

JAN BURCHART¹

WIEK BEZWZGLĘDNY SKAŁ POLSKICH
(KATALOG OZNACZEŃ GEOCHRONOLOGICZNYCH)

(5 tabel)

Absolute ages of rocks from Poland
(A Catalogue of geochronological determinations)

(5 Tables)

UWAGI WSTĘPNE

W dziedzinie geochronologii izotopowej geologia polska pozostaje daleko w tyle nie tylko za krajami w tej dziedzinie przodującymi (Stany Zjednoczone, Związek Radziecki, Wielka Brytania, Kanada, Szwajcaria, Francja), lecz także za większością krajów europejskich, w ich liczbie za Czechosłowacją, Niemiecką Republiką Demokratyczną i Jugosławią.

Sześć lat temu J. B o r u c k i (1963) oceniał nasze zapóźnienie w tej dziedzinie na 10—20 lat w stosunku do czołówki, a na 3—10 lat w stosunku do siedmiu wymienionych przez niego krajów europejskich. Minionych sześć lat stanowi okres niebywale burzliwego rozwoju geochronologii bezwzględnej i w ogóle geologii izotopowej na całym niemal świecie. W tym czasie w kraju zrobiono stosunkowo niewiele, tak że dystans nie tylko nie zmalał, lecz raczej wzrósł.

Mimo to jednak okazuje się, że skały polskie dostarczyły już ponad sto pięćdziesiąt dat. Część z nich uzyskana została w jedynej krajowej pracowni geochronologii w Instytucie Geologicznym w Warszawie, część z nich dostarczyli Polacy korzystający z gościnności laboratoriów zagranicznych, część zaś została wykonana przez badaczy obcych. Sprawia to, że materiał przedstawiony w niniejszym katalogu jest niesłychanie niejednorodny pod względem doboru, sposobu badań i wiarygodności wyników.

Poczynając od K. S m u l i k o w s k i e g o (1951) geologowie polscy rozumieją, że tam, gdzie nie sięgają metody biostratygrafii i zawodzi korelacja litologiczna, a więc na obszarach zbudowanych z plutonicznych skał magmowych i metamorficznych (Sudety, Tatry, podłoże krystaliczne Podkarpacia, podłoże północno-wschodniej Polski), metody geochronologii izotopowej są niezbędne. Dlatego też chętnie przekazywano pojedyncze próby badaczom zagranicznym. Z drugiej strony budowa geologiczna Polski interesuje nie tylko nas, lecz także i naszych sąsiadów, więc też w czasie wyjazdów terenowych organizowanych z okazji różnych zjazdów czy konferencji geologowie zagraniczni, głównie radzieccy, pobierali pojedyncze okazy do oznaczenia ich wieku, zwykle z myślą o wykorzystaniu danych

¹ Warszawa 87, ul. Marzanny 10 m. 59.

do sprawdzenia i korektur skali geochronologicznej. Nic więc dziwnego, że wyniki, jakkolwiek stosunkowo nieliczne, rozproszone są w dużej ilości publikacji czasem mało znanych, gdzie częstokroć wspomniane są marginesowo. Dlatego też wydaje się celowe zebranie ich w postaci katalogowej. Z inicjatywą taką wystąpił zarząd główny Polskiego Towarzystwa Geologicznego. Przedstawiony wykaz z pewnością nie jest kompletny. Ponieważ wydaje się celowe, by co kilka lat ogłaszać suplement do katalogu, będzie więc okazja, by spis uzupełnić nie tylko danymi nowymi, lecz także, starszymi, które przeoczyłem tym razem.

W pracach geochronologicznych wyraźnie różnicują się dwa poziomy. Jeden to wyniki oznaczeń, drugi to ich interpretacja, nierzadko dyskusyjna. Zdarza się jednak, że przy wielokrotnym powoływaniu się na pracę materiał faktyczny ginie prawie zupełnie i jako dane źródłowe podawana bywa tylko ich interpretacja, w której pomijane są na przykład dane do niej nie pasujące. W miejsce szerokiego zakresu dat zjawia się i jest cytowana już tylko jego średnia, mimo że niekiedy wartości skrajne są w datowaniach znacznie od średniej ważniejsze, a owa przeciętna może w ogóle nie mieć znaczenia geologicznego. Niniejsze zestawienie ułatwi więc powrót do rzeczywistych danych źródłowych.

STAŁA ROZPADU K^{40}

Przy cytowaniu oznaczeń wieku często podaje się tylko daty, nie podając, jakimi stałymi rozkładu posługiwano się przy ich obliczeniu. W oznaczeniach metodą potasowo-argonową skał polskich używano aż trzech różnych stałych¹. Do roku 1959 w Związku Radzieckim (a w Czechosłowacji jeszcze dłużej) przyjmowano $\lambda_\beta = 4,9 \times 10^{-10}$ na rok i $\lambda_K = 0,602 \times 10^{-10}$ na rok, później zaś uznano wartości $\lambda_\beta = 4,72 \times 10^{-10}$ na rok i $\lambda_K = 0,557 \times 10^{-10}$ na rok. W Instytucie Geologicznym w Warszawie używano tzw. stałych amerykańskich stosowanych w Stanach Zjednoczonych, a także polecanych przez niektórych badaczy radzieckich (np. m. in. Rubinshtein 1964), wynoszących $4,72 \times 10^{-10}$ na rok dla λ_β i $0,584 \times 10^{-10}$ dla λ_K . Różnice nie są małe. Ta sama zawartość K^{40} i Ar^{40} da np. wynik 463, 479 i 500 milionów lat odpowiednio według stałych radzieckich, amerykańskich i radzieckich nowych. Dla wyjaśnienia dodam, że stałe λ_β uzyskano drogą oznaczeń fizycznych, podobnie jak i stałą $\lambda_K = 0,584 \times 10^{-10}$ na rok, zaś stałą $\lambda_K = 0,557$ uzyskano tzw. metodą geochemiczną, za stałą tę przyjęto bowiem taką wartość, dla której wyniki datowań metodą K/Ar we wzorcowych przypadkach zgadzają się możliwie najlepiej z wynikami oznaczeń metodami ołowiowymi. W niniejszym katalogu podane są wartości w latach według oryginalnej pracy, a także te same wyniki przeliczone według stałych „amerykańskich”. Sprowadzenie liczb oryginalnych do wartości wynikających ze stałych 0,584 i 4,72 podyktowane jest tym, że są to właśnie stałe, jakimi posługuje się jedyna w Polsce pracownia argonowa, a przy tym są to stałe, dla których skonstruowane są skale geochronologiczne Holmesa, Kulp a i powszechnie używana skala uchwalona przez sympozjum ku czci Holmesa (Geol. Soc. London 1964). Dyskusję problemu stałych rozpadu K^{40} znaleźć można w pracy Rubinshteina i Gelmana (1962).

¹ Ponieważ 89% nuklidów ^{40}K ulega przemianom β^- przekształcając się w ^{40}Ca , pozostałych zaś 11% w drodze przemiany K produkuje ^{40}Ar , we wzorach znaleźć się muszą stałe dla obydwu przemian.

Ogólny wzór, z którego obliczany jest wiek oznaczany metodą potasowo-argonową, ma postać:

$$t = \frac{1}{\lambda_K + \lambda_\beta} \ln \left(\frac{\lambda_K + \lambda_\beta}{\lambda_K} \frac{Ar^{40}}{K^{40}} + 1 \right)$$

Podstawiając odpowiednie stałe i przechodząc z logarytmów naturalnych na dziesiętne, przygotowałem następujące wzory robocze, którymi się posługiwałem w przeliczeniach.

$$1. \quad t = 41850 \lg \left(9,13953 \frac{Ar^{40}}{K^{40}} + 1 \right)$$

$$2. \quad t = 43634 \lg \left(9,4740 \frac{Ar^{40}}{K^{40}} + 1 \right)$$

$$3. \quad t = 43412 \lg \left(9,0822 \frac{Ar^{40}}{K^{40}} + 1 \right)$$

przy czym

wzór 1) przyjmuje $\lambda_\beta = 4,90 \times 10^{-10}$ na rok i $\lambda_K = 0,602 \times 10^{-10}$ na rok

wzór 2) $\lambda_\beta = 4,72 \times 10^{-10}$ na rok i $\lambda_K = 0,557 \times 10^{-10}$ na rok

wzór 3) $\lambda_\beta = 4,72 \times 10^{-10}$ na rok i $\lambda_K = 0,584 \times 10^{-10}$ na rok.

Dla przejścia między datami opartymi na stałych „amerykańskich” i „nowych radzieckich” w zakresie do 600×10^6 lat posługiwać się można tablicami opracowanymi przez Rubinshteina i Gelmana (1962).

Niestety istnieją prace, których autorzy nie podają stałych, jakimi się posługiwali w obliczeniach wieku. Jeśli prócz wieku podają oni zawartość potasu i argonu w badanej próbce, drogą przeliczeń dochodziłem do użytych stałych. Gorzej, a zdarzają się i takie wypadki, gdy publikacja nie zawiera żadnych danych analitycznych, lecz tylko wiek. Starłem się wtedy wyjaśnić sprawę, bądź też odgadywałem stałe na podstawie daty i miejsca wykonanych analiz.

Przedstawione komplikacje, wynikające z braku powszechnie przyjętych jednolitych stałych rozpadu występują nie tylko w przypadku oznaczeń metodą potasowo-argonową. Podobnie rzecz się ma z datowaniami rubidowo-strontowymi. Część badaczy uznaje stałą $\lambda_{Rb^{87}} = 1,47 \times 10^{-11}$ na rok, część zaś $1,39 \times 10^{-11}$ na rok. Wszystkie jednak opublikowane datowania skał polskich wykonano przy użyciu pierwszej wartości, która jest wielkością oznaczoną analitycznie bezpośrednimi metodami fizycznymi i która daje wyniki dość dobrze korespondujące z wynikami oznaczeń K-Ar (przy użyciu stałych „amerykańskich”) na tych samych minerałach we wzorcowych przypadkach (skały o prostej, jednoetapowej historii). Wartość $1,39 \times 10^{-11}$ na rok została uzyskana pośrednimi metodami, tzw. metodą geochemiczną i zdaje się ona korespondować z wielkościami λ_K i λ_β przemian K^{40} równymi $0,557 \times 10^{-10}$ na rok i $4,72 \times 10^{-10}$ na rok.

WARTOŚĆ OZNACZEŃ

Nie przeprowadzałem żadnej selekcji danych i w katalogu starałem się umieścić wszystkie opublikowane oznaczenia. Nie do wszystkich jednak odnosić się można z pełnym zaufaniem i niewątpliwie liczba podawana w rubryce „wiek” jest częstokroć tylko wiekiem pozornym. Przy ocenie

wiarygodności oznaczeń uwzględniać trzeba kilka aspektów poniżej krótko omówionych (szersza dyskusja geologicznego znaczenia wyników datowań, źródeł błędów i przyczyn nieporozumień oraz obszerna bibliografia przedmiotu przedstawiona jest w osobnej pracy: Burchart, 1971).

Metody analityczne i ich dokładność

W początkowej fazie oznaczenia argonu powszechnie wykonywano tzw. metodą objętościową bez kontroli izotopowej. Ten pierwotny wariant metody opiera się na założeniu, że argon zawarty w próbce składa się wyłącznie z izotopu Ar^{40} , że nie ma w nim domieszek argonu atmosferycznego, że argon został w pełni ilościowo oczyszczony od innych gazów i że w czasie procesów oczyszczania nie doszło do utraty tego gazu. Bez analizy składu izotopowego nie ma niestety możliwości stwierdzenia, czy założenie to jest spełnione.

Udoskonalona odmiana metody objętościowej polega na kontroli izotopowej argonu. Niewątpliwie największym zaufaniem darzyć można oznaczenia zawartości argonu-40 wykonane metodą izotopowego rozcieńczania. Nie jest to równoznaczne z zupełnym dyskredytowaniem analiz bez oznaczeń izotopowych, okazuje się bowiem, że wyniki częstokroć zgadzają się z rezultatami badań innymi metodami. Pozostaje jednak faktem, że w laboratoriach wysokiej rangi naukowej metodę objętościową dawno już zarzucono. Oznaczeniom bez kontroli składu izotopowego przyznaje się obecnie raczej rolę danych rekonesansowych, a I. E. Starik wypowiedział się przeciw ich publikowaniu już w roku 1956 (in Trudy V Sessii, 1958, str. 356—361), w podsumowaniu dyskusji na kolejnej sesji Komisji do Oznaczeń Wieku bezwzględnego formacji geologicznych Akademii Nauk ZSRR. Oczywiście zaufanie do wyników rośnie, gdy dysponuje się szeregiem oznaczeń z jednego kompleksu skalnego, przy czym wyniki są zgodne, a część próbek jest skontrolowana w innych laboratoriach doskonalszymi metodami.

Dobór badanego materiału

W bardzo wielu przypadkach nie przywiązywano wagi do separacji minerałów i do petrograficznej i mineralogicznej kontroli oznaczanej substancji. Nie wszystkie minerały nadają się do datowań, daty uzyskane na różnych minerałach tej samej skały co innego mogą oznaczać, szczególnie jeśli analizuje się skały przeobrażone. Dlatego też trudno jest porównywać wiek hornblendy z jednej skały z wiekiem skalenia z drugiej. Trudno też interpretować oznaczenie, jeśli wykonano je na wyodrębnionej ze skały metamorficznej mieszaninie amfiboli ze skaleniami. Powszechnie kwestionuje się sens oznaczeń całych prób granitów i skał metamorficznych metodą potasowo-argonową, bez separacji odrębnych czystych minerałów, jakkolwiek oznaczenia w całości drobnoziarnistych zwięzłych skał wulkanicznych, np. bazaltów, dają na ogół wyniki poprawne. Na międzynarodowym kolokwium geochronologicznym w Szwajcarii we wrześniu 1969 roku bardzo ostro krytykowano badacza, który w przedstawionych wynikach dużej pracy obok wielu oznaczeń wykonanych na minerałach podał też dwie daty dla próbek całych granitów.

Sądząc z podawanej zawartości potasu, niektóre z oznaczeń wykonane były na substancjach silnie zanieczyszczonych bądź też na materiale zwię-

trzałym. Jeśli bowiem oznaczano biotyt, w którym zawartość potasu wynosiła 2,8%, oznacza to, że prawdopodobnie analizowano minerał gruntownie zwietrzały, z którego większość potasu uległa wyługowaniu, a w takim przypadku „wiek” nie wiadomo co oznacza. Albo też nie był to czysty biotyt, lecz jego mieszanina z niewiadomym minerałem ubogim w potas. Warto zwrócić uwagę, że Afanasiev, Borisevich, Shanin i Sheina (1963) oraz Afanasiev, Borisevich i Shanin (1962) opisali przypadki, w których hipergeniczne ługowanie potasu z łuszczaków prowadziło do „postarzenia” wieku potasowo-argonowego nawet o 80%. Niestety dla niektórych oznaczeń minerałów skał Polski nie podano zawartości potasu i wtedy nie pozostaje nic innego jak mieć nadzieję, że badano minerał niezwietrzały, wyodrębniony w czystej postaci, albo też do daty nie przywiązywać istotnego znaczenia.

Szczegółnej ostrożności wymaga interpretacja „wieku” skał osadowych. Łupek ilasty zawiera oczywiście potas, zawiera też argon i od strony technicznej nic nie stoi na przeszkodzie, by oznaczyć ich zawartość i wyliczyć wartość mającą wymiar czasu — „wiek”. Jest to jednak materiał niejednorodny genetycznie i wiekowo, gdyż składa się ze starych minerałów detrytycznych, z nowotworów synsedymencyjnych oraz z faz będących efektem diagenety. Nie ma powodu, by oznaczenie stosunku argonu do potasu w próbce takiej skały uważać za miarę jej wieku geologicznego. Wyniki badań współczesnych osadów głębokomorskich dały wieki pozorne od 0 do 690 milionów lat, przy czym wartości poniżej 160 milionów lat otrzymano tylko w 9 przypadkach, w tym zerowe zaledwie w dwu na ogólną ilość 51 zbadanych próbek (A. Ya. Krylov, A. P. Lisitsyn, Yu. I. Silin, 1961). Istnieje przy tym wyraźna zależność od wieku skał obszaru źródłowego. Jest to oczywiste, gdyż przecież w chwili powstania skały osadowej jej składniki zawierały radiogeniczny argon nagromadzony w ciągu ich starszej historii, w pierwotnych skałach obszaru źródłowego.

Ilość oznaczeń

Właściwie do pojedynczego oznaczenia nie powinno się przywiązywać wagi, gdyż nie można wtedy odróżnić wieku rzeczywistego od pozornego, pierwotnego od skażonego młodszymi procesami. Aby uznać datowanie za rzeczywiście wiarygodne, trzeba dysponować serią oznaczeń wykonanych różnymi metodami na różnych minerałach. W świetle wyników współczesnych prac geochronologicznych stwierdzenie to jest oczywiste. Warto jednak zwrócić uwagę, że pogląd taki poważni badacze wypowiadali już w roku 1956 (Starik, in Trudy V Sessii, 1958, str. 5—7).

Lokalizacja próby

Dla oceny znaczenia podawanej wartości konieczna jest znajomość geologicznej sytuacji próby i jej charakterystyki petrograficznej. W przeglądanej literaturze zdarzyło mi się spotkać określenie następujące: Łupek, Karpaty. W tym jaskrawym przypadku oznaczenie przedstawia może jakąś wartość wyłącznie dla autora pracy, jeśli pamięta on przynajmniej, z jakiego państwa próba pochodzi (tej pozycji nie umieściłem w katalogu, gdyż pewne poszlaki wskazują, że analizowana skała pochodzi z Rumunii lub Ukrainy).

ZAKRES KATALOGU

Staralem się ująć wszystkie dostępne oznaczenia wykonane na skałach polskich. Ponieważ jednak granice państwa przecinają jednostki geologiczne, do spisu włączyłem również skały z terenów sąsiednich bezpośrednio przyległych do obszaru państwa, jeśli pochodzą one z jednostek przedłużających się na teren Polski. Wydawało mi się sztuczne rezygnowanie z oznaczeń granitoidów ze słowackiej części Tatr Wysokich czy też z czeskiej części Karkonoszy lub granitu kudowskiego bądź łuzycznego. Nie umieszczam natomiast datowań wykonanych na próbkach z wierceń w zachodniej części Ukrainy i Białorusi, gdyż przy punktowym tylko rozpoznaniu struktur wglębnych trudno o ścisłą paralelizację. Pewne dane porównawcze wspomniane będą w części opisowej.

Dzięki uprzejmości i życzliwości dra T. Depciucha i dra J. Lisa z Instytutu Geologicznego w Warszawie zbiór analiz mogłem rozszerzyć o wyniki przez nich uzyskane, dotychczas nie ogłoszone drukiem. Dziękuję również drowi Wacławowi Rycie za udostępnienie trzech nie publikowanych datowań wykonanych w Związku Radzieckim.

KRYSTALICZNE PODŁOŻE NIŻU POLSKI

Zestawienie wyników datowań daje tabela 1. Z wyjątkiem sjenitu z Elku wartości liczbowe są dość zwarte. Niestety niemal wszystkie otrzymane zostały metodą K/Ar na biotycie, a dwa datowania Rb/Sr wykonano również na biotycie. Tym samym, jakkolwiek zgodność danych zdaje się w pewny sposób podawać czas ostatniej fazy przeróbki tych skał, to jednak o ich starszej historii nic nie wiemy. Spodziewać się można, że badania cyrkonów metodami U-Th-Pb i oznaczanie próbek całych skał metodą Rb-Sr dostarczą w przyszłości nowych informacji. Dodać trzeba, że wartości uzyskane dla skał z wierceń w okolicach Grodna wynoszą: dla gabra z Moridna 1610, dla gnejsów zaś z Lososna i Glebowiczi 1440 milionów lat (E. K. Gerling, A. M. Pap, I. M. Morozova, G. V. Ovchinnikova), co po przeliczeniu według stałych „amerykańskich” daje odpowiednio 1557 i 1390 milionów lat.

Poważne wątpliwości istnieją natomiast co do znaczenia wyników analiz sjenitu z Elku. Według W. Ryki (1963) próbka dostarczona K. Przewłockiemu (poz. 40 w tabeli 1) stanowiła biotyt z nagromadzenia w szczelinie skały. Wartości podane przez I. Kardymowicz (oznaczenia Ku z nietsowa) otrzymano zaś metodą optyczną, której wiarygodność nie jest powszechnie uznana.

SKAŁY KRYSTALICZNE Z WIERCEŃ OBSZARU PODKARPACIA

Mimo kilkunastu oznaczeń zestawionych w tabeli 2 obraz jest niejasny. Daty zamykają się w przedziale od 837 do 307 milionów lat (wyłączając diabazy). Niestety tylko jedno oznaczenie wykonano na czystym wyodrębnionym mineralu. Pozostałe analizy przeprowadzono albo na próbkach całych skał, nawet na bliżej nie określonych mieszaninach różnych skał (amfibolity i gnejsy), albo też na mieszaninach minerałów. Zresztą niektóre określenia substancji badanych są zupełnie niezrozumiałe, np. poz. 45, 46 i 47.

Sens wykonywania datowań metodą K/Ar na próbach całych skał metamorficznych w ogóle jest problematyczny, sprawa zaś staje się drastyczna, jeśli skałą badaną są „zhornfelsowane albitowe piaskowce tufo-we” (poz. 51). Zdaje się nie ulegać wątpliwości, że „wieki” zestawione w tabeli 2 są tylko wiekami pozornymi, a ich wartość jest dyskusyjna.

Dla porównania podam wyniki prac N.P. Semenienki (1962) i Semenienki et al. (1963):

Łupki metamorficzne masywu Rachowskiego — 605, 564, 562, 173, 167, 154; fyllity podłoża zapadliska przedkarpackiego — 673, 653, 634 milionów lat (wszystkie liczby przeliczone stosownie do „amerykańskich” stałych rozpadu).

Według W. Pożaryskiego i H. Tomczyka (1968) skały odwiercone w Kochanówce i Rudkach w zachodniej Ukrainie, w pobliżu granicy Polski przyniosły daty w zakresie 660—706 milionów lat (634—678 milionów w przeliczeniu według stałych „amerykańskich”). Skały te są paralelizowane z utworami napotkanymi przez wiercenia w Podborzu i Neczajnej.

SERIE STAROPALEOZOICZNE GÓR ŚWIĘTOKRZYSKICH ORAZ Z WIERCEŃ NA NIŻU POLSKIM

Wyniki datowań zestawiono w tabeli 3. Część z tych utworów należy do osadowych serii staropaleozoicznych udokumentowanych faunistycznie, część zaś stanowi ogniwo określone jako eokambr, ryfej bądź sinian (J. Znosko, 1961). Wartości wieku bezwzględnego uzyskane metodą K/Ar nie przekraczają jednak liczbowej granicy uznawanej za dolną granicę kambru. Do oznaczeń wieku podanych w tabeli 3 odnosić się jednak trzeba z dużą rezerwą. Znaczenie wyników analiz wykonanych na próbach całych skał niejednorodnych genetycznie i wiekowo jest dyskusyjne. Dane petrograficzne (W. Kieźel, 1965; K. Lendzion, 1969) mówią, że badane łupki ilasto-mułowcowe z Bazowa jak i piaskowce z Tłuszczu i Radzymina zawierają nie tylko minerały detrytyczne, w ich liczbie skalenie, lecz także okruchy różnych skał. Nie ulega wątpliwości, że frakcja detrytyczna jest nośnikiem znacznej części potasu i argonu w tych skałach i nie ma powodów, by zakładać całkowitą ucieczkę argonu w wyniku diagenezy osadu. Omawiane skały nie są zmetamorfizowane. W ich budowie uczestniczą składniki o różnym wieku (okruch gnejsu obok ziarna glaukonitu), a tzw. wiek bezwzględny wyznaczony na podstawie stosunku K/Ar w próbach całych skał jest bliżej nie określoną średnią ważoną „wieków” poszczególnych składników, przy czym każdy z tych wieków został skażony przez wietrzenie i diagenezę.

TATRY

Jest to rejon stosunkowo dobrze zbadany, gdyż dla tego niewielkiego obszaru dysponujemy niemal 50 oznaczeniami, i to wykonanymi zarówno metodą K/Ar, jak i Rb/Sr. Z danych zestawionych w tabeli 4 wynika, że główny etap procesów kształtowania skał w ich obecnej postaci miał miejsce w okresie karbońskim. Jednak są pewne poszlaki wskazujące na etap starszy, prawdopodobnie sylurski (poz. 67, 68, 112). Dla pełnego wyjaśnienia historii trzonu krystalicznego Tatr należałoby jeszcze zbadać wiek cyrkonów w różnych skałach oraz skontrolować stosunki Ar/K w horn-

blendach różnych amfibolitów, gdyż trudno polegać na pojedynczych oznaczeniach (poz. 67). Wartość 158 milionów lat (poz. 113) otrzymana dla diaforycznego łupku chlorytowego z Doliny Chochołowskiej traktowana jest przez autorów oznaczenia (S. Sedletskii et al., 1966) za dowód metamorfizmu jurajskiego, co jest sprzeczne z danymi geologicznymi. Zdaje się to raczej być wiekiem pozornym, pośrednim między wiekiem karbońskim a górnokredową diaforezą. Zresztą pojedyncze oznaczenie wykonane metodą K-Ar na całej skale typu fyllonitu ma wartość całkiem wątpliwą. Jak dotąd, brak jest danych geochronologicznych o wydarzeniach spowodowanych orogenezą alpejską.

SUDETY

Wyniki datowań zebrano w tabeli 5. W tabeli umieściłem kilka analiz skał z przyległych terenów Czech. Nie podałem natomiast oznaczeń z Łużyc, z NRD, gdyż badane próby pobrane były daleko od granicy z Polską. Dla porównania podaję, że oznaczenia N. P. Semenenki (A. Watznauer, 1964; A. Watznauer et al., 1966) przeprowadzone metodą K/Ar na dwu próbach skał łużyckich hornfelsów łyszczykowych przyniosły 431 i 420 milionów lat (po przeliczeniu według stałych amerykańskich).

Wśród autorów cytowanej pracy z 1966 r. brak zgody co do geologicznego znaczenia tych dwu liczb. N. P. Semenenko traktuje je jako efekt ordowickiego metamorfizmu, podczas gdy A. Watznauer powołując się na mikroskopowe dowody współistnienia dwu pokoleń łyszczyków uważa je za tzw. wieki mieszane — wypadkowe z ryfejskiego wieku hydrołyszczyków pierwotnych szarogłazów i karbońskiego wieku łyszczyków kontaktowych powstałych dzięki intruzji granitu Demitz.

Granodioryty łużyckie z Klunst były analizowane przez szereg badaczy. Otrzymano 408 i 407 milionów lat dla biotyty (odpowiednio przez P. M. Hurleya i H. M. E. Schürmanna, 1960 i przez Afanasieva, 1963), 292 mln lat dla skalenia (H. M. E. Schürmann, 1960) i 250 mln lat dla monacytu (H. M. E. Schürmann 1955). Tę ostatnią liczbę uzyskano metodą U-Th-Pb. Również tą metodą badano cyrkon (H. M. E. Schürmann, 1960), wyniki nie są jednak proste do interpretacji wobec współwystępowania dwu typów tego minerału w jednej skale. Według szacunku Schürmanna jasna odmiana cyrkonu ma około 375 milionów lat, ciemna zaś być może około 1200 milionów. Nie są to jednak wartości bezpośrednio oznaczone, lecz wydedukowane.

Warto jeszcze dodać, że z terenów Saksonii sygnalizowano już więcej dat niewątpliwie przedkarbońskich. I tak, oznaczenia Ravica z Leningradu (A. Watznauer, 1966) wykonane na biotycie i skaleniu potasowym granitu odwierconego na południowy zachód od Lipska dały odpowiednio 520 i 435 milionów lat. Przedkarboński wiek (437 milionów) dała także izochrona wyznaczona przez stosunki Sr^{87}/Sr^{86} — Rb^{87}/Sr^{86} w próbach całych skał granitów z Saksonii (E. Jäger i A. Watznauer, 1969).

Materiał, jakim dysponujemy z terenu Polski, daje informacje jedynie o wieku masywów granitowych. Najtrudniejsze problemy geologii sudeckiej odnoszące się do ewolucji serii metamorficznych nie doczekały się pomocy w postaci argumentów geochronologicznych. Niestety wartość oznaczeń dwu skał z masywu izerskiego (poz. 119 i 120) oraz fyllitu radzimowickiego (poz. 121) jest problematyczna; cóż bowiem znaczy wynik

Tabela 1 - Table 1

Krystaliczne podłoże Nizn Polski
Cristalline basement of the Polish Lowland

L.p. No.	Lokalizacja Locality	Skala cja Rock	Badana substancja Substance analyzed	Metoda Method	% K	Wiek w milionach lat Age in m.y.				Źródło Source
						4	5	6	7	
1										
1	Krynki	gnejs	biotyt	K/Ar obj. vol.					1600	Łaszkiwicz 1960
2	Krynki	gnejs	biotyt	Rb/Sr	7,33				1410	Przewłocki 1962
3	Krynki gi. 371 m	gnejs	biotyt	K/Ar obj.	7,29				1356	Depciuch 1970
4	Krynki	gnejs	biotyt	K/Ar	7,81				1038	oznac. Polevaya 1968 /inf. ustna Dr W. Ryki/
5	Kruszyniany -5 gi. 459 m	gnejs	biotyt	K/Ar obj.	5,41				1525 1510 1499	Depciuch 1970
6	Kruszyniany -3 gi. 445 m	gnejs	biotyt	K/Ar obj.	9,06				1203 1175	Depciuch 1970
7	Sokołka 1 - bis gi. 454 m	gnejs	biotyt	K/Ar obj.	7,20				1458	Depciuch 1970
8	Sokołka-1 gi. 480 m	gnejs	biotyt	K/Ar obj.	6,17				1377	Depciuch 1970
9	Sokołka-1 gi. 558 m	migma- tyt	biotyt	K/Ar obj.	5,90				1336	Depciuch 1970
10	Sokołka-1	migma- tyt		K/Ar obj.					1375	Ryka 1964
11	Sokołka-1	żupek amfib.		K/Ar obj.					1260	Łaszkiwicz 1960
12	Sokołka-2	gnejs	biotyt	K/Ar obj.					1382	Łaszkiwicz 1960
13	Sokołka-2	gnejs	biotyt	K/Ar obj.					1368	Łaszkiwicz 1960
14	Sokołka-2	gnejs	biotyt	Rb/Sr	7,68				1310	Przewłocki 1962
15	Zabłudów gi. 808 m	gnejs	biotyt	K/Ar obj.	6,63				1406	Depciuch 1970
16	Augustów gi. 655 m	gnejs	biotyt	K/Ar obj.	5,65				1390	Depciuch 1970
17	Krasnopol-3	gnejs	biotyt	K/Ar obj.	6,15				1265	Depciuch 1970
18	Rajgród gi. 692 m	grani- to- gnejs	biotyt	K/Ar obj.	7,70				1423	Depciuch 1970
19	Tatarowce gi. 592 m	"	biotyt	L/Ar obj.	5,97				1360	Depciuch 1970
20	Krzemianka-3 gi. 1169 m	gabro	nie- czysty biotyt	K/Ar obj.	2,54				1462 1433	Depciuch 1970
21	Krzemianka-3 gi. 984 m	dio- ryt	nie- czysty biotyt	K/Ar obj.	4,69				1454 1441	Depciuch 1970
22	Holeszów gi. 489 m	"	biotyt	K/Ar obj.	7,34				1445	Depciuch 1970

23	Krasnopol-2 gł. 618 m	grano- dioryt	grano- dioryt	K/Ar obj.	6,42	1376	1376	Depciuch 1970
24	Wisznica gł. 460 m	grano- dioryt	grano- dioryt	K/Ar obj.	6,37	1356	1356	Depciuch 1970
25	Goidap gł. 1654 m	granit	biotyt	K/Ar obj.	8,11	1389	1389	Depciuch 1970
26	Pukтусk gł. 2304 m	granit	biotyt	K/Ar obj.	6,60	1361	1361	Depciuch 1970
27	Krasnopol-5 gł. 607 m	granit	biotyt	K/Ar obj.	6,72	1345	1345	Depciuch 1970
28	Bartoszyce gł. 2141 m	granit	biotyt	K/Ar obj.	6,81	1338	1338	Depciuch 1970
29	Olszyny gł. 1400 m	granit	biotyt	K/Ar obj.	7,94	1187	1187	Depciuch 1970
30	Tłuszcz gł. 2655 m	granit żyłowy	muskowit	K/Ar obj.	7,26	1357	1357	Depciuch 1970
31	Krzemianka-1 gł. 965 m	granit żyłowy	biotyt	K/Ar obj.	7,14	1376 1353	1376 1353	Depciuch 1970
32	Krzemianka-39 gł. 875 m	granit żyłowy	biotyt	K/Ar obj.	8,20	1365	1365	Depciuch 1970
33	Krzemianka-41 gł. 1119 m	granit żyłowy	biotyt	K/Ar obj.	7,80	1362 1344	1362 1344	Depciuch 1970
34	Krzemianka-7 gł. 1128 m	granit żyłowy	biotyt	K/Ar obj.	7,92	1359 1330	1359 1330	Depciuch 1970
35	Krzemianka-9 gł. 1179	granit żyłowy	biotyt	K/Ar obj.	7,23	1352	1352	Depciuch 1970
36	Krzemianka-16 gł. 1232 m	granit żyłowy	biotyt	K/Ar obj.	7,68	1343 1332	1343 1332	Depciuch 1970
37	Krzemianka-3 gł. 1240 m	granit żyłowy	biotyt	K/Ar obj.	6,80	1342 1342 1336	1342 1342 1336	Depciuch 1970
38	Ełk	syenit		K/Ar obj.		630	650	Zaszkiewicz 1960
39	Ełk	syenit				550		Ryka 1964
40	Ełk	syenit	biotyt	Rb/Sr	7,18	317		Przewłocki 1962
41	Ełk	syenit	biotyt	dyspersja		420		Kardymowicz 1969
42	Ełk	syenit	mikro- klin	dwójłomn.		1200		Kardymowicz 1969

Tabela 2 - Table 2

Skały krystaliczne z wierzchołków obszaru Podkarpacka

Cristalline rocks of the Carpathian Foreland

L.p. Lokalizacja No. Locality	Skała Rock	Badana substancja Analyzed Substance	Metoda Method	K	Wiek w milionach lat Age in m.y.				Źródło Source
					wg orygi- nalnej pracy accor- ding to ori- ginal paper	przeliczony K/Ar wg $\lambda_{\beta} = 4.72 \times 10^{-10} \text{ rok}^{-1}$ $\lambda_{\alpha} = 0.584 \times 10^{-10} \text{ rok}^{-1}$ recalculated assuming $\lambda_{\beta} = 4.72 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$ $\lambda_{\alpha} = 0.584 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$	7	8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
43	Rzeszotary gł. 866-868	gnejs muskow.	biotyt- +muskow.	K/Ar obj. vol.	6,76	461	461	461	Borucki, Saldan 1965
44	gł. 900-902 m	amfibol- lit	skala	"	0,95	398	398	398	"
45	gł. 905-906 m	amfibol- lit z kryształami kwarcu skale- nia i pirytu	amfibolit ze skale- niami	"	0,95	427	427	427	"
46	gł. 911-912 m	gnejsy i amfibol- ity ze ska- lami i pyritem	amfibolit zanieczysz- czony ze ska- lami i mika	"	1,94	355	355	355	"
47	gł. 927-929 m	amfibol- ity ze ska- lami i pyritem	amfibolit ze skale- niami	"	1,69	307	307	307	"
48	gł. 946-947 m	amfibol- lit	hornblen- da	K/Ar	0,47	870	837	837	Sedletskii 1965, 1966
49	gł. 962-964 m	amfibol- ity i gnejsy	cała ska- ła	K/Ar obj. vol.	1,17	367	367	367	Borucki, Saldan 1965
50	gł. 962-964 m	"	biotyt- +muskow.	"	7,87	533	533	533	"
51	Podborze gł. 2172 m	zhorn- felso- wane albito- we kwa- tce tufowe	skala	K/Ar	1,00	640	615	615	Sedletskii 1965, 1966
52	Nieczajna 3 gł. 2266- -2267 m	zhorn- felso- wane zielo- na iup- ki	skala	K/Ar	2,68	625	600	600	"
53	Paszczka gł. 1055- -1060 m	zhorn- felso- wane iupki albi- towe	skala	"	2,54	545	523	523	"
54	Mędrzechów gł. 1870- -1876 m	zhorn- felso- wane zielo- na iup- ki	skala	"	3,89	453	434	434	"

55	Kotowice gł. 644-646 m	łupki fili- towe	skała	K/Ar	2,82	410	393	Sedletskii 1965, 1966
56	Mrzygłód	"	skała	K/Ar	1,92	475	455	"
57	gł. 219 m	diabaz	skała	K/Ar	1,7	117	117	Borucki, Lis 1966
58	gł. 254 m	diabaz	skała	K/Ar	1,64	52	52	"

x/ W pracy tej podano, że dla obliczenia wieku przyjęto $\lambda_\beta = 4.47 \times 10^{-10} \text{ rok}^{-1}$.
Jest to błąd drukarski. Powinno być: $4.72 \times 10^{-10} \text{ rok}^{-1}$.

Tabela 3 - Table 3
Serie staropaleozoiczne Gór Świętokrzyskich oraz z wierceń na Niżu Polskim
Early Palaeozoic series of the Holy Cross Mts and the Polish Lowland

	L.p. Lokalizacja No. Locality	Skała Rock	Badana substan- cja Substance analyzed	Metoda Method	% K	Wiek w milionach lat Age in m.y.			Źródło Source
						Wg orygi- nalnej pracy $\lambda_\beta = 4.72 \times 10^{-10} \text{ rok}^{-1}$ $\lambda_\chi = 0.584 \times 10^{-10} \text{ rok}^{-1}$	przeliczony K/Ar wg $\lambda_\beta = 4.72 \times 10^{-10} \text{ rok}^{-1}$ $\lambda_\chi = 0.584 \times 10^{-10} \text{ rok}^{-1}$	Age recalculated assuming the original paper $\lambda_\beta = 4.72 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$ $\lambda_\chi = 0.584 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
59	Tuszczy gł. 2383 m	osady subhoi- miowe- -pias- kowce		K/Ar		585	561	Iendzion, 1969	
60	Radzyń gł. 1565 m	"		"		570	547	Iendzion, 1969	
61	Bazów gł. 112- -118 m	argi- lit	skała	"	2,12	550	528	Sedletskii et al., 1965, 1966	
62	gł. 283-289 m	"	"	"	2,28	580	557	"	
63	gł. 813-819 m	"	"	"	3,00	510	489	"	
64	gł. 1339- -1345 m	"	"	"	3,00	536	514	"	
65	Kotuszów gł. 93 m	aleu- rolit	"	"	2,37	500	479	"	
66	Sandomierz	dolny tre- madok	glauko- nit	"	4,90	492	472	Polevaya, 1961	

Tatry
Tatra Mts

Tabela 4 - Table 4

L.p. No.	Lokalizacja Locality	Skala Rock	Badana substancja Substances analyzed	Metoda Method	% K	Wiek w milionach lat Age in m.y.			Źródło Source
						wg orygi- nalnej pracy accor- ding to ori- ginal paper	przeliczony K/Ar wg $\lambda_{\beta} = 4.72 \times 10^{-10} \text{rok}^{-1}$ $\lambda_{\chi} = 0.584 \times 10^{-10} \text{rok}^{-1}$ recalculated assuming $\lambda_{\beta} = 4.72 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1}$ $\lambda_{\chi} = 0.584 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1}$		
1		2	3	4	5	6	7	8	9
67	Kasprowy Wierch	amfibolit	hornblenda	K/Ar	0,51	425		407	Sedletzki, 1965, 1966
68	Kondratowa	gnejs	skała biotyt	Rb/Sr		413		413	Burchart, 1968
69	"	"	"	"		315		315	"
70	Uhrocie Kasprowe	gnejs	skała	"		346		346	"
71	"	"	biotyt	"		266		266	"
72	"	"	muskowit	"		345		345	"
73	Kondratowa	gnejs	biotyt	"		315		315	"
74	Suchy Kondracki	gnejs	biotyt	"		301		301	"
75	"	"	muskowit	"		276		276	"
76	Stara Robotka	gnejs	biotyt	"		296		296	"
77	"	"	biotyt	"		283		283	"
78	Chochołowska	gnejs	biotyt	K/Ar		300		287	Sedletzki, 1965, 1966
79	Jamnicka	gnejs		K/Ar obj.		265		275	Kantor, 1961
80	Jamnicka	gnejs	biotyt	"	3,58	264		274	Kantor, 1959
81	Wielicka	gnejs		"		250		259	Kantor, 1961
82	Raczkowa	migmatyt				235		244	Kantor, 1961
83	Morskie Oko	szary granit	biotyt+muskowit	K/Ar obj.	5,50	360		345	Sedletzki, 1965, 1966
84	Morskie Oko	dioryt kwarcowy	biotyt	Rb/Sr		308		308	Burchart, 1968
85	"	"	muskowit	"		278		278	Burchart, 1968
86	Hradna Skala	granodioryt	biotyt	K/Ar		320		332	Kantor, 1961
87	Uhrocie Kasprowe	dioryt kwarcowy	biotyt	Rb/Sr		269		269	Burchart, 1968
88	"	"	biotyt	Rb/Sr		307		307	"
89	Kasprowy Wierch	granodioryt	biotyt	"		304		304	"
90	Pośrednia Turnia	granodioryt	muskowit	"		311		311	"
91	"	"	biotyt	"		288		288	"

92	Pośrednia Turnia	enklawa w granodiorycie	biotyt	Rb/Sr		305	305	Burchart, 1968
93	"	"	biotyt	"		309		"
94	Kościelec	granodioryt	maskowit	"		291		"
95	Mały Kościelec	granodioryt	biotyt	"		279		"
96	"	"	biotyt	"		283		"
97	Batyżowiecka	granodioryt	biotyt	K/Ar obj.		245		Kantor, 1961
98	Batyżowiecka	"	biotyt	"	4,81	226	235	Kantor, 1959
99	Dudowe Turnie	leuko-granit	maskowit	Rb/Sr		296	296	Burchart, 1968
100	Ornak	alaskit	skała	"		311	311	"
101	"	"	maskowit	"		292	292	"
102	Dudowe Turnie	pegmatyt	maskowit	"		288	288	"
103	"	"	maskowit	"		316	316	"
104	"	"	maskowit	"		281	281	"
105	Mały Kościelec	pegmatyt	maskowit	"		297	297	"
106	Mały Kościelec	pegmatyt	maskowit	"		251	251	"
107	"	"	maskowit	"		257	257	"
108	Mały Kościelec	aplit	maskowit	"		284	284	"
109	Przełęcz Litworowa	pegmatyt		K/Ar obj.		278	288	Kantor, 1961
110	Wiedziane	pegmatyt		"		252	261	"
111	Tatry Wysokie	granitoidy	izochrona skał	Rb/Sr		290	290	Burchart, 1968
112	Wyspa Goryczkowej	skały metamorficzne	izochrona skał	"		420	420	"
113	Chochołowska	zielony iupek	skała	K/Ar obj.	3,33	165	158	Sedletzki, 1965, 1966
114	Wielka Równia	wapień albu	glaukonit	K/Ar obj.		88	92	Kantor, 1960

Tabela 5 - Table 5

Sudety
Sudetes

L.p. Lokalizacja No. Locality	Skala Rock	Badana substancja Substance analyzed	Metoda Method	% K	Wiek w milionach lat Age in m.y.				Źródło Source
					3	4	5	6	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
115 Zgorzelec	hornfels	skala	K/Ar	3,53	345	330		Sedletzki, 1965, 1966	
116 Lipowa	granodioryt żużyc-ki	biotyty	K/Ar obj. vol.	7,17	230	220		Śmiejał, 1960	
117 Lipowa k/Sluknów	"	"	"	7,00	410	393		Śmiejał, 1964	
118 Vavřovice k/Frydlandu	"	"	"	5,68	410	393		"	
119 Maszów Izerski	amfibolit lit chl- -akty- nolito- wy wtór- nie zal- bityzo- wany	skala	K/Ar	3,38	250	239		Sedletzki, 1965, 1966	
120 Maszów Izerski	łupek serycy- towo- biotyto- wy	skala	K/Ar	3,10	304	291		"	
121 Mwałów	fiolit radzi- mowic- ki	"	K/Ar	3,86	330	316		"	
122 k/Jeleniej Góry	granit rum- burski	biotyty +chloryt	K/Ar	3,98	360	364		"	
123 Wiganice	granit rum- burski	biotyty	K/Ar obj.	8,57	229	229		Boručki, 1966	
124 Miedów	granit zawil- dowski	"	"	5,70	325	325		"	
125 SW od Borowa	granit karko- noski	"	"	6,14	299	299		"	
126 SW od wsi Izera	"	"	"	6,40	310	310		"	
127 S od Mł. Stawu	"	"	"	6,20	323	323		"	
128 Liberec	"	"	"	6,25	283	271		Śmiejał, 1964	
129 Fojtka k/Liberec	"	"	z kontr. izotop. K/Ar obj.	6,50	320	306		"	

130	Fojtka K/Libera	granit karko- noski	skała	K/Ar obj.	3,74	210	201	Šmejkal, 1964
131	Szklarska Poręba	"	biotyt	K/Ar izotop.	6,77	304	304	Przewłocki, 1962
132	"	"	"	Rb/Sr	6,77	292	292	"
133	Kowary	krusz- ce po- lime- talica- ne	smółka uranowa	U/Pb i Pb/Pb		265 70	265 70	Coppens, Koste- lanyi, IIs, 1970
134	Gołaczów	granit kudow- ski	biotyt	K/Ar izotop.	7,11	328	328	Przewłocki, 1962
135	Gołaczów	"	"	Rb/Sr	7,11	301	301	"
136	Gołaczów	"	"	K/Ar izotop.	7,91	317	317	"
137	Gołaczów	"	"	Rb/Sr	7,91	312	312	"
138	Dańców	"	"	Rb/Sr	7,26	293	293	"
139	Kudowa	"	"	K/Ar obj.	7,22	307	307	Borucki, 1966
140	Makolno	grano- diowyt kudow- to- tocki	amfibol	"	1,42	301	301	"
141	Bielice	tonalit bielice- ki	biotyt+ amfi- bol /2:1/	"	3,68	289	289	"
142	Brzozowice	granit Czer- ny	biotyt	"	6,19	281	281	"
143	Orłowiec	granit jawor- nicki	"	"	2,83	335	335	"
144	Zimnik	granit strze- gowski	"	"	5,43	285	285	"
145	Strzegom i om 22	"	"	"	5,67	318	318	"
146	Żółkiewka	"	"	"	5,05	268	256	oznac. Polevaya 1968 /inf.ustna W.Ryki/ Borucki, 1966
147	Strzegom i om 20	"	"	"	5,81	227	227	"
148	Strzeblów	"	"	"	6,52	265	265	"
149	Czernica	"	"	K/Ar	5,33	272	272	"
150	Strzegom	"	"	"	7,56	245	234	Vinogradov, 1960
151	Strzegom	"	"	"	7,10	170	163	oznac. Polevaya 1968 /inf.ust- na W.Ryki/ Borucki, 1966
152	Strzelin	granit strze- liński star- szy	"	K/Ar obj.	6,07	358	358	
153	Nadziejeów	granit strze- liński młod- szy	biotyt	K/Ar obj.	5,94	235	235	Borucki, 1966
154	Strzelin	"	"	"	6,72	230	230	"
155	Strzelin	"	"	"	6,42	215	215	"
156	Cieraków	gnejs	biotyt	K/Ar izot.		382	366	Bakun-Czubarow, 1968
157	Nowa Wieś	eklo- sit	fergit	"		384	384	"

datowania K/Ar całej skały, jeśli jest nią wtórnie załbityzowany amfibolit chlorytowo-aktynolitowy?

Wobec polimetamorficznego charakteru większości łupków krystalicznych Sudetów spodziewać się można, że interpretacja przyszłych datowań będzie bardzo trudna. Będą to tylko wieki pozorne: reliktowe i mieszane.

Praca N. B a k u n - C z u b a r o w (1968) podaje dwa oznaczenia wieku łyszczyków ze skał metamorficznego kompleksu Łądko i Śnieżnika. Oznaczenia te wykonano w Laboratorium Geochronologicznym IGEM Akademii Nauk ZSRR. Zarówno gnejs, z którego pochodzi analizowany biotyt, jak i eklogit, z którego wyodrębniono i zbadano fengit, wchodzi w skład serii powszechnie uważanych za prekambryjskie. Tymczasem wyniki datowań wskazują na wiek dewoński. Oczywiście nawet jeśli są to wieki rzeczywiste, a nie pozorne, odnoszą się one do ostatniej fazy blastezy, nie zaś do głównego etapu rekryształizacji metamorficznej, której skały te zawdzięczają swe powstanie.

*
* *

Na marginesie przytoczonych danych podaję tu dwa oznaczenia tufu filipowickiego

158.	Filipowice tuf skała	K/Ar	obj.	9,36	193	Borucki, Oberc, 1964
159.	„ „	biotyt	„	4,76	230	„

UWAGI KOŃCOWE

Liczby podane w tabelach wyrażają pewne stosunki izotopowe w badanej substancji przeliczone w sposób umowny tak, że mają wymiar czasu. „Wiek” jako liczba z ostatniej kolumny tabel tylko w pewnych przypadkach jest rzeczywistym wiekiem minerału. Dla skał przeobrażonych czy to przez progresywny metamorfizm, czy też diagenезę, mylonityzację lub też wietrzenie z reguły uzyskany wiek jest tylko tzw. wiekiem pozornym. Aby z owych wartości pozornych odczytać pewne daty prawdziwe, trzeba przyjąć jeden z hipotetycznych modeli zachowania się zegarów jądrowych w czasie procesów geologicznych. Do jak różnych interpretacji można dojść, pokazują przykłady skał polskich. Otóż przyjmowanie oznaczeń wykonanych metodą K/Ar na próbach całych skał osadowych za rzeczywisty wiek diagenезy dokonuje się przy milczącym założeniu, że w czasie tych procesów nastąpiła całkowita ucieczka argonu z minerałów detrytycznych (np. oznaczenia wieku staropaleozoicznych skał z Gór Świętokrzyskich). Z drugiej strony J. B o r u c k i (1965) interpretując wyniki skał metamorficznych z Rzeszotar zakłada, że łyszczyki w gnejsach zachowały część tzw. argonu detrytycznego pochodzącego z okresu sprzed metamorfizmu. Trudno tym samym wnioski o wieku metamorfizmu skał rzeszotarskich bezkrytycznie zestawiać z wnioskami o wieku nie zmetamorfizowanych skał osadowych z Kotuszowa czy Bazowa. Nie można równocześnie uważać za słuszne wnioski wynikających ze sprzecznych założeń. Zabawa, w której za pomocą założeń nie popartych danymi faktycznymi, a czasem nawet mało prawdopodobnych dochodzi się do wyników pseudoobiektywnych, wielu może wprowadzić w błąd.

WYKAZ LITERATURY
REFERENCES

- Afanas'ev G.D., Borisevich I.V., Shanin L.L. (1962), O geologicheskoi interpretatsii radiologicheskikh dannyykh po opredeleniyu absolyutnogo vozrasta gornyykh porod. *Izv. Akad. Nauk SSSR, ser. geol.*, 1962 nr 1, 26—40.
- Afanas'ev G.D., Borisevich I.V., Shanin L.L., Sheina I.P. (1963), Sluchai neravnovesnykh otnoshenii Ar i K v biotitakh v svyazi s sozdaniem geokhronologicheskoi shkal'i v absolyutnom letoischislenii. *Izv. Akad. Nauk SSSR, ser. geol.*, 1963 nr 1, 19—45.
- Bakun-Czubarow N. (1968), Geochemical characteristic of eclogites from the environs of Nowa Wieś in the region of Śnieżnik Kłodzki. *Arch. Miner.*, 28, z. 1, 243—382.
- Borucki J. (1963), Sympozjum w zakresie datowania radioaktywnego. *Prz. geol.* 11, nr 10, 465—467.
- Borucki J. (1966), Wstępne wyniki datowań bezwzględnych (K-Ar) granitoidów dolnośląskich. *Kwart. geol.* 10, nr 1, 1—19.
- Borucki J., Lis J. (1966), Skład izotopowy i wiek bezwzględny ołowiu z galeny obszaru śląsko-krakowskiego. *Kwart. geol.* 10, nr 4, 911—929.
- Borucki J., Oberc A. (1964), Wiek bezwzględny tufu filipowickiego na podstawie datowań metodą potasowo-argonową. *Kwart. geol.* 8, nr 4, 787—789.
- Borucki J., Sałdan M. (1965), Promieniotwórczość naturalna i wiek bezwzględny (K-Ar) skał krystalicznych z otworu Rzeszotary IG 2. *Kwart. geol.* 9, nr 1, 1—16.
- Burchart J. (1968), Rubidium-strontium isochron ages of the crystalline core of the Tatra Mountains Poland. *Amer. J. Sc.* 266, nr 10, 895—907.
- Burchart J. (1971), Geochronologia bezwzględna. Stan i kierunki rozwoju. *Post. Nauk Geol.* nr 3 (w druku).
- Coppens R., Kosztolanyi Ch., Lis J. (1970), Etude géochronologique du gisement polymétallique de Kowary (Pologne) (w druku).
- Depciuch T. (1970), Geochronologia skał krystalicznych Niżu Polski (w druku).
- Geological Society of London (1964), The Phanerozoic time-scale. A symposium dedicated to Professor Arthur Holmes. *Quart. J. Geol. Soc. London* 120s, 458 pp.
- Gerling E.K., Pap A.M., Morozova I.M., Ovchinnikova G.V. (1962), O vozraste kristallicheskogo osnovaniya Byelorussii. Trudy X sesii Komissii po opredeleniyu absolyutnogo vozrasta geologicheskikh formatsii, 194.
- Jäger E., Watznauer A. (1969), Einige Rb/Sr-Datierungen an Granuliten des Sächsischen Granulitgebirges. *Monatsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* Bd. 11, h. 5/6, 419—426.
- Kantor J. (1959), Vek niektorých vysokotatranských granitoidov a kryštalicckých bridlic podľa rádioaktívneho rozpadu K^{40} . *Geol. Sbornik r.* 10, č. 1, 89—96.
- Kantor J. (1960), Kriedové a orogenetické procesy v svetle geochronologického výskumu veporidného kryštalinika. *Geologické Pr.*, Zpravy 19.
- Kantor J. (1961), Beitrag zur Geochronologie der Magmatite und Metamorphite des Westkarpatischen Kristallins. *Geol. Pr.*, zošit 60, 303—318.
- Kardymowicz I. (1969), Biotyt z niektórych skał podłoża krystalicznego północno-wschodniej Polski. *Biul. Inst. Geol.* 225, 7—44.
- Kieźel W. (1965), Osady eokambryjskie Gór Świętokrzyskich z wiercenia Bazów (streszczenie referatu). *Kwart. geol.* 9, nr 4, 869—870.
- Krylov A.Ya., Lisitsyn A.P., Silin Yu.I. (1961), Znachenie argon-kalievogo otnosheniya v okeanicheskikh ilakh. *Izv. Akad. Nauk SSSR, ser. geol.*, nr 3, 87—109.

- Lendzion K. (1969), O stratygrafii kabru platformowego w Polsce. *Kwart. geol.* 13, nr 3, 501.
- Łaszkiewicz A. (1960), Skały i minerały krystalicznego podłoża Nizżu Polskiego. *Kwart. geol.* 4, nr 4, 819—826.
- Polevaya N.I. (1961), Shkala absolyutnoi geokhronologii po glaukonitu. *Trudy Lab. Geol. Dokembriya*. vyp. 12, 123—132.
- Pożaryski W., Tomczyk H. (1968), Assyntian orogen in south-east Poland. *Biul. Inst. Geol.* 237, 13—27.
- Przewłocki K., Magda W., Thomas H.H., Faul H. (1962), Age of some granitic rocks in Poland. *Geoch. Cosmoch. Acta.* 26, nr 10, 1069—1075.
- Rubinshtein M.M., Gelman O.Ya (1962), O neobkhdimosti unifikatsii znachenii konstant radioaktivnogo rozpada K^{40} , ispol'zuemykh pri razchete absolyutnogo vozrasta. *Izv. Akad. Nauk SSSR, ser. geol.* nr 6, 3—11.
- Rubinshtein M.M. (1964), Puti dal'neishego utochneniya geokhronologicheskoy shkaly. *Mezhdun. Geol. Kongress. XXII sessiya. Doklady Sovetskikh geologov.*, 418—426.
- Ryka W. (1963), O poprawną interpretację wieku bezwzględnego. *Prz. geol.* nr 12, 514—515.
- Ryka W. (1964), O budowie i stratygrafii krystaliniku północno-wschodniej Polski. *Kwart. geol.* 8, nr 1, 42—59.
- Schürmann H.M.E., Bot A.C.W., Niggli E., Houtermans F.G., Geiss J. (1955), Preliminary note on age determinations of magmatic rocks by means of radioactivity. *Geologie en Mijnbouw.* 17, nr 9, 217—223.
- Schürmann H.M.E., Aten A.H.W., Boerboom A.J.H., Bot A.C.W.C., Couwenberg G., Dance D.F., Hurley P.M., Ledent D., Stauffer H., Steensma J.J., Suringa R. (1960), Fourth preliminary note on age determinations of magmatic rocks by means of radioactivity. *Geologie en Mijnbouw.* 39, nr 4, 93—104.
- Sedletskii S., Semenenko N.P., Zaidis B.B., Demidenko S.G. (1965), Absolyutnyi vozrast metamorficheskikh slantsev domezozoiskogo fundamenta pol'skikh Karpat i Svyantokshiskikh Gor. *Karp.-Balk. Geol. Assots., VII Kongress, Sofiya, Doklady chast' III*, 65—71.
- Sedletskii S., Semenenko N.P., Zaidis B.B., Demidenko S.G. (1966), Absolyutnyi vozrast metamorficheskikh slantsev domezozoiskogo fundamenta Pol'skikh Karpat i Svyantoshinskikh Gor. *Trudy XIII Sessii Komissii po opredeleniyu absolyutnogo vozrasta geologicheskikh formatsii pri ONZ AN SSSR*, 415—420.
- Semenenko N.P. (1962), Dokambriiskaya geokhronologicheskaya shkala SSSR. *Trudy X Sessii Komissii po opredeleniyu absolyutnogo vozrasta geologicheskikh formatsii pri ONZ AN SSSR*, 10.
- Semenenko N.P., Ladyzhenskii N.P., Kotlovskaya F.I., Vetshstein V.E. (1963), Absolyutnyi vozrast geologicheskikh formatsii Karpat. *Trudy XI Sessii Komissii po opredeleniyu absolyutnogo vozrasta geologicheskikh formatsii pri ONZ AN SSSR*, 104—118.
- Šmejkal V. (1960), Absolutni staři některých granitoidů a metamorfitů českého masivu stanovené kalium-argonovou metodou. *Vestník ÚUG*, r. 35, č. 6, 441—449.
- Šmejkal V. (1964), Absolutni staři některých vyvřelých a metamorfovaných hornin českého masivu stanovené kalium-argonovou metodou. *Sborník geologických ved, Geologie, řada G, svazek 4*, 121—134.
- Smulikowski K. (1951), Uwagi o starokrystalicznych formacjach Sudetów. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 21, 67—124.
- Trudy V Sessii po opredeleniyu absolyutnogo vozrasta geologicheskikh formatsii pri ONZ AN SSSR, 19—23 maya 1956 (pub. 1958).

- Watznauer A. (1964), Stratigraphie und Fazies des erzgebirgischen Kristallins in Rahmen des mitteleuropäischen Varistikums. *Geol. Rdsch.* Bd. 54, 853—859.
- Watznauer A. (1966), Der Einfluss der Anschnitttiefe auf die zeitliche Einstufung orogener Vorgänge. *Etages Tectoniques. Colloque de Neuchatel* 18—21 avril 1966. *Inst. de Géologie de l'Université de Neuchatel*, 53—58.
- Vattsnauer A., Semenenko N.P., Zaidis B.B., Demidenko C.G. (1966), Obsuzhdene nekotorykh dannyykh o vozraste porod severnogo kraya cheskogo massiva poluchennykh fizicheskimi metodami opredeleniya absolyutnogo vozrasta. *Trudy XIII Sessii Komissii po opredeleniyu absolyutnogo vozrasta geologicheskikh formatsii pri ONZ AN SSSR*, 409—414.
- Vinogradov A.P., Tugarinov A.I. (1960), Nekotorye opornye opredeleniya absolyutnogo vozrasta (k mirovoi geokhronologicheskoi shkale). *Doklady AN SSSR*. 134, nr 5, 1158—1165.
- Znosko J. (1961), W sprawie pozycji stratygraficznej eokambryjskich sparagmitów i niektórych młodoprekambryjskich formacji. *Kwart. geol.* 5, nr 4, 737—772.

SUMMARY

The isotopic methods in geochronology are not much in use in Poland. There exists in the country only one small laboratory (at the Geological Institute of Poland, in Warsaw) working in this field and equipped for K-Ar method.

Some work on fission-track dating is being carried on at the Academy of Mining and Metallurgy in Cracow and at the Polish Academy of Sciences in Warsaw but no age determinations have been published so far.

On the other hand the need for isotopic dating is well understood particularly for areas built of metamorphic and igneous rocks (the Sudetes, the Tatra Mountains, the crystalline basement of the Carpathian foreland, the crystalline basement of north-eastern Poland). This is why the specimens of Polish rocks were willingly given to be studied in geochronological laboratories abroad, mainly in Soviet Union. Some work was also done by the Polish geologists during their stay at foreign laboratories (United States, France). As a result the age data though relatively small in number are scattered in many publications, some of them little known in this country. Therefore it seemed necessary to scan the possible sources, references, bibliographies and to compile a catalogue listing all the available results so far obtained.

The material presented in the following is very uneven as far as sampling, analytical methods and even reliability are concerned. No selection of the results has been made but the reader is warned that many of the figures reported represent apparent ages only. The Polish text gives a short discussion of some factors controlling the credibility of the results: analytical methods, proper mineral separation specially important in the cases of polygenetic rocks, geological setting, the degree of weathering, and the number of determinations for a given rock series. Papers by Afanasiev, Borisevich, Shanin & Sheina (1963) and Afanasiev, Borisevich & Shanin (1962) are referred to, in which the cases are reported of apparent age increase as much as 80% due to hypergenic leaching of potassium from micas. The present author is very sceptical about the meaning of the K-Ar whole rock determinations on clastic sedimentary rocks because of their inhomogeneity (detritic minerals, syndepositional phases, and the effect of diagenetic alterations). As

a proof the paper by Krylov, Lisitsyn & Silin, 1961 is cited in which recent deep sea deposits are shown to have yielded the ages of 0 to 690 m.y. (only two „zero ages” out of 51 specimens examined).

The K-Ar results listed in the catalogue have been calculated by their authors for three different sets of the decay constants:

$$\begin{array}{ll} \lambda_{\beta} = 4.9 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1} & \lambda_K = 0.602 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1} \\ \lambda_{\beta} = 4.72 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1} & \lambda_K = 0.557 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1} \\ \lambda_{\beta} = 4.72 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1} & \lambda_K = 0.584 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1} \end{array}$$

Since the values of $\lambda_{\beta} = 4.72$ and $\lambda_K = 0.584 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1}$ (the „American constants”) have been used in the Geological Institute of Poland the data obtained for other constants have been recalculated in order to facilitate any correlations. All the Rb/Sr determinations have been obtained at $\lambda_{\text{Rb}87} = 1.47 \times 10^{-11} \text{yr}^{-1}$.

THE CRYSTALLINE BASEMENT OF POLISH LOWLANDS

The age determinations are listed in Tab. 1. With the exception of the Elk syenite the values are within reasonable limits. Unfortunately almost all the ages were obtained by K/Ar method on biotite only, and also two Rb/Sr ages were obtained from biotite.

The consistency of the results indicates that the ages represent the last event which was strong enough to eradicate any possible preceeding ages. One may expect future U-Th-Pb determinations on zircons and whole rock Rb-Sr analyses to yield some deeper insight into the earlier history of the metamorphic rocks. The data reported for the neighbouring areas of the Soviet Union territory (the Grodno region) are 1557 m.y. for the gabbro from Moridno and 1390 m.y. for gneisses from Lososno and Glebovichi (Gerling, Pap, Morozova, Ovchinnikova, 1962) — the values recalculated to the „American constants”.

There is much doubt about the meaning of the age obtained for the syenite from Elk. According to Ryka (1963) the biotite analysed by K. Przewłocki (No. 40 in Tab. 1) was taken from a fissure-filling. The values reported by I. Kardymowicz were obtained by Kuznetsov using the birefringence dispersion method the reliability of which is not commonly accepted.

THE CRYSTALLINE ROCKS FROM THE BORE-HOLES IN THE CARPATHIAN FORE-LAND

The ages reported in Tab. 2 cover the time span of 837 to 307 m.y. (excluding the diabases). The age pattern is illegible. Unfortunately only one determination was carried on a pure separated mineral (No. 48), and all the rest either on whole rock samples or some polymineral concentrates. The values reported seem nothing more than apparent ages and their significance is disputable.

According to Pożaryski and Tomczyk (1968) the rocks encountered by borings at Kochanovka and Rudki in Western Ukraine close to the Polish border have yielded ages of 634—678 m.y. (recalculated according to the „American constants”). The series is correlated with the metamorphic rocks of Podborze and Neczajna (Nos. 51, 52).

The ages obtained by Semenenko (1962) and Semenenko et al. (1963) for the schists of the Rachov massif in the Eastern Carpathians are 605, 564, 562 and 173 m.y., and for the phyllites of the basement of the Carpathian fore-deep are 673, 653, and 634 m.y. (all the values recalculated according to the „American constants”).

THE LOWER PALAEOZOIC OF THE ŚWIĘTOKRZYSKIE MOUNTAINS AND FROM THE BORE-HOLES IN THE POLISH LOWLANDS

The results are listed in Tab. 3. A part of the rocks examined represents the fossil-dated Lower Palaeozoic deposits but some belong to the series variously referred to as the Eocambrian, Ryphean or Sinian (Znosko, 1961).

As shown by petrographic examinations (Kieźel 1965, Lendzion 1969) the samples from Bazów, Tłuszcz, and Radzymin are clastic unmetamorphosed sedimentary rocks in which not only detritic feldspars but also rock fragments occur. It does not seem justified to assume a complete loss of detrital argon in the course of diagenetic processes and therefore the „ages” reported may be no more than weighted means of the ages of the components, the component ages having been possibly affected by weathering and diagenetic processes.

THE TATRA MOUNTAINS

K/Ar as well as Rb/Sr ages are available and are relatively numerous as for such a small area. The data listed in Tab. 4 indicate that the last major stage of the rock-forming processes in the crystalline core of the Tatra Mountains occurred in Carboniferous time. Some older, probably Silurian stage of metamorphic evolution is implied by Nos. 67, 68, and 112.

The age of 158 m.y. (No. 113) yielded by a whole rock sample of a diaphtoritic chloride schist from the Chochołowska Valley and looked upon by the authors of the K-Ar determination (Sedletskii et al., 1966) as a proof of Jurassic metamorphism is inconsistent with the geological data (the schists occur within the crystalline core which according to the structural relationships is pre-Lower Triassic in age; the fossil-dated Triassic and Jurassic deposits of the Tatra Mountains show no sign of metamorphic changes). According to the present author the value is rather a resultant of a probably Carboniferous age and the Late Cretaceous diaphtoritic alterations.

So far no age data have been reported which would record the Alpine-age orogeny.

THE SUDETES

The data are given in Tab. 5. Several determinations of rocks from the Czechoslovakian part of the Sudetes close to the state boundary are also included.

The Lusatia mica hornfelses from Eastern Germany (Watznauer 1964, Watznauer et al. 1966) have yielded the ages of 431 and 420 m.y. (recalculated to the „American constants”), which are interpreted

by N. P. Semenenko as evidences of an Ordovician metamorphism, and by A. Watznauer as a resultant of a Ryphean age of original greywackes and a Carboniferous metamorphic event. The Watznauer's view is supported by petrographic evidence of co-occurrence of two generations of micas in the rocks dated.

Ages higher than those recording the Carboniferous events have been reported from several localities of Lusatia and Saxony (e.g. Schürmann 1960, Watznauer 1966, Jäger & Watznauer 1969).

The data available for the rocks of the Polish part of the Sudetes almost exclusively concern the age of the granitic massifs. The meaning of the two determinations of the age of the rocks from the Izerskie Mountains (Nos. 119 and 120) and of the Radzimowice phyllite (No. 121) seems disputable: what is the geological meaning of a K/Ar age of a whole rock sample of a „secondarily albitized chlorite-actinolite amphibolite”?

So far geochronology in Poland has not contributed to solve the most difficult problems of the metamorphic evolution of the Sudetes. Because of the polymetamorphic character of the majority of the crystalline rocks of this region one may expect that any future age work will often result in apparent ages only (relict and mixed ages), and that their interpretation by no means will be simple or easy.

The determinations of micas (Nos. 156 and 157) from the metamorphic complex of Łądek and Śnieżnik carried out at the Geochronological Laboratory of IGEM AN USSR in Moscow resulted in Devonian ages though the rocks belong to the series commonly regarded as Precambrian. Even if they are true ages they record only the last stage of blastesis and not the main period of metamorphic recrystallization.

*

* *

Nos. 158 and 159 represent the tuffs occurring in the Cracow region and regarded as Early Permian in age.

*

* *

The values reported in the tables express the isotopic ratios conventionally recalculated to „ages”. Only some of them are true mineral ages. The present author compiled the naked data stripping them of the interpretations. It seems worth to mention that some of the interpretations offered in the source papers are inconsistent with each other. If one accepts the idea of the complete removal of argon from the detrital minerals and rock fragments in greywackes during their diagenetic alterations it seems hardly possible to assume that micas in gneisses can preserve some pre-metamorphic „detrital” argon. The former view concerns the Lower Palaeozoic deposits of the Świętokrzyskie Mountains, the latter one is the J. Borucki's (1965) interpretation of the ages of the Rzeszotary metamorphic rocks.

*Geological Research Centre
Polish Academy of Sciences
Warszawa*