



Hobby prof. Jerzego Żaby jest kolekcjonowanie... żab – nieożywionych, rzeźbionych w rozmaitych minerałach.

Każda skała ma swoje „linie papilarne”

ROZMAWIA MAREK TOMALIK

Prof. dr hab. Jerzy Żaba od 1975 r. związany jest z Uniwersytetem Śląskim; obecnie kieruje jego Katedrą Geologii Podstawowej, a ponadto wykłada na Wydziale Nauk o Ziemi w Sosnowcu. Badania naukowe prowadził w różnych rejonach Polski i świata, m.in. w Czechach, na pustyni Gobi, Saharze Centralnej, na Krymie, Kaukazie, Syberii i Kamczatce, w rejonie Kilimandżaro, Ngorongoro i na Zanzibarze, w peruwiańskich Andach oraz na Wyżynie Gujańskiej w Wenezueli. Prof. Żaba jest autorem lub współautorem ponad stu publikacji. Dziełem jego życia jest Ilustrowana Encyklopedia skał i minerałów.

Układ kontynentów większości z nas wydaje się stabilny i niezmienny. Badania geologiczne wskazują jednak, że mamy do czynienia z planetarnym *panta rei*. Wielkie kontynenty rozpadają się na mniejsze i wędrują tysiące kilometrów, zanim spoczną, przynajmniej na jakiś czas. Z jaką szybkością dryfują?

Są to szybkości wahające się najczęściej od kilku do ok. 12 cm na rok. Afryka napiera na Europę z prędkością 5 cm na rok i zacieśnia Morze Śródziemne. Znając tę prędkość i przyjmując za stałą, można obliczyć, kiedy Morze Śródziemne ostatecznie się zamknie. Z pewnością powstaną tu góry, być może jeszcze wyższe od Alp.

Istnieje kilka teorii wyjaśniających wędrowkę mas kontynentalnych w skorupie ziemskiej. Spory geologów trwają od kilkudziesięciu lat.

Najważniejsze hipotezy to powszechnie dziś uznawana teoria wielkich płyt litosfery zmodyfikowana i uzupełniona o tektonikę terranów, poprzedzająca ją hipoteza dryfu kontynentów Wegnera i dopiero rozwijająca się hipoteza ekspansji Ziemi. Wegener pierwszy zwrócił uwagę na ruchy poziome w litosferze, czyli wędrowkę kontynentów. Przed nim uznawano tylko ruchy pionowe, wypiętrzające lub obniżające. Nie mógł jednak dokładnie dopasować do siebie obecnych kontynentów, choć wykazał, że pochodzą one z rozpadu większych, wcześniejszych mas lądowych. Okazuje się jednak, że te kontynenty idealnie pasują do siebie na kuli o promieniu mniejszym niż obecny promień Ziemi.

Na czym polega ekspansja Ziemi?

Hipoteza ekspansji Ziemi zakłada, że jej promień od czasów co najmniej jury (od ok. 180 mln lat) nieprzerwanie się zwiększa. Koronnym argumentem zwolenników tej teorii jest charakterystyczny przyrost den współczesnych oceanów, których wiek nigdzie nie jest starszy od jury. Jednocześnie wielu z tych badaczy akceptuje teorię tektoniki płyt, której wiele elementów jest sprzecznych z „ekspansywnym” rozwojem Ziemi. I tu jest

Ostatni czynny wulkan na terytorium dzisiejszej Polski działał jeszcze 800 tys. lat temu. W skali czasu geologicznego to całkiem niedawno.

trudny do rozwiązania dylemat, bo nie można trochę być w ciąży, a trochę nie być. Żyjemy w czasach, kiedy te dwa poglądy się ścierają, przy czym teoria płyt litosfery ciągle zachowuje wyraźną przewagę. Towarzyszy temu bardzo pozytywny ferment naukowy. Trudno dziś wyrokować, który z tych poglądów będzie przeważać w następnych dekadach. Tu należy przypomnieć jeszcze inną, znacznie starszą hipotezę – kontrakcji, która zakładała stopniowe zmniejszanie promienia Ziemi. Możemy to porównać do wysychającego jabłka. Jak miąższ wysycha, skórka na powierzchni zaczyna się marszczyć i... powstają pasma górskie.

Największą karierę we współczesnej tektonice robią tzw. terrany. Czym się różnią od kontynentów?

Terrany to sporej wielkości, sztywne fragmenty litosfery, które można porównać do mikrokontynentów. Geologia terranów stanowi modyfikację i uzupełnienie teorii płyt litosfery. Skorupa kontynentalna odznacza się charakterystyczną budową w ramach danego kontynentu, ale bywają wyjątki. Tak jest m.in. u zachodnich wybrzeży Ameryki Północnej, gdzie pierwszy raz opisano terrany. Zachodnia część tego kontynentu składa się ze „zbieraniny” dużych odłamków skorupy ziemskiej o bardzo różnej budowie i wieku, ograniczonych uskokiemi, czyli dużymi nieciągłościami sięgającymi w głąb skorupy Ziemi.

W jaki sposób poruszają się terrany?

Wędrują zgodnie z ruchem dna oceanicznego, jak na pasie transmisyjnym; dodatkowo są wspomagane przez występujące tam liczne uskoki. Terrany nie wędrują w obrębie kontynentów, ale się do nich dokleją, czyli dokują, powiększając ich powierzchnię. To jeden z nielicznych przykładów tzw. akrecji, czyli przyrastania, skorupy kontynentalnej, bo ta ma raczej tendencję do rozpadania się.

Kiedy opisano pierwsze terrany?

Zostały rozpoznane dopiero w 1980 r. Potem ruszyła prawdziwa „lawina terranów” w różnych zakątkach świata. Wielu geotektoników podjęło intensywne poszukiwania terranów na obszarach swoich krajów. Na terytorium USA, od strony Pacyfiku, odkryto ich już ponad 100, niektóre przewyższające rozmiarami obszar Polski. Obecnie wiadomo, że jedna czwarta terytorium Ameryki Północnej jest zbudowana z terranów.

Jeśli spojrzeć na mapę – Alaska w szczególności wydaje się być doklejona do kontynentu północnoamerykańskiego...

Obszar Alaski jest w całości zbudowany z terranów, które tu przybyły, przemieszczając się w obrębie skorupy oceanicznej Pacyfiku. W pobliżu zachodnich wybrzeży Ameryki Północnej terrany wędrowały (i poruszają się nadal) dzięki aktywności potężnych prawoskrętnych uskoków przesuwczych. Jeden z bardzo dobrze poznanych takich uskoków – San Andreas – na pewnym odcinku przecina kontynent północnoamerykański, powodując katastrofalne trzęsienia ziemi. Ten proces trwa cały czas i także dziś niektóre terrany są w niustannym ruchu, przemieszczając się z prędkością od kilku milimetrów do kilku centymetrów na rok.

Jaka jest przeszłość mikrokontynentów? Ile mogą mieć lat?

Pochodzenie wielu z nich jest trudne do ustalenia, nie zawsze wiadomo, skąd przywędrowały i jakie kontynenty lub ich fragmenty w przeszłości tworzyły. Najmłodsze zostały uruchomione i uległy akrecji w orogenezie alpejskiej, za sprawą której powstały m.in. Alpy i Karpaty. W dalekiej przeszłości geologicznej na obszarach tych występował Ocean Tetydy, który rozdzielał lądy północne (m.in. Euroazję) od południowych (Gondwany). Obecna pozostałością po Oceanie Tetydy są Morza – Śródziemne, Czarne i Kaspijskie. Europejskie terrany są zwykle mniejsze od amerykańskich.

Dziś wiemy, że Polska po części też zbudowana jest z terranów...

Na terytorium naszego kraju stwierdzono starsze od alpejskich terrany kaledońskie, które uległy akrecji (dokowaniu) ok. 400 mln lat temu oraz terrany waryscyjskie (te dokowały w karbonie, ok. 300 mln lat temu). Tylko jedna trzecia obszaru Polski to stabilny kraton wschodnioeuropejski, reszta to terranowe puzzle. Pionierem polskich badań dotyczących kaledońskich terranów był prof. Władysław Pożaryski (1910–2008). Wyróżnił 4: górnoląski (jak dziś wiadomo stanowiący północną część znacznie większego terranu – Brunovistulii), małopolski, łysogórski i pomorski, który sięga aż po Danię. Wiedza na ten temat ulega jednak ciągłej ewolucji; np. terran łysogórski obecnie jest uznawany za brzeżną część kratonu wschodnioeuropejskiego. Na terenie Sudetów Zachodnich wyróżnia się kilka mniejszych i zarazem młodszych, bo waryscyjskich terranów. Tworzą je m.in. kra sowiogórska, obszar Kotliny Kłodzkiej z obrzeżami oraz Góry Izerskie wraz z Karkonoszami oraz ich południową osłoną. Wraz z kilkoma innymi terranami tworzą one charakterystyczną geologiczną mozaikę w ramach większej struktury zwanej Masywem Czeskim. Oczywiście, ciągle trwają spory i dyskusje na temat liczby, zasięgu, granic i pochodzenia sudeckich terranów.

Kiedy wędrowały i skąd przybyły?

Największe polskie terrany wędrowały w okresie trwania orogenezy kaledońskiej (od ok. 540 do ok. 400 mln lat temu) i „dokowały” do brzegu ówczesnego kontynentu Baltici (obszar dzisiejszego kratonu wschodnioeuropejskiego) na szeroko pojętym czasowym pograniczu syluru i dewonu. Według przeważających poglądów terran Brunovistulia oderwał się od znajdującego się na półkuli południowej megakontynentu Gondwany, zapewne w okolicach dzisiejszej Afryki Zachodniej; wędrówka trwała ponad 100 mln lat i zakończyła się jego doklejeniem do istniejącego wtedy kontynentu Baltica. Natomiast blok małopolski jest uważany za terran proksymalny, czyli taki, który przemieszczając się w przeszłości, pokonał stosunkowo niewielki dystans; najpewniej przywędrował z okolic dzisiejszego Morza Czarne, odrywając się od brzeżnej części kontynentu Baltici. Ma kształt wydłużonego klina i rozciąga się między Górami Świętokrzyskimi a Górnym Śląskiem. Jego południowy kraniec sięga po Dobrudżę w Rumunii.

Czy „dokowanie” terranów oznacza koniec ich aktywności?

W kolejnej orogenezie waryscyjskiej – na granicach ww. kaledońskich terranów – dochodziło do niewielkich ruchów, ale generalnie już nie przemieszczały się one na większe odległości. Występujący na granicy terranów Brunovistulii i małopolskiego uskoku Kraków–Lubliniec należy do najlepiej poznanych w Europie. Przebiega wzdłuż niego bardzo ważna granica między kratonem wschodnioeuropejskim, sięgającym po Ural, a europejską platformą paleozoiczną obejmującą niemal całą Europę Środkową i Zachodnią.

Jak można poznać przeszłość tego obszaru i jego granice?

Wiemy o nim bardzo dużo ze względu na intensywne wiercenia, które prowadzono tutaj kilkadziesiąt lat temu. Wtedy rachunek ekonomiczny nie był tak ważny – dziś te badania są bardzo drogie, porównywalne do kosztu budowy odcinków autostrad. Wykonano wówczas ponad 3 tys. wierceń wchodzących w głębsze podłoże. Osobiście przebywałem rdzenie wiertnicze pochodzące z ok. 150 otworów wykonanych głównie na granicy terranów Brunovistulii i małopolskiego. Najgłębsze wiercenia w Polsce przekraczają 7,5 km. Jesteśmy w absolutnej czołówce, jeśli chodzi o badania wiertnicze. Najgłębsze wiercenia na świecie sięgają do ok. 12 km. Zwykle jednak głębokość odwiertów waha się od kilkuset metrów do 3 km. Odwierty te łączą niekiedy cele naukowe z użytkowymi.

Mówiliśmy o obszarach, które przyplłynęły do Polski. Czy znane są przypadki odwrotne, tzn. że fragment Polski powędrował dalej?

Ciekawostką są wyniki najnowszych badań dr. Mariusza Paszkowskiego z PAN w Krakowie, który współpracuje z amerykańskimi geologami. Otóż okazało się, że jeden z występujących na Alasce terranów pochodzi z obszaru Europy Środkowej. Dalsze badania wykazały podobieństwo występujących tam skał do utworów zalegających w podłożu Jury Krakowsko-Częstochowskiej. Chodzi o utwory paleozoiczne, które tylko sporadycznie pokazują się na tym obszarze na powierzchni ziemi. Doktor Paszkowski pojechał na Alaskę i tam bacznie przyglądał się skałom. Okazały się niemal identyczne z tymi z naszego regionu. Badania ciągle trwają, ale dają nadzieję na postawienie hipotezy, że fragment obszaru Polski zawędrował niegdyś aż na Alaskę.

Jak porównuje się skały? Na czym koncentrują się pańskie badania?

Każda skała ma niepowtarzalne „linie papilarne”, które geolodzy potrafią oznaczyć. Bada się skład chemiczny i mineralny skał, wszelkie występujące w nich struktury, skamieniałości oraz przejawy mineralizacji itp. Wiele struktur skalnych zawiera informacje dotyczące kierunków nacisków panujących podczas ruchów górotwórczych. Są to m.in. cechy geometryczne struktur, ich orientacja w przestrzeni oraz wzajemne zależności. Na co dzień zajmuję się badaniem budowy oraz ewolucji tektonicznej skał, czyli m.in. uskokami, fałdami i spękaniem.

Skał trzęsienia ziemi na Podhalu?

Przyczyną są ciągle trwające ruchy górotwórcze w Karpatach, a także zjawiska związane z relaksacją i odprężaniem wcześniej

W bardzo odległej przyszłości materia Wszechświata ulegnie takiemu rozproszeniu, że stanie się przestrzenią pustą, ciemną i bardzo zimną. Być może dojdzie do tzw. „śmierci ciepłej świata”, spowodowanej wyrównaniem temperatur i zamarciem wszelkiego ruchu.

sfałdowanych skał. Mają one też związek z aktywnością uskoków, być może także ze strefą uskoku perypienińskiego, który się ciągnie od Rumunii, przez Ukrainę, Słowację, Polskę aż po Republikę Czeską. Wiele form morfologicznych, a także sieć rzeczna często wykazują związek z oddziaływaniem różnej rangi uskoków. Także uskoki sudecki brzeżny – oddzielający Nizinę Śląską od Sudetów – jest nadal aktywny. Zaznacza się on na tym obszarze w postaci wyraźnej krawędzi morfologicznej, widocznej szczególnie dobrze, gdy zbliżamy się do Sudetów od strony północnej; nie ma tu wyraźnego pogórza, a góry zaczynają się nagle.

A jakie są poglądy na temat tego, co znajduje się w środku Ziemi?

Zdecydowana większość badaczy przyjmuje istnienie jądra – stałego wewnętrznego i płynnego zewnętrznego. W głębi Ziemi ma miejsce „walka” dwóch przeciwstawnych żywiołów – ciśnienia i temperatury. Wzrost temperatury powoduje topnienie się skał, zaś wzrost ciśnienia utrudnia to nawet w bardzo wysokiej temperaturze. Jeśli w obrębie skorupy ziemskiej ciśnienie lokalnie ulega zmniejszeniu, wówczas skały ulegają upłynnieniu, co powoduje tworzenie się w głębi Ziemi zbiorników magmy, niekiedy bardzo potężnych, częstokroć powiązanych z procesami wulkanicznymi. Jak można przypuszczać, temperatura panująca w jądrze zewnętrznym jest tak wysoka, że skały pozostają tam w stanie płynnym. Natomiast w jądrze wewnętrznym bardzo wysokie ciśnienie przeciwdziała topieniu się skał.

Jedna z hipotez mówi, że jesteśmy stygnącą częścią Słońca...

Jeszcze niedawno uważano, że nasz układ planetarny, w tym również Ziemia, powstał w wyniku oderwania się od Słońca „kropki” słonecznej materii. Według tego poglądu Ziemia stygła, a więc i krzepła, stopniowo od zewnątrz ku środkowi. Proces ten nie został jednak jeszcze zakończony. Kiedy Ziemia wystygnie aż do samego środka, stanie się martwym globem. Przesaną działać wulkany, przesuwać się płyty litosfery, nie będzie trzęsień ziemi. Nasza planeta stanie się wówczas „martwa”, jak Księżyc lub Wenus. Jak wiadomo, na Wenus działały niegdyś wulkany, płynęły rzeki i być może kwitło tam życie.

Nie poznaliśmy jednak dobrze wnętrza Ziemi. Może jest tam źródło wielkiej energii?

Obecnie przyjmuje się, że Ziemia powstała z koncentracji pyłów kosmicznych. Ciepła mają w tym wypadku dostarczać reakcje termojądrowe zachodzące wewnątrz planety. Ostatnio pojawiają się poglądy przyjmujące występowanie w samym środku Ziemi gigantycznego reaktora atomowego o niewyobrażalnej mocy. Jego średnica może mieć nawet kilkanaście kilometrów średnicy. Ślady takich naturalnych reaktorów są znajdowane także na powierzchni ziemi, np. w Afryce. Jednak działały one miliardy lat temu.

Jak długo żyją wulkany?

Żyją tysiące lub nawet miliony lat. Wulkan Kilimandżaro powstał 1,5 mln lat temu, a zakończył swą działalność przed 10 tys. lat.

Wszystko ma swój początek i koniec – dotyczy to także wulkanów. Ostatni czynny wulkan na terytorium dzisiejszej Polski działał jeszcze 800 tys. lat temu. W skali czasu geologicznego to całkiem niedawno. Dymił i pluł ogniem w okolicach Łądku Zdroju.

Co się stanie z Ziemią w perspektywie kilku miliardów lat?

Po upływie kilku miliardów lat nasza planeta zostanie pochłonięta przez koronę słoneczną. Słońce w ramach swojej ewolucji zamieni się w czerwonego olbrzyma, zwiększając wielokrotnie średnicę, i wchłonie trzy najbliższe planety – Merkurego, Wenus i Ziemię. Jedynym ratunkiem jest ucieczka na planety położone dalek od Słońca lub nawet przeprowadzka do innego układu słonecznego. Mamy na to kilka miliardów lat. Gdyby to się jednak udało – także nie unikniemy zagłady.

Czy można sobie wyobrazić jeszcze bardziej czarny scenariusz?

Jak wiadomo, Wszechświat ciągle rozszerza się, począwszy od pierwotnego wybuchu, który zapoczątkował jego ewolucję. Jednak w bardzo odległej przyszłości materia Wszechświata ulegnie tak dużemu rozproszeniu, że stanie się przestrzenią pustą, ciemną i bardzo zimną. Być może dojdzie do tzw. śmierci ciepłej świata, spowodowanej wyrównaniem temperatur i zamarciem wszelkiego ruchu. Stan taki może już trwać „wiecznie” i wtedy nawet ucieczka ludzi w najdalsze peryferie świata nie będzie miała sensu.

Tak, bezruch to z pewnością śmierć. Nie mogą sobie jednak wyobrazić, że Wszechświat się nie odrodzi...

Innym zagrożeniem, ale być może pewną „nadzieją”, są czarne dziury, bardzo licznie występujące w całym Wszechświecie. Stopniowo i nieodwołalnie wchłaniają materię kosmiczną, która je otacza. Czarna dziura znajduje się także w centrum naszej Galaktyki. Na razie zachowuje się stosunkowo spokojnie, co jednak nie oznacza, że tak musi być w przyszłości. Czarne dziury powiększając się, mogą łączyć się ze sobą, wchłaniając jedna drugą. Być może materia całego Wszechświata znajdzie się ostatecznie we wnętrzu jednej, wielkiej czarnej dziury, co spowoduje potężny wybuch będący narodzinami nowego wszechświata, w którym kiedyś i gdzieś może ponownie narodzić się życie.

Czy jest w ogóle możliwa wcześniejsza niż w perspektywie miliardów lat katastrofa rodem z wnętrza Ziemi, która doprowadziłaby do zagłady ludzi?

Wśród realnych naturalnych zagrożeń „geologicznych” można z pewnością wymienić potężne wybuchy wulkanów, których skutki mogą być porównywalne z upadkami na powierzchnię Ziemi dużych obiektów kosmicznych. Bez wątplenia kataklizmem na skalę globalną był niegdyś wybuch wulkanu Toba na Sumatrze, który nastąpił przed 75 tys. lat. Być może podobnie albo jeszcze bardziej katastrofalne mogą okazać się przewidywane wybuchy któregoś ze współczesnych superwulkanów. Za najbardziej groźny z nich uważany jest wyjątkowo aktywny wulkanicznie obszar Parku Narodowego Yellowstone w USA. Ostatni wielki wybuch tego superwulkanu miał miejsce około 600 tys. lat temu. □