стадии катастроф, от совсем небольших и отдельных по могучие в глобальном масштабе. С этой точки зрения, катастрофа воспринимается как натуральное состояние мира, ведущие к достижению нового равновесия в природе, а также динамического ускорения процессов эволюции. Возможно, было бы трудно представить себе Землю без катастрофических последствий, потому что это означало бы полный застой и отсутствие динамизма.

Summary

Ecology and catastrophes

Passing of Earth through the steps of consecutive catastrophes is considered. In reality, this passing is described in ecology. The disasters are of different scale, from very small to huge ones covering the planet as a whole. The series of catastrophes belong to the normal status of a globe. The catastrophes lead to new equilibria in the environment. The dynamical acceleration of evolution of organisms is another result of the damage caused by disasters. If the catastrophes are missing the Earth probably would be lifeless globe.

