

„OZNACZANIE WIEKU BEZWZGLĘDNEGO”:
TRZY SŁOWA – TRZY NIEPRAWDY

UKD 550.93

Wiele nieporozumień, także w nauce, ma swą przyczynę w języku nie dość starannym i mało precyzyjnym. Zdarza się bowiem, że autor wypowiedzi inaczej rozumie dane słowo czy zwrot niż jej odbiorca. Sytuacja staje się niebezpieczna i reakcje o wiele dalej idące niż jest to intencją mówiącego. To właśnie *casus* „oznaczania wieku bezwzględne”.

Stratygrafia posługuje się bardzo zróżnicowanymi sposobami określania wieku skał. Datowaniami dosłownie i bezpośrednio względnymi są stwierdzenia relacji starsze – młodsze na podstawie wzajemnego stosunku geometrii ciał skalnych, np. w następstwie sedymentacyjnym czy kontaktach intruzyjnych. Datowania paleontologiczne pozwalają uchwycić nie tylko następstwo, lecz także określić wiek, choć nie wyrażony liczbowo. Są one względne w tym sensie, że podają pozycję skały względem szczególnej skały, jaką stanowi ewolucja świata organicznego, ewolucja przebiegająca w niejednakowym tempie i zależna nie tylko od upływu czasu, lecz także od zmian warunków środowiskowych. Datowania wyrażone liczbowo, w latach, a więc w równomiernej skali, możliwe są wtedy, gdy w skałach zarejestrowane są jakieś procesy dokonujące się w znanym tempie. Miernikiem czasu jest wielkość zmian w układzie odniesiona do tempa procesu.

Szczególnie wartościowy jest oczywiście taki proces, który przebiega nieprzerwanie do chwili obecnej (tylko wtedy można określić czas mierzony wstecz od dnia dzisiejszego), ma dokładnie znane tempo i, co niezmiernie ważne, tempo to jest stałe w czasie, niezależne od warunków zewnętrznych. Wymagania te spełniają przemiany promieniotwórcze, a ich wykorzystanie dla liczbowego określania upływu czasu jest zasługą Rutheforda i Soddy’ego (1902), zaś już w 1911 r. Arthur Holmes wskazał na możliwość i celowość posługiwania się takimi datowaniami dla opracowania geologicznej skali czasu.

Termin „wiek bezwzględny”, a nawet „określenie wieku bezwzględne”, zjawiał się już przed kilkudziesięciami laty i mimo, że nieużywany bądź zarzucony, a nawet wyklęty przez odpowiedzialnych geochronologów, np. Holmsa (3), wciąż pokutuje w pracach geologicznych niektórych krajów, w tym Polski. Chociaż słowo „bezwzględny” znaczy po prostu tyle co „niezależny od czegokolwiek”, w swym obecnym użyciu termin „datowanie bezwzględne” zdaje się być używane w podwójnym znaczeniu „wyrażonego liczbowo” i „opartego na metodach fizycznych”. Jest to oczywiście niepoprawność, która staje się uderzająca, gdy uświadomić sobie, że w pewnych przypadkach datowań wykorzystujących przemiany promieniotwórcze używane są tzw. wzorce wiekowe i, ściśle rzecz biorąc, wynik datowania podaje wówczas tylko proporcję między wiekiem badanego minerału a wiekiem minerału uznanego za wzorcowy. W takim przypadku mamy do czynienia z datowaniem niewątpliwie względnym, choć opartym na metodach fizycznych i o wyniku wyrażonym liczbowo.

Podniesiona sprawa nie stanowi kwestii czysto semantycznej, lecz problem bardziej ogólny, głębszy i ważniejszy, gdyż chwytliwy termin „oznaczanie wieku bezwzględne”,

tak zakorzeniony w potocznym, mało starannym języku geologów, staje się jedną z przyczyn niewłaściwego podejścia do danych geochronologicznych, utrudnia ich zrozumienie i interpretację.

„Wiek” to pojęcie podrzędne w stosunku do „czasu”, jest to bowiem odcinek czasu zawarty między chwilą obecną a powstaniem obiektu datowanego. Wobec tego odnoszą się doń wszelkie uwagi dotyczące czasu. Otóż czas bezwzględny, absolutny, jest pojęciem ściśle zdefiniowanym i używanym zarówno w filozofii, jak i fizyce. Pojęcie to zostało wprowadzone przez Newtona w 1687 r. i zdefiniowane jako „absolutny, prawdziwy, matematyczny czas płynie sam przez się i dzięki swej naturze, jednostajnie a niezależnie od jakiegokolwiek przedmiotu zewnętrznego” (2). Gdyby zniknęła wszelka materia, według Newtona czas i przestrzeń pozostałyby (1). Takie jest znaczenie czasu „bezwzględnego”. Nowsze poglądy (zwłaszcza Leibniz i Einstein) kwestionują absolutny charakter czasu. Również materializm dialektyczny przyjmuje, że czas jest jednym z atrybutów materii, nie istnieje sam w sobie, lecz zależnie od świata materialnego (1). Dlaczego więc my, geolodzy, upieramy się w podkreśleniu naszej aprobaty dla koncepcji sprzed 300 lat, choć brak nam argumentów, by obalać łącznie Einsteina i Lenina (osobliwe połączenie nazwisk). Nie bez pikanterii jest fakt, że „absolutnyi vozrast” jest terminem szczególnie często używanym w Związku Radzieckim.

Jest jednak inna, ważniejsza przyczyna, dla której określanie wyników datowań izotopowych mianem wieku bezwzględnego nie wydaje się wskazane. O ile z pozycji filozofii newtonowskiej można bronić terminu „czas bezwzględny” czy „wiek bezwzględny” i uznawać celowość operowania takim pojęciem, to jednak odnoszenie tego terminu do wyników datowań radiometrycznych, zwłaszcza zaś sformułowanie „oznaczanie wieku bezwzględnego” jest po prostu fałszem. Mierzymy, oznaczamy bowiem nie czas, lecz stosunki izotopowe, które wprawdzie w sposób regularny zmieniają się z czasem, lecz zależą nie tylko od czasu, bo także od sytuacji wyjściowej i historii układu, która może zawierać epizody zakłócające bieg zegara.

Od ćwierci wieku wiadomo (4), że w krystalizującej i powoli stygnącej skale, dopóki znajduje się ona w temperaturze powodującej dyfuzyjną ucieczkę radiogenicznego argonu z minerałów, dopóty zawartość tego izotopu w minerałach nie wzrasta, mimo że dokonuje się przemiana macierzystego potasu-40. Jest to sytuacja przypominająca zegar o idealnie działającym werku, lecz wskazówkach zatrzymanych na wartości wyjściowej. Dopiero spadek temperatury poniżej tzw. temperatury zamknięcia zwalnia hamulec wskazówek. W efekcie wynik datowania informuje nie o wieku minerału, lecz o czasie, jaki upłynął od przejścia przez pewną temperaturę – różną dla różnych minerałów, różnych pierwiastków w tych minerałach, a także nieco uzależnioną od tempa spadku temperatury. Ewentualne późniejsze podgrzanie skały lub naruszenie układu przez czynniki chemiczne (ważne w metodach Rb-Sr i U-Pb) może obraz jeszcze bardziej skomplikować. Nic więc dziwnego, że bardzo często wyniki analiz różnych systemów

izotopowych w tej samej skali są wyraźnie rozbieżne, informując nie tyle o wieku, ile o historii termicznej skały, która oczywiście jest rezultatem ewolucji tektonicznej obszaru.

Wartością oznaczaną jest stosunek izotopowy konwencjonalnie wyrażany w wielkościach mających wymiar czasu przy przyjęciu pewnego modelu. Gdy model ten jest w przyrodzie realizowany, to wynik oznaczenia jest wiekiem. Ponieważ jednak z reguły stosowany jest model układu zamkniętego, wieki modelowe b⁷rdzo często nie wyrażają rzeczywistego wieku badanych minerałów, zaś wynik oznaczenia nie jest bezwzględny, gdyż zależy od historii termicznej i chemicznej układu.

Tak więc wszystkie trzy człony zwrotu „*oznaczanie wieku bezwzględne*” są właściwie nieodpowiednie, nie jest to bowiem *oznaczanie* wieku (ten uzyskuje się drogą modelowego przeliczenia wyników oznaczeń stosunków izotopowych), podawana wartość bardzo często (choć nie zawsze) wyraża nie *wiek*, lecz punkt na krzywej spadku temperatury, zaś wartość ta, będąc uzależniona od wielu czynników, nie może być nazwana *bezwzględną*.

Powyższe uwagi, mimo że pozornie dotyczące spraw czysto terminologicznych, stanowią ostrzeżenie przed bezkrytycznym opieraniem się na wynikach datowań izotopowych dla konstruowania skali geochronologicznej, bądź dla rozstrzygnięć dotyczących pozycji stratygraficznej badanych skał. I podobnie jak redeponowana fauna nie datuje osadu, tak i datowanie epizodu termicznego nie datuje powstania skały – choć w obu tych przypadkach trudno dopatrywać się dyskredytacji metody badawczej, lecz raczej konieczności zrozumienia co datujemy, a nie zawsze jest to proste i łatwe.

Inny poważny problem wiąże się ze stosunkiem między plutonizmem a stratygrafią skał osadowych. Wydzielenia stratygraficzne opracowane zostały dla skał utworzonych na powierzchni ziemi, bo też do powierzchni ograniczony jest świat organiczny. Z drugiej strony większość datowań izotopowych dotyczy skał plutonicznych. Badając relacje wiekowe między skałami obecnie występującymi obok siebie zbyt często zapominamy, że z punktu widzenia środowiska tworzenia są one sobie zupełnie obce. Oczywiście związek między procesami wgłębny i tym co dzieje się na powierzchni istnieje, jednak przenoszenie tego oddziaływania bywa bardzo powolne.

Obecnie panuje moda by praprzyczyn wszelkich niemal procesów geologicznych doszukiwać się w płaszczu. Tymczasem okazuje się, że jeśli wziąć pod uwagę wyłącznie przewodnictwo cieplne skał, to fala cieplna wywołana wydarzeniem termicznym na głębokości 100 km dociera do powierzchni po kilkunastu do kilkudziesięciu milionach lat (zależnie od typu skały) i odwrotnie, wydarzenie termiczne, które miało miejsce u podstawy przesuwałcej się płyty dziesiątki milionów lat temu wciąż jest źródłem liczącej się składowej obecnego strumienia ciepłego docierającego do powierzchni. Oczywiście nie zawsze tak jest, gdyż transfer ciepła może dokonywać się też raptownie, za sprawą zjawisk wulkanicznych. Gdy jednak mamy do czynienia z powolnym przenoszeniem ciepła wytwarza się sytuacja paradoksalna, gdyż to co jest związane przyczynowo jest odległe w czasie, zaś to co równoczesne może nie mieć z sobą żadnego związku. Czas w swej niezwykłej skali geologicznej potrafi tak znacznie odsunąć skutek od przyczyny, że związki kauzalne mogą ulec zatarciu. Jest to inna strona poruszanej uprzednio sprawy: rozdźwięku między tym co datujemy, a tym co chcielibyśmy datować.

Istota trudności wiązania danych geochronologicznych z tabelą stratygraficzną i w ogóle danymi geologicz-

nymi wynika z podstawowego faktu, że każda z metod badawczych wykorzystuje pewne czujniki, które mają właściwy sobie próg detekcji. To co dla jednego czujnika czy jednej metody będzie niemal kataklizmem, może przejść w ogóle niezauważone przez inny czujnik. Przesunięcie całej kry kontynentalnej może być wydarzeniem nieistotnym dla zegarów Rb–Sr. Z drugiej strony podgrzanie apatyty do 120° spowoduje całkowite cofnięcie zegara opartego na śladach rozszczepień jąder uranu, mimo że może pozostać bez jakichkolwiek efektów rejestrowanych w skałach.

Geologia bada zmiany rozmieszczenia łądów i mórz, przesuwanie się mas skalnych, powstawanie łańcuchów górskich, tworzenie się i niszczenie skał. Zegary izotopowe zaś reagują na samorzutnie przebiegające procesy wewnątrzjądrowe oraz na dyfuzję nuklidów, na których datowania się opierają. Są to dwa całkowicie różne światy, w których używane są języki o odmiennym słownictwie, stylu i subtelności różnie wykształconej w różnych zakresach. Nic więc dziwnego, że tylko proste treści potrafimy przełożyć.

Dopóki precyzja warsztatowa geochronologii pozwalała uzyskiwać wyniki obarczone znaczną niepewnością pomiarową, dopóty wspomniane komplikacje częstokroć mieściły się w tzw. błędzie oznaczeń. Jako reperów dla skali stratygraficznej wykorzystywano „*intruzje obramowane*”, czyli takie, które przecinają jakieś warstwy datowane biostratygraficznie, a na których zerodowanej powierzchni leżą inne warstwy o stratygraficznie udokumentowanym wieku. Okres stygnięcia intruzji, jej wypiętrzania i denudacji zdawał się wystarczająco krótki (w porównaniu z precyzją oznaczeń), by go nie brać pod uwagę.

Rozwój metod analitycznych stworzył nowe możliwości, lecz także nowe wymagania. Jak się zdaje obecnie są dwie drogi postępowania: 1) pełne zbadanie historii datowanej skały i rozpoznanie tych momentów w jej ewolucji, które są wspólne także dla sąsiadujących osadów, lub 2) oparcie skali stratygraficznej na takich izotopowo datowalnych skałach, których historię termiczną i chemiczną z pełną świadomością można zlekceważyć i to takich, których związki czasowe z współwystępującymi osadami są klarowne, zaś wiek materii mineralnej jest bardzo bliski wiekowi formy geometrycznej ciała skalnego. Wymagania te spełniają cienkie wkładki tufitów wśród szybko sedymentujących serii osadów z fauną. Czas powstania takiego tufitu, to moment w skali stratygraficznej, historia termiczna ma wymiar godzin, ewolucja mineralno-chemiczna jest zamrożona, a do tego dołącza się znaczne rozprzestrzenienie lateralne i jasna pozycja stratygraficzna. Jest to punktowy styk magmatyzmu i sedymentacji.

Nic więc dziwnego, że głównie na takich to reperach opiera się Podkomisja Geochronologii Komisji Stratygrafii Międzynarodowej Unii Nauk Geologicznych (IUGS), która zamierza na następnym Międzynarodowym Kongresie Geologicznym w 1989 r. przedstawić zrewidowaną i uściśloną stratygraficzną skalę czasu (5). Do jej konstrukcji zebrano już bardzo bogaty nowy materiał zarówno analityczny, jak i stratygraficznie znacznie górujący nad tym, co było do dyspozycji w 1965 r., kiedy ogłoszono poprzednią skalę. Jako ciekawostkę mogę podać, że bądź to dla ich niewystarczającej precyzji analitycznej, bądź, częściej, dla niewystarczającej precyzji określenia pozycji stratygraficznej, odrzucono niemal wszystkie dane, na jakich zasadzała się skala sprzed 20 lat, co jednak nie oznacza, że nowa skala będzie się drastycznie od poprzedniej różniła.

Kończąc wracając do tytułu referatu, kończę prośbą: wykreślmy z naszego słownictwa owo „*oznaczanie wieku bezwzględnego*”, gdyż im częściej będziemy tę „*bezwzględ-*

ność" powtarzali, tym trudniej będzie zrozumieć i wykorzystać bogactwo informacji, jakich dostarcza geochronologia izotopowa. Do dyspozycji jest wiele innych terminów: datowania radiometryczne, izotopowe, czy, dokładniej — argonowe, strontowe itd. (każde z nich co innego może wyrażać).

LITERATURA

1. Augustynek Z. — *Natura czasu*. PWN Warszawa 1983.
2. *Encyklopedia Powszechna* PWN. Warszawa 1983.
3. Holmes A. — "Absolute age" — a meaningless term. *Nature* 1962 vol. 196 1238.
4. Neuvonen K.J. — The apparent age pattern of the crust. *Bull. Com. Géol. Finl.* 1961 nr 196
5. Subcommittee on Geochronology, Intern. Union of Geol. Sciences, Commission on Stratigraphy. *Newsletter* 1985 No. 4

SUMMARY

The phrase is misleading and conveys a false message. What is determined is not an age, but isotopic ratios which are not absolute by virtue of their dependance on an initial value and on thermal and chemical history of the system. Moreover, usually the value calculated (a model age) represents not an age of a mineral but a cooling age. Differences in sensitivity and detection threshold of various sensors used by various methods, as well as slow transfer of heat,

result in difficulties of correlation of plutonic processes with biostratigraphic scale. Tuffitic intercalations in sedimentary series, being a point contact of magmatic processes and sedimentation, seem to offer the most valuable data to construct a new Time Scale.

РЕЗЮМЕ

Слова приведенные в заглавии являются фальшивыми в отнесении к результатам изотопных датирований, так как определяемыми величинами являются изотопные отношения, а не возраст, а они не могут быть абсолютными, потому что зависят не только от времени, но также от исходного положения и истории системы (термической и химической), а вычисленные величины часто не определяют возраста минерала только время, которое прошло от перехода через определенную температуру. Разницы в чувствительности и пороге детектирования датчиков применяемых в разных исследовательских методах, а также медленность перемещения тепловой волны являются источниками затруднений в коррелировании изотопных датирований плутонических пород с биостратиграфической шкалой разработанной для пород образовавшихся на поверхности земли. Для составления геологической шкалы времени самыми важными кажутся быть датирования туффитовых пропластков в сериях осадков, так как они являются пунктирным контактом магматизма и седиментации.