

POSTĘP W BADANIACH GEOCHRONOLOGICZNYCH

Liczące się prace nad radiometryczną (numeryczną) skalą czasową dla fanerozoiku rozpoczęły się w 1964 r., kiedy to na sympozjum Londyńskiego Towarzystwa Geologicznego podsumowano dotychczasowe wyniki dotyczące wieku radiometrycznego (4, 9). Przed tym okresem najbardziej znane były prace Holmesa (1937–1959). Technika analiz izotopowych nie była praktycznie rozwijana do 1960 r., a ogromny postęp w tej dziedzinie nastąpił począwszy od 1971 r.

W 1975 r. zainicjowano przez IGCP projekt no. 133 – Geochronology of Mesozoic and Cenozoic Deposits of Europe i pod kierunkiem G.S. Odina podjęto badania na szeroką skalę. Brało w nich udział 130 geologów z wielu krajów. Korzystali oni z analiz wykonywanych w 40 laboratoriach geochronologicznych świata. Opracowano metody specjalne dla utworów kredy i paleogenu. Stosowano następujące metody analityczne: K/Ar, Rb/Sr, U/Pb oraz metodę trakową. Ostateczne wyniki tych prac zostały opublikowane w 1982 r. w dwutomowym dziele wydanym przez znaną firmę angielską John Wiley & Sons pod redakcją G.S. Odina (12).

Opracowanie zostało wykonane przy udziale badaczy z 23 krajów, z czego połowę stanowią Francuzi, po około 20 zaś współpracowników z RFN, W. Brytanii i St. Zj. Ze strony krajów demokracji ludowych udział wzięli tylko geolodzy ze Związku Radzieckiego, Węgier i Polski (w pracach z Polski uczestniczyła K. Pożaryska). Omawiane dzieło zrecenzował szeroko najbardziej znany autor numerycznych skal czasu W.B. Harland (6). Należy tu odnotować, że w ostatnich paru latach ukazało się więcej opracowań geochronologicznych skal czasu fanerozoiku. Do najważniejszych należą: W.B. Harland et al. (7), A.R. Palmer 1983, W.A. Berggren et al. (2).

Dzieło Odina (12) jest w pewnym sensie kontynuacją opracowań zapoczątkowanych przez Harlanda w 1971 r. Książka zawiera część metodologiczną, materiałową i syntezę przedstawiającą zaktualizowaną skalę czasu fanerozoiku. Łącznie ze skorowidzami ma 1140 stron druku.

W przedmowie do dzieła J. Auboin stwierdza, że prace zespołu Odina zmierzają do kalibracji numerycznej (czasowej) klasycznych profilów i dotyczą prawie całkowicie materiałów z terenu Europy, gdyż właśnie tu na starym kontynencie ustanowiono wszystkie najważniejsze stratotypy. Drugą cechą pracy jest posłużenie się w badaniach minerałami powstającymi w procesie tworzenia się osadów (głównie glaukonitem), których proces powstania wiąże się ściśle z życiem w morskim środowisku sedimentacji. Sekwencje innych pozaeuropejskich kontynentów mają stratyografię ustaloną pośrednio, często na podstawie takich grup skamieniałości, jak ssaki, a chronometrami są

wulkanity, jak to się dzieje w Ameryce, dostarczając mniej ścisłych w sensie biochronologicznym danych.

We wstępie do pracy G.S. Odina zaznacza, że jako chronometru do badań użyto głównie minerału skał osadowych – glaukonitu, ale były również analizowane bentonity oraz różne skały magmowe. Część metodologiczna dzieła jest bardzo obszerna i obejmuje 23 rozdziały. Dotyczą one głównie przyczyn powodujących rozbieżności wyników oznaczeń wieku radiometrycznego. Różnice te dochodzą często do kilkunastu milionów lat dla mezozoiku, a kilkudziesięciu dla paleozoiku (por. też A.R. Palmer 1983).

Aby ich uniknąć należy używać właściwych chronometrów, to znaczy ściśle określonych stratygraficznie i sedimentologicznie. Jako najlepszy chronometr przyjęto powstały w skałach morskich minerał autogeniczny – glaukonit. Zawartość badanych izotopów powinna zależeć wyłącznie od rozpadu naturalnego, tzn. mogą być w mineralu obecne produkty przemian promieniotwórczych pochodzących sprzed momentu powstania minerału w osadzie. W miarę ewolucji minerału na dnie morza wzrasta ilość potasu pobranego z wody morskiej, co zmienia stosunki udziału argonu radiogenicznego w odniesieniu do istniejących w momencie powstawania tego minerału. Odin (12) stwierdził na podstawie setek analiz, iż zawartość K_2O powyżej $\pm 7\%$ stwarza już warunki, w których udział argonu radiogenicznego odziedziczony nie ma wpływu na wiek glaukonitu. Autor ten wyklucza z obliczeń wieku K-Ar glaukonity zawierające mniej niż $6\% K_2O$.

Omawiane przyczyny nieścisłości podzielono na 4 kategorie:

1) stratygraficzne. Wiele wcześniejszych datowań sporządzono w odniesieniu do skał plutonicznych, a ich stratygraficzne powiązanie ze schematem biostratygraficznym nie było jasne i ścisłe. Nieścisłości stratygraficzne staramy się omijać, używając chronometrów z samych stratotypów lub pochodzących z bliskich do stratotypów profilów;

2) genetyczne, które zależą od natury i pochodzenia chronometru. Ważną rolę odgrywa tu stosunek czasu powstania datowanej skały do czasu zamknięcia systemu;

3) historyczne, które dotyczą wtórnych zmian po utworzeniu się minerału i zamknięciu systemu;

4) analityczne, które dotyczą procesu laboratoryjnego i obliczeniowego, zwłaszcza użycia aktualnych i jednolitych stałych rozpadu.

Metody korelacji. Korelacja biochronologiczna ściśle namstręcza ciągle bardzo poważnych trudności. Powodują to nierozpoznane w sekwencjach skalnych przerwy sedimentacyjne, zmienność ekologiczna, wtórność złoża

i inne przyczyny. Korelacja geochemiczna powinna się stać nową pomocniczą drogą rozwiązywania ogólnych problemów korelacyjnych. W tym celu badane są przemiany izotopów ^{34}S , ^{18}O , ^{13}C w profilach geologicznych. Również wahania stosunków izotopowych ^{87}Sr , ^{86}Sr w wodzie morskiej, oparte na badaniach fanerozoicznych węglanów, może służyć do tych celów. (Jest to zapis fluktuacji stosunku tych izotopów w morzach fanerozoiku). Są to jednak na razie wyniki empiryczne bez interpretacji.

Coraz większego znaczenia nabiera przy korelacji **metoda paleomagnetyczna**, oparta na sekwencjach odwróceń biegunów. Ta magnetostratygraficzna skala czasu stanowi jedyną skalę zjawisk planetarnych pozostawiając ślad w sekwencjach skalnych. Jest ona więc z jednej strony idealną metodą do ścisłej czasowej korelacji zjawisk, z drugiej zaś powinna być szkieletem, który posłuży do ustalenia skali czasowej. Skala biostratygraficzna jest skalą względną, opartą na nieznanym bliżej tempie ewolucji. Radiometryczna skala czasu opiera się na pomiarach punktowych a nie ciągłych. Jej dokładność daje się już dzisiaj określać w granicach 5–10 tys. lat trwania zdarzenia stanowiącego odwrócenie bieguna Ziemi. Jest więc stosunkowo bardzo dokładna.

Punktem wyjścia jest stwierdzenie wielokrotnej zmiany określenia biegunów magnetycznych Ziemi w czasie geologicznym, rejestrowane w formie pasowych anomalii magnetycznych wulkanitów dna oceanicznego. Ponieważ skorupa oceaniczna na oceanach nie jest nigdzie starsza od jury środkowej, informacje te były ograniczone w czasie do ok. 150 mln lat (kelowej). Od kilku lat zaczęto bardzo intensywnie badać sekwencje zmian magnetycznych w profilach osadów pelagicznych na lądach i porównywać je z sekwencją zmian magnetycznych. Tą drogą bardzo wiele odcinków profili biostratygraficznych jest już umieszczonych w obrębie skali magnetycznej Ziemi. Takim klasycznym terenem badań porównawczych stały się Alpy Południowe, gdzie badaniami objęto odcinek czasu od liasu do trzeciorzędu. Badania te stały się podstawą do powiązania tabeli zmian magnetycznych z tabelą nie tylko biostratygraficzną, ale i numerycznej skali czasu.

Na oceanach podstawowym materiałem do tego celu, prócz obserwacji magnetycznych na poziomie morza, były badania głębokich wierceń, w tym głównie DSDP – (Glomar Challenger). Wulkanyty oceaniczne pozwalają na rejestrację okresów między zdarzeniami odwróceń biegunów, nawet rzędu 100 tys. lat. Pomiar wykazują, że amplituda anomalii maleje w odległości kilkudziesięciu kilometrów od grzbietu oceanicznego, a to wskutek utleniania tytanomagnetytu w warstwie 2A (lawy poduszkowe). Doświadczenie uczy, że sekwencje uzyskane na profilach skalnych lądowych dostarczają danych jeszcze dokładniejszych niż na oceanach. Tu należy podkreślić, że w dalszym ciągu istnieją niedostateczne podstawy do kalibracji stratygraficznych zjawisk magnetycznych dna oceanicznego. Tym niemniej wielu autorów zaczyna używać skali magnetycznej do interpretacji danych numerycznych (5). Skala tych autorów jest oparta na teorii stałej szybkości spredingu dna oceanicznego. Stało się to podstawą do ustalenia wieku poszczególnych odcinków dna oceanicznego od santonu po podstawy miocenu. A jak wynika z pracy W. Lowrie (11), szybkość spredingu zmienia się na tym odcinku czasu nawet dwukrotnie.

Pomierzone odcinki profilu magnetycznego mogą być tylko jakościowo porównywalne, natomiast bardzo zmienny spreding i szybkość sedymentacji powoduje, że trzeba je traktować elastycznie i dopiero szczegółowe powiązanie z numeryczną skalą wieku pozwoli na zastosowanie

do nich jednolitej skali umożliwiającej pełną porównywalność.

Metody badań izotopowych. Omawiając pokrótce podstawy metodyczne datowań izotopowych autor rozdziału N.H. Gale przedstawia istotne dla datowania i omówione w tym dziele izotopy podlegające przemianom. Są to: ^{40}K , ^{87}Rb , ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{147}Sm . Odin ze współpracownikami przeprowadzili interlaboratoryjne badania porównawcze przy użyciu jednej próbki o masie 300 kg. Była to skała wieku cenomańskiego zawierająca glaukonit. Druga próbka o masie 8 kg dotyczyła biotyty. W pracach tych wzięło udział 55 laboratoriów z 24 krajów. Badania wieku glaukonitu wykonano metodą K/Ar. Odchylenia między wynikami wieku wykonanymi w poszczególnych laboratoriach były mniejsze od 1%.

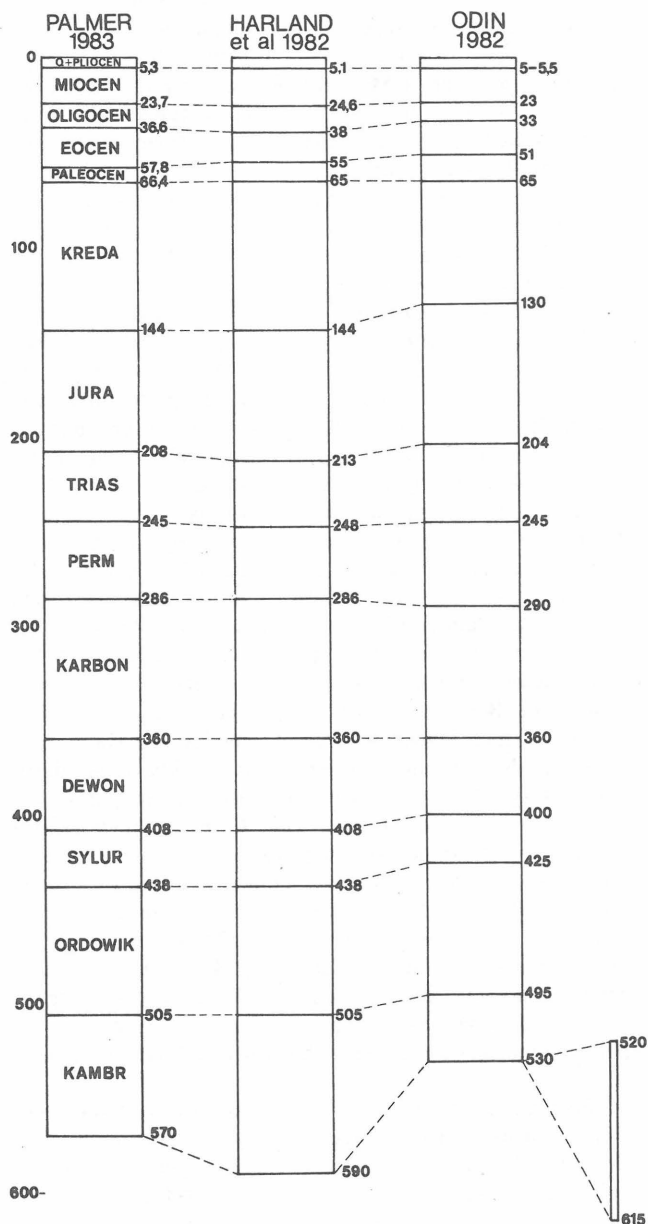
Przechodząc do bliższego omówienia analiz opartych na przemianie (transmutacji) potasu w argon, Gale przypomina, że badane są 3 izotopy argonu, a mianowicie: ^{40}Ar , ^{38}Ar , ^{36}Ar . W laboratorium w Bernie opracowano w 1979 r. nową metodę ekstrakcji, oczyszczania i pomiarów. Obecnie istnieje kilka laboratoryjnych metod pracy przy oznaczaniu tych izotopów stosowanych w zależności od zastosowanych minerałów. Nadmienić tu należy, że metodę trakową znaną od bez mała 20 lat autorzy uważają za ciągle jeszcze nie dopracowaną.

Dla geologów współpracujących z geochemikami większe znaczenie przedstawia ta część dzieła Odina, która traktuje o wykorzystaniu osadów dla uzyskania chronometru. Stwierdzono na podstawie badań 40 próbek glaukonitowych starszych od mezozoiku metodą K/Ar i Rb/Sr, że obie te metody mogą dawać nieco odmienny wiek, odmłodzony wskutek głębokiej diagenety. Metoda Rb/Sr jest bardziej uczulona na cyrkulację wody, a metoda K/Ar – na podgrzewanie. Wiek starszy od rzeczywistego wynika często z domieszki pochodzącej z wtórnego złoża. Na ogół metoda Rb/Sr daje wiek starszy, co stwierdzono konkretnie dla odcinka czasowego apt-koniak. Ważne jest stwierdzenie, że metoda Rb/Sr nadaje się nie tylko dla skał osadowych, gdzie do datowania można spożytkować całą skałę, a rubit i stront są zawarte w minerałach ilastych. Z rozważań autorów wynika, że metoda Rb/Sr nie jest bardziej dokładna dla skał osadowych niż metoda K/Ar.

W omawianym dziele autorzy bardzo dokładnie referują zagadnienie powstawania i ewolucji ziarn glaukonitu. Ilość K_2O w glaukonicie waha się od 2 do 8%, przy czym wzrasta w miarę postępu ewolucji ziarn tego minerału, która trwa tak długo jak długi jest jego kontakt z wodą morską. Szczegółowe badania wieku glaukonitu wskazują, że glaukonityzacja szczątków węglanowych dostarcza materiałów najściślej odpowiadających momentowi sedymentacji. W idealnym przypadku pomierzony wiek glaukonitu odpowiada dokładnie wiekowi skamieniałości leżących bezpośrednio nad glaukonitem.

Jeśli się nie uwzględni wielu zastrzeżeń dotyczących glaukonitu, to można uzyskać zupełnie fałszywy wiek. Należy więc przypomnieć, że dotychczas geolodzy uważali, że glaukonit daje wiek znacznie młodszy niż wiek osadów, opierając się na poglądzie, że część argonu uszła z osadu. Zmienia to więc nasz dotychczasowy stosunek co do datowania na podstawie glaukonitu. Jeśli przy tym uwzględnić fakt obecności materiału na wtórnym złożu, to najbardziej wiarygodny będzie uzyskany wiek najmłodszy, a nie jak dotychczas przypuszczano najstarszy. Rozumowanie powyższe ma sens tylko w przypadku eliminowania faktów uchodzenia argonu z minerałów, co może być spowodowane przez kilka czynników. Tektonizowanie glaukonitu powoduje odmłodzenie

ZESTAWIENIE POGLĄDÓW NA WIEK NUMERYCZNY
FANEROZOIKU W MLN LAT



Skala G.S. Odina na podstawie (12), nieco zmodyfikowana na podstawie informacji ustnej Odina z 1984 r.

Po prawej stronie u dołu przedstawiono różnice poglądów na wiek numeryczny dolnej granicy kambru według różnych autorów z lat 1981-1983.

jego wieku, a jak stwierdzono w Prowansji wynosi to nawet 7%. Z tym się również wiąże uchodzenie argonu obserwowane w strefach przyskokowych obszarów platformowych. Na ucieczkę argonu ma wpływ temperatura, ale dopiero gdy osiąga wartość powyżej 200°C. Praktycznie cały argon jest usunięty ze starych glaukonitów przy temperaturze wynoszącej 800°C, a z młodszych glaukonitów przy temperaturze 1000°C.

Glaukonityzacja szczątków węglanowych dostarcza wyników najściślej odpowiadających momentowi sedimentacji, natomiast glaukonityzacja koproliotów i wypełnienia otworów dają wiek bardzo podwyższony.

Na określenie wieku glaukonitu mają wpływ również procesy wietrzenia i ługowania. Tam gdzie w poziomach glaukonitowych występują poziomy rdzy, tam nastąpiło przemywanie w klimacie ciepłym. Wiąże się ono z utlenianiem i w konsekwencji zmienia w glaukonicie stosunki izotopowe. Tam natomiast, gdzie płukanie było umiarkowane a glaukonit podlegał wcześniej ewolucji, wiek K/Ar nie jest zmieniony. Lecz dla glaukonitu mało zaawansowanego w ewolucji wiek będzie obniżony. Jeśli ma się do czynienia z licznymi próbkami, należy wybrać glaukonit, który uległ najsilniejszej ewolucji, a pobrana próbka pochodzi z miejsca najdalej położonego od wpływów wietrzenia powierzchniowego i od wpływów tektonicznych. Badaniom poddaje się zarówno same ziarna wyseparowanego glaukonitu, jak i osad, w którym one tkwiły. W.B. Harland (6) nadmienia, że mimo iż glaukonit był uważany jako minerał dający wiek zanizony wskutek ucieczki argonu, to szeroko omówiony w pracy Odina (12) problem argonu pozwala uznać, że metoda oznaczania wieku numerycznego przy użyciu glaukonitu może stać się metodą uniwersalną; przy właściwej interpretacji dostarcza danych wiekowych dostatecznie dobrych. Glaukonit ma wielkie walory, gdyż pozwala na bezpośrednie datowanie wielu skał osadowych. Ponieważ jednak ewoluje, dojrzewa i podlega różnym wpływom, musi być traktowany selektywnie. Powyższe uwagi dotyczą w pewnym stopniu każdego materiału ilastego w osadzie. Jednakże zależnie od procesu genezy i historii geochemicznej ziarn, interpretacja radiometryczna rezultatów osiągniętych z glaukonitów może być zupełnie różna dla rozmaitych próbek (12). Bardzo ważna jest informacja o naturze inicjalnego podłoża, na którym rozwijał się proces glaukonityzacji.

Skaly magmowe. Stosowanie jako chronometru minerałów skał wulkanicznych czy plutonicznych jest dotychczas jeszcze uważane za bardziej pewne niż używanie glaukonitu. Bentonity są najściślej związane z warunkami powstawania skał o dobrym biostratygraficznym oznaczeniu, a więc z osadami morskimi. Od dawna są one używane jako chronometry. Nie są one ściśle tymi minerałami, które zostały wyrzucone przy erupcji, gdyż są produktem ich wietrzenia w środowisku morskim i głębokiej diagenety. Odin (12) zwraca uwagę, że w bentonitach jest pewien procent minerałów, które nie uległy diagenecie oraz wśród których mogą znajdować się minerały wcześniej wykrystalizowane w środowisku magmowym i minerały pochodzące z komina wulkanicznego, z jego ścian. Wszystkie one będą dawać różny wiek. Dla minerałów wyseparowanych stosuje się różne metody analityczne. A więc: -

metodę K/Ar dla plagioklaz, sanidynu, biotyty i hornblendy,

metodę Rb/Sr tylko dla biotyty,

metodę U/Pb i metodę trakovą dla cyrkonu.

Niepewność geochemiczne wiąże się z różnymi zanieczyszczeniami.

Znacznie mniej korzystne niż użycie skał wulkanicznych jest stosowanie do wiekowych pomiarów skał plutonicznych. Wpływa na to nie dość precyzyjne ustalenie ich momentu krzepnięcia, a właściwie zamknięcia chronometru w stosunku do skali biostratygraficznej.

Czas oziębiania plutonu trwa od 1 do 100 mln lat. Temperatura zamknięcia systemu Rb/Sr w muskowicie wynosi $\pm 500^\circ\text{C}$, a dla K/Ar w muskowicie 350°C , w skałeniu K/Ar wynosi 160°C . Ogromną rolę odgrywają tu procesy późniejsze przejawiające się zwłaszcza podnoszeniem się temperatury powyżej temperatury krytycznej

zamknięcia. Jak podaje Odin (12) waryscyjskie plutony Alp wykazują wiek radiometryczny 15 mln lat, co odpowiada ostatniemu metamorfizmowi alpejskiemu, tj. połowie miocenu. Dla obliczeń skali wieku usiłuje się znaleźć takie plutony, których wszystkie systemy analityczne dają ten sam wiek. Te same uwagi dotyczą skał metamorficznych.

Numeryczna (radiometryczna) skala czasu. Dalecy jesteśmy jeszcze od ustalenia dokładności skali czasu, ponieważ rozbieżności między poszczególnymi autorami przekraczają w fanerozoiku dla horyzontów 10 mln lat. Wynika to z omówionych niepewności oraz z faktu, że autorzy powołują się na dane podane za pracami poprzedników nieraz odległymi w czasie, nie analizując granic błędów i nie odrzucając danych niepewnych. Uwagi Harlanda (6, s. 396) są w tym względzie bardzo istotne. Twierdzi on, że w omawianej pracy granice stratygraficzne są omawiane w pojęciach biostratygraficznych, a nie na podstawie stratotypowych przekrojów. Wydaje się, że rzeczywiście nie uniknie się – przy dalszym precyzowaniu granic – przyjęcia za punkt wyjścia sekwencji skalnych stratotypów, w obrębie których trzeba będzie ustalić bardziej precyzyjne granice niż to dają fakty biostratygraficzne. Jak wiadomo dalecy jesteśmy od takiej precyzji. Jest to jeden z powodów rozbieżności w skalach czasu różnych autorów. Narzuca się również pogląd, że dla precyzowania granic, poza pojęciami biostratygraficznymi, użyteczna powinna być paleomagnetyka. Obecne badania oznaczeń radiometrycznych nie dotyczą na ogół próbek z granic stratygraficznych, lecz z bliżej nie sprecyzowanego położenia w obrębie pięter, a rzadziej – poziomów.

Jednym z najbardziej zbadanych a jednocześnie kontrowersyjnych zagadnień jest skala czasowa kambru i jego dolnej granicy. Rozbieżności są tu ogromne, gdyż wynoszą blisko 100 Ma: Chińczycy – 615 Ma (3), M.B. Kaller, A.A. Krasnobajew – 590 Ma (10), W.B. Harland i in. – 590 Ma (7), R.L. Armstrong – 570 Ma (1), V.J. Snelling – 520–610 Ma (15), G.S. Odin et al. – 530 Ma (12). Jednak najczęściej w ostatnich 15 latach podawana była data 570 Ma i taką datę przytacza również Palmer (1983) z Ameryki. Najnowsza analiza tego zagadnienia jest zreferowana w pracy G.S. Odina (13), gdzie przeanalizowano profile z półwyspu Synaj, Normandii, Bretanii, Maroka i Anglii. Dostarcza ona przekonywujących danych z końca 1983 r. Można by się zgodzić z danymi Odina, jednak przedtem wymaga wyjaśnienia oznaczenie w Chinach wieku Tommotianu na 610 Ma.

W obrębie paleozoiku różnice między skalami numerycznymi są dość znaczne i wynoszą od kilku do kilkunastu milionów lat.

Do takich nie uzgodnionych problemów należy również granica jury i kredy. Sprawę referuje W.J. Kennedy i G.S. Odin (12). Problem komplikuje fakt, że granica ta jest pojmowana odmiennie w prowincji borealnej i tetydzkiej. Ograniczając się jednak do prowincji borealnej trzeba stwierdzić, że brak pomiarów dla najniższej kredy. Autorzy podają dwa oznaczenia na podstawie K/Ar, które omawiają. Są one z terenu Anglii i okolic Moskwy. Pierwsze odrzucają, gdyż zbyt mała jest zawartość – 5,5% K (Anglia – 134 ± 4 Ma, Moskwa – 120 Ma).

Uwzględniając więc dane dotyczące najwyższej jury. Wydaje się, że granicę tę należy postawić na 130 Ma. J. Harland (6) zwraca uwagę, że omawiane rozbieżności są w jakimś stopniu związane z nieujednoczoną straty-

grafia tej granicy. Diapazon tych niepewności jest większy niż długość trwania całego piętra. W. Lowrie (11), przyjmuje ją na 138 Ma. A. Cox (vide 7) zaproponował inną niż Lowrie, a mianowicie magnetyczną skalę czasu, minimalizując zmiany szybkości spredingu. Wszystkie piętra między aptem a kimerydem uznał za jednakowo długo trwające (po około 6 Ma) i wtedy granica jura/kreda przypada na 144 Ma. Wartość ta weszła do tablicy Harlanda, podczas kiedy uznać ją trzeba za spekulatywną, bo opartą na ujednoczeniu i zminimalizowaniu szybkości spredingu. Były jednak i inne podstawy do przyjęcia jej, gdyż w 1964 r. i następnie w 1971 r. była ona alternatywnie przyjęta przez Geological Society of London (6, 7).

Odnośnie do kenozoiku Harland (6, s. 399) pisze, że wiele nowych oznaczeń na próbkach ściśle powiązanych z biostratygrafia klasycznych przekrojów europejskich było zebranych przez D. Curry'ego i opracowanych, co umożliwiło temu autorowi wspólnie z Odinem poprawić skalę czasową. Zmieniły one wiek węzłowych punktów korelacyjnych, które do niedawna opierały się na horyzontach wulkanicznych Ameryki Północnej. Z uwag Curry'ego (ustnych) wynika, że porównując skale czasowe Odina i Berggrena widać, że granice paleogenu są zgodne w tych skalach. Niezgodności zaznaczają się najwyraźniej w datowaniu podstawy lutetu. U Berggrena liczy ona 52 Ma (*vide* Palmer 1983), a u Odina (12) – 45 Ma. Skala tego ostatniego autora jest oparta na glaukonicie, z uwzględnieniem pewnych danych wziętych ze skał magmowych. Berggren oparł swoją skalę na teorii stałej szybkości spredingu dna oceanu, między punktami santinu i podstawą miocenu, które to punkty miał datowane. Używał on korelacji na podstawie magnetycznej z oceanu i z lądu (S Alpy Włoc – Gubbio). Wykorzystał on w tym celu dane radiometryczne wieku skał magmowych N Ameryki, datowane biostratygraficznie przez wkładki skał osadowych zawierających faunę ssaków. Jednakże ta fauna amerykańska nie daje dostatecznie pewnych podstaw do korelacji biostratygraficznej z Europą i dlatego Berggren zastosował korelację magnetostratygraficzną. Są różne alternatywy wiązania skali paleomagnetycznej ze skalą biostratygraficzną w paleogenie.

Pomimo że Harland w swoim ciekawym Essay Review (6) usuwa wiele zastrzeżeń, to jednak w sumie uważa on dzieło Odina (12) i jego współpracowników za duży postęp w tej dziedzinie nauki. W 1984 r. przewidywane jest opublikowanie w Geological Society of London nowej edycji skali chronostratygraficznej świata.

Panu profesorowi dr Kazimierzowi Łydcie składamy serdeczne podziękowania za przejrzanie artykułu i opatrzenie go cennymi uwagami.

L I T E R A T U R A

1. A r m s t r o n g R.L. – Pre-Cenozoic Phanerozoic time-scale. [In:] *Contr. to the Geol. Time Scale*. Amer. Ass. Petrol. Geol. Studies in Geology 1978 no. 6.
2. B e r g g r e n W.A., K e n t D.V., F l y n n J.J. – Paleogene geochronology and chronostratigraphy. [In:] *Geochr. and the Geol. Record*. Geol. Soc. London 1984 (in press).
3. C h e n Jinbiao, Z h a n g Huimin, X i n g Yusheng, M a Guogan – Precambrian Research. On the Upper Precambrian (Sinia suberathem). 1981 no. 15.
4. F u n n e l l B.F. – The Tertiary Period. In the *Phanerozoic Time-Scale: a Symposium*. Quart. J. Geol. Soc. London 1964 vol. 120.

5. Hardenbol J., Berggren W.A. — A new Paleogene Numerical Time-Scale. Amer. Ass. Petr. Geol. (Studies in Geology) 1978 no. 6.
6. Harland W.B. — More time scales. Geol. Mag. 1983 vol. 120 no. 4.
7. Harland W.B., Cox A.V., Llewellyn P.G., Pickton C.A.G., Smith A.G., Walters R. — A geologic time-scale. Cambridge University Press 1982.
8. Harland W.B., Francis E.H. — The Phanerozoic time scale. Geol. Soc. London 1971 Spec. Publ. 5.
9. Harland W.B., Smith A.G., Wilcock B. (Eds.) — The Phanerozoic time-scale. Geol. Soc. London Spec. Pap. I (Suppl. to vol. 120 of Quartely J. Geol. Soc.) 1964.
10. Keller B.M., Krasnobajew A.A. — Late Precambrian geochronology of the European USSR. Geol. Mag. 1983.
11. Lowrie W. — A revised magnetic polarity time-scale for the Cretaceous and Cainozoic. Phil. Trans. R. Soc. London 1982 A no. 306.
12. Odin G.S. (Ed.) — Numerical dating in stratigraphy. Parts I, II. Wiley — Interscience: Chichester, New York, Brisbane, Toronto 1982.
13. Odin G.S. — Numerical dating of Precambrian — Cambrian boundary. Nature 1983 no 301.
14. Odin G.S. — The Phanerozoic time-scale revisited. Episodes 1982 no. 3.
15. Snelling V.J. — Chronology of the Geological Record. Episodes 1982 no. 2.

SUMMARY

In 1982, the publishing house J. Wiley and Sons has published a monograph "Numerical Dating in Stratigraphy", edited by G.S. Odin. The monograph, published in two volumes, contains papers written by authors from 23 countries. It is mainly devoted to the use of minerals formed in sediments, especially glauconite, as chronometers, and the developments in this discipline are discussed in a number of papers. At the same time, several authors emphasize the use of various chronometers, often taken at points with imprecise or even debatable biostratigraphic datings, in the hitherto compiled radiometric time scales. The cited examples include those of North American chronometers, dated on the basis of vertebrate remains found in neighbouring sedimentary rocks. There are also emphasized difficulties in biostratigraphic dating of igneous rocks of plutons. Because of the above difficulties there appeared a tendency to compile numerical time tables on the basis of chronometers from stratotype sections, i.e. almost exclusively European ones.

Up to the present there were put forward several serious objections in relation to the use of glauconite for datings made by the K/Ar method. The objections are carefully analysed in this monograph and the ways to eliminate the resulting errors are given. In concluding papers the authors formulate a principle according to which not the oldest but the youngest ages obtained on the basis of glauconite should be treated as reliable. In the past the former were treated as reliable and the latter questioned because of the possibility of easy escape of argon from this mineral (a phenomenon shown here to be rather rare). In turn, the oldest ages appeared to be influenced by some content of argon in parent matter, from which glauconite originated in marine environment. In the cited review of this monograph, W.B. Harland highly appreciated it as important contribution to the developments in geochronology.

РЕЗЮМЕ

В 1982 г. вышла из печати книга под редакцией Г.С. Одина „Numerical Dating in Stratigraphy” изданная международным издательством Вайлей энд санс. Это большая двухтомная работа, в разработке которой принимали участие исследователи из 23 стран. Она посвящена главным образом применению в качестве хронометра минералов образующихся в осадке, а прежде всего глауконита. В нескольких статьях подробно рассматривается прогресс в этой области. Авторы указывают на то, что до сих пор в составлении радиометрической шкалы фанерозоя применялись разные хронометры, часто отобранные из точек с неточным или сомнительным биостратиграфическим определением. Приведены хронометры вулканитов Северной Америки, датированные остатками позвоночных в осадочных породах. Обращено внимание на затруднения биостратиграфического датирования магматических пород в плутониях. В настоящее время существует тенденция применения для численной шкалы времени хронометров и стратотипичных разрезов почти исключительно европейских.

До сих пор существовали серьезные возражения при использовании глауконита, для которого применяется калиево-аргоновый метод. В работе Г.С. Одина проведен подробный анализ этих возражений и приведены способы избежания ошибок. В заключении авторы устанавливают что достоверным является самый молодой возраст полученный при помощи глауконита, а не самый древний, как это принимали до сих пор. Самый молодой возраст не принимался из-за мнения о легком улетучивании аргона из минерала, которое оказалось неправильным. Древний возраст вытекает из содержания аргона в исходном материале, из которого образовался глауконит в море. Приведенная рецензия В.Б. Харлянда, касающаяся работы Г.С. Одина, указывает на её большую ценность для прогресса геохронологических исследований.