

Tadeusz DEPOUCH, Józef LIS

Izochronowa kontrola i interpretacja wyników oznaczeń wieku bezwzględnego K-Ar

WSTĘP

Spośród metod oznaczania wieku bezwzględnego najszersze zastosowanie znajdują metody rubidowo-strontowa i potasowo-argonowa. Duża przydatność tych metod wynika przede wszystkim z powszechności występowania minerałów zawierających potas i będący z nim w powinowactwie geochemicznym rubid (łyszczyki, skalenie oraz potasonośne amfibole i pirokseny).

Metoda potasowo-argonowa oparta jest na zjawisku naturalnej promieniotwórczości izotopu potasu o masie 40. Izotop ten ulega podwójnej przemianie promieniotwórczej: β — przeobrażając się w izotop wapnia o masie 40 oraz na drodze wychwytu K — poprzez przeobrażenie się w izotop argonu o masie 40. Tylko ten ostatni typ przemiany, której udział w promieniotwórczości potasu wynosi 11%, może być praktycznie wykorzystany dla oznaczeń wieku bezwzględnego. Argon radiogeniczny powstający w wyniku przemiany promieniotwórczej zatrzymany jest przez sieć krystaliczną na miejscu potasu. Siła wiązania argonu jest dostatecznie wysoka i dorównuje sile wiązań chemicznych. Najkorzystniejszą strukturę krystaliczną dla wiązania argonu w sieci krystalicznej posiadają łyszczyki — biotyt i muskowitz, amfibole oraz w mniejszym stopniu skalenie i te właśnie minerały są przede wszystkim obiektem badań geochronologicznych przy zastosowaniu metody potasowo-argonowej.

Warunkiem stosowania metody K — Ar jest założenie, że w momencie powstania minerału nie zawierał on argonu i następnie w całej swej historii stanowił układ zamknięty dla potasu i powstającego z jego przemiany argonu. Jest to przypadek warunków idealnych które, niestety, nie zawsze są spełnione. Zjawiska metamorficzne i metasomatyczne prowadzące do przebudowy składu i struktury skały, wysoka temperatura, procesy wietrzeniowe i inne mogą prowadzić do naruszenia stanu równowagi między potasem i argonem, a w związku z tym mierzony wiek może być obarczony poważnym błędem. Dotyczy to głównie skał metamorficznych o długiej i skomplikowanej historii, gdzie niekiedy jedynie bardzo wnikliwe badania geochronologiczne z użyciem szeregu metod w połączeniu z badaniami petrograficznymi i geochemicznymi pozwalają pra-

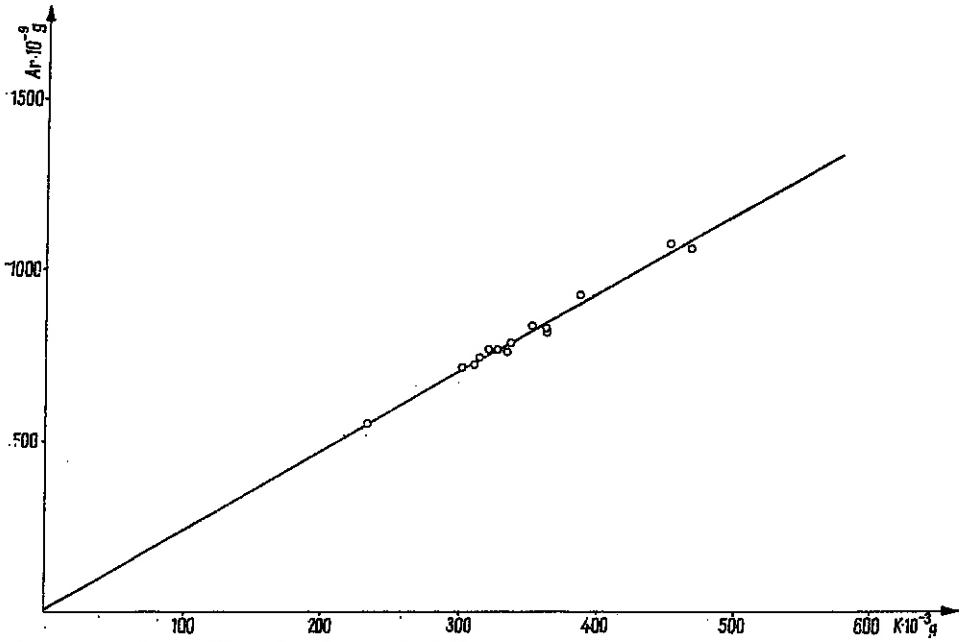


Fig. 1. Isochrone K — Ar dla granitoidów karkonoskich
Isochrone K — Ar for the Karkonosze granitoids

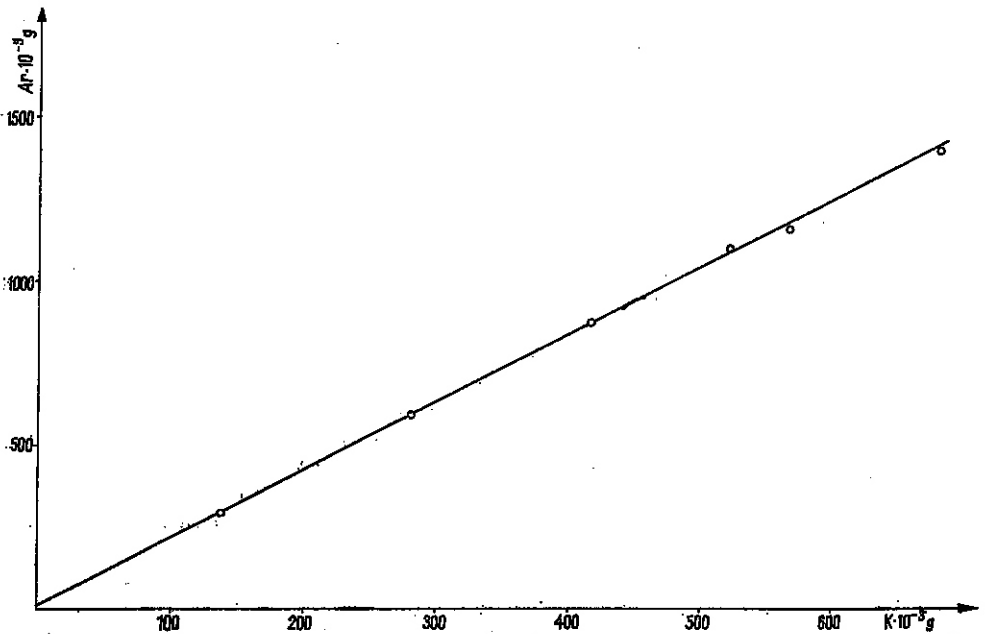


Fig. 2. Isochrone K — Ar dla granitu z Gęsińca (granitoidy strzeleckie) skonstruowana na podstawie jednej próbki, oznaczonej przy różnych naważkach
Isochrone K — Ar for the granite from Gęsińiec (the Strzelno granitoids), constructed on a sample determined using various amounts of rock

widlowo ocenić wiek skały. W zależności od charakteru procesów możemy mieć do czynienia zarówno z „odmłodzeniem”, jak i „postarzeniem” skały.

Niezależnie od tego znane są przypadki obecności w niektórych minerałach tzw. nadwyżkowego argonu radiogenicznego, niewątpliwie zawartego w mineralu, a nie zaadsorbowanego na jego powierzchni. Nadwyżkowy argon stwierdzono w niektórych berylach, turmalinach i piroksenach zawierających potas w minimalnych ilościach. Co do istoty pochodzenia tego argonu istnieje szereg hipotez nie tłumaczących w sposób zadowalający tego zjawiska. W codziennej praktyce badawczej są to przypadki rzadkie, niewątpliwie same w sobie bardzo ciekawe, lecz jak dotychczas nie mające większego znaczenia dla badań geochronologicznych.

METODY OZNACZANIA ARGONU RADIOGENICZNEGO

Radiogeniczny argon zawarty w badanym mineralu wydziela się i oczyszcza od innych gazów w specjalnej aparaturze próżniowej. Technika tego procesu stosowana przez wiele laboratoriów różni się w szczegółach, podstawowy schemat jest jednak podobny. Próbkę minerału wygrzewa się wstępnie w temperaturze około 250°C w celu usunięcia gazów zasorbowanych na powierzchni ziarn, a następnie stapia w odpowiedniej temperaturze. Uwolniony argon oczyszcza się od innych gazów, koncentruje się i zbiera za pomocą węgla aktywnego w temperaturze ciekłego azotu.

Dla dokonania pomiaru ilości wydzielonego argonu stosowane są zasadniczo dwie metody: objętościowa i rozcieńczenia izotopowego. Ta ostatnia jest obecnie powszechnie stosowana przez większość laboratoriów.

Proces wydzielenia i oczyszczania argonu radiogenicznego może być obarczony szeregiem istotnych błędów, tj.:

- a — niepełnym wydzieleniem lub stratą argonu w toku analitycznym;
- b — niecałkowitym pozbyciem się argonu zasorbowanego na powierzchni ziarn minerału;
- c — zanieczyszczeniem argonu radiogenicznego argonem atmosferycznym.

Stosując objętościową metodę pomiaru argonu za pomocą precyzyjnego próżniomierza Mc Leoda nie jesteśmy w stanie stwierdzić bezpośrednio czy mierzony gaz jest w pełni argonem radiogenicznym bez zanieczyszczeń argonem atmosferycznym.

Metoda rozcieńczenia izotopowego z pomiarem na spektrometrze mas uwalnia od tego rodzaju wątpliwości. Niewielkie zanieczyszczenia innymi gazami nie odgrywają tu roli, a ewentualne domieszki argonu atmosferycznego mogą być uwzględnione przez wprowadzenie poprawki, wynikającej z obecności izotopu argonu o masie 36. Pomiar objętościowy nakłada więc znacznie ostrzejsze kryteria dla toku analitycznego.

W laboratorium geochronologicznym Instytutu Geologicznego, wobec braku odpowiedniego spektrometru masowego, opracowano precyzyjną metodę wydzielenia i oczyszczania argonu, zabezpieczając w sposób możliwie maksymalny czystość wydzielonego argonu radiogenicznego oraz zmniejszając do minimum możliwość zanieczyszczenia argonem atmo-

sferycznym (T. Depciuch, 1971). Przy ścisłym przestrzeganiu warunków analitycznych można uzyskać dobrą powtarzalność oznaczeń. Istnieje jednak możliwość popełniania błędu systematycznego, wynikającego z obecności stałego tła, w tym również argonowego. Tło argonowe aparatury można zmniejszyć do minimum poprzez stosowanie odpowiednich materiałów do budowy aparatury, zastosowanie specjalnych geterów dla pochłaniania gazów nieszlachetnych oraz miniaturyzację aparatury. Mimo tych zabezpieczeń tło zawsze istnieje i każdorazowo musi być mierzone przed pomiarem argonu, następnie zaś uwzględniane przy wyliczaniu ilości argonu radiogenicznego.

IZOCHRONOWA METODA WYZNACZANIA WIEKU I KONTROLA POPRAWNOŚCI OZNACZEŃ ARGONU RADIOGENICZNEGO

W laboratorium Instytutu Geologicznego, oprócz wyżej wymienionych zabezpieczeń zmniejszających do minimum błędy analizy argonu metodą objętościową, opracowano matematyczny sposób kontroli uzyskiwanych wyników. Założenia tej metody wynikają z podstawowych zasad geochronologii izotopowej.

Jeżeli badany minerał od momentu powstania stanowił układ zamknięty, to ilość trwałego izotopu Np utworzonego z określonej ilości izotopu promieniotwórczego No w ciągu czasu t wyraża się wzorem:

$$N_p = N_0 (e^{\lambda t} - 1)$$

gdzie:

- λ — stała rozpadu izotopu promieniotwórczego,
- e — podstawa logarytmu naturalnego.

Z wzoru tego wynika również, że stosunek N_p/N_0 jest wartością stałą dla każdego momentu czasu t . W mineralu określonego wieku stosunek argonu radiogenicznego Ar^{40} do potasu (wobec stałości stosunków izotopowych współczesnego potasu) jest wartością stałą, tak więc w próbkach minerałów o tym samym wieku i różnych zawartościach potasu będziemy mieli wprawdzie różne ilości argonu radiogenicznego, ale pozostające w stałym stosunku do potasu.

Jeżeli w układzie współrzędnych na osi odciętych odłoży się wartości odpowiadające ilości argonu, a na osi rzędnych — potasu, to punkty odpowiadające temu samemu stosunkowi tych dwóch wartości utworzą prostą, biorącą początek w punkcie zerowym układu o ogólnym wzorze:

$$Ar^{40} = b K$$

gdzie:

- Ar^{40} — ilość argonu radiogenicznego w gramach,
- K — ilość potasu w gramach,
- b — tg kąta między prostą i osią rzędnych.

Współczynnik b wyraża stosunek argonu radiogenicznego do potasu. Wobec tego, że w metodzie potasowo-argonowej:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{Ar^{40}}{K^{40}} \cdot \frac{1+R}{R} \right)$$

gdzie:

- t — wiek w milionach lat,
- λ — ogólna stała rozpadu potasu = $\lambda_k + \lambda_\beta$,
- R — stosunek λ_k/λ_β .

Prosta ta jest izochroną próbek o tym samym wieku, lecz o różnych zawartościach potasu.

Ze współczynnika b za pomocą odpowiednich tablic można odczytać wiek izochronowy danego obiektu geologicznego.

Gdy wyniki oznaczeń obarczone są błędem systematycznym wynikającym bądź to z istnienia stałego, a nie uwzględnionego tła aparatury, bądź też z pewnych stałych strat argonu, izochrona przybierze następującą postać:

$$\text{Ar}^{40} = \pm a + b K$$

Współczynnik a wyrażony w gramach wskazuje punkt przecięcia izochrony z osią odciętych i określa ilościowo stały nadmiar lub niedomiar argonu.

W przypadku izochronowej interpretacji wyników $K - \text{Ar}$ w zależności od charakteru posiadanych próbek stosujemy różny schemat oznaczeń:

a. Gdy dysponujemy szeregiem próbek minerałów potasonośnych, w których zawartość potasu waha się w dość dużych granicach (np. skała zawierająca amfibol, skałek potasowy, biotyt i muskowit), oznaczenia argonu wykonujemy na zbliżonych naważkach.

b. Jeżeli zawartości potasu w próbkach są zbliżone, to dobieramy naważki analityczne poszczególnych próbek w ten sposób, aby ilości mierzonego argonu obejmowały jak najszerszy interwał wartości.

c. Mając do dyspozycji jedną próbkę minerału, wykonujemy dla niej szereg oznaczeń argonu z różnych naważek.

Na podstawie danych analitycznych izochronę wylicza się metodą najmniejszych kwadratów.

Niżej przytoczono dwa przykłady wyliczeń wieku i kontroli poprawności oznaczeń argonu metodą izochronową dla próbek biotyту z granitów karkonoskich (T. Depciuch, J. Lis, praca w druku — 1) i jednej próbki biotyту z granitu strzelińskiego (T. Depciuch, J. Lis, praca w druku — 2).

Dla granitów karkonoskich otrzymano następującą izochronę:

$$\text{Ar}^{40} = 8,9 \cdot 10^{-9} + 23,008 \cdot 10^{-7} \cdot K$$

Stosunek $\text{Ar}^{40}/K^{40} = 23,008 \cdot 10^{-7}$ odpowiada wiekowi $299 \cdot 10^6$ lat. Średnia arytmetyczna wieków dla próbek, na których podstawie wyliczono izochronę, wynosi $301,8 \cdot 10^6$ lat. Różnica więc między średnią arytmetyczną wieków i wiekiem izochronowym wynosi prawie 3 miliony lat i wskazuje, że wyniki oznaczeń obarczone były dodatnim błędem systematycznym rzędu 1 procentu.

W przypadku próbki granitu strzelińskiego z Gęsińca izochrona posiada postać następującą:

$$\text{Ar}^{40} = 14,0 \cdot 10^{-9} + 20,488 \cdot 10^{-7} K$$

co odpowiada wiekowi izochronowemu $269 \cdot 10^6$ lat. Różnica między wiekiem izochronowym i średnią arytmetyczną poszczególnych oznaczeń

wynosi również 3 miliony lat, a więc jak poprzednio wyniki te były obarczone błędem dodatnim rzędu 1 procentu. Oba przykłady zilustrowano na fig. 1 i 2.

W normalnej praktyce analitycznej punkty tworzące izochronę nie układają się ściśle na prostej, lecz tworzą elipsę prawdopodobieństwa, co jest widoczne bardzo wyraźnie na fig. 1. Ocenę tego rozproszenia prowadzi się za pomocą wyliczenia współczynnika korelacji liniowej. Jak wynika z praktyki naszego laboratorium, współczynnik ten osiąga wyższe wartości dla izochrony wyliczonej na podstawie oznaczeń tej samej próbki (ok. 0,999) niż na podstawie różnych próbek tego samego obiektu geologicznego. W każdym razie, jak nam się wydaje, nie powinien być niższy niż 0,99. Zbyt duży rozrzut punktów wokół prostej izochronowej skał, dla których można założyć jednorodność wiekową, może świadczyć bądź to o nieprawidłowościach analizy, bądź też o zachowaniu równowagi potas-argon w wyniku działalności jakichś procesów przyrodniczych. W tym ostatnim przypadku może to stanowić bardzo cenną wskazówkę dla dalszych badań nad charakterem tych zjawisk.

Przedstawiona wyżej metoda wyliczania izochronowego wieku oraz kontroli poprawności oznaczeń argonu radiogenicznego może być stosowana zarówno przy oznaczaniu argonu metodą objętościową, jak i metodą rozcieńczenia izotopowego.

Zakład Geochemii
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 12 stycznia 1971 r.

PISMIENNICTWO

- DEPCIUCH T. (1971) — Oznaczenia wieku bezwzględnego za pomocą wolumetrycznej metody K — Ar stosowanej w Instytucie Geologicznym. *Kwart. geol.*, 15, p. 483—494, nr 3. Warszawa.
- DEPCIUCH T., LIS J. (praca w druku — 1) — Wiek bezwzględny K — Ar granitoidów masywu Karkonoszy (Dolny Śląsk).
- DEPCIUCH T., LIS J. (praca w druku — 2) — Wiek bezwzględny K — Ar granitoidów strzelińskich (Dolny Śląsk).

Тадеш ДЕПЦУХ, Юзеф ЛИС

ИЗОХРОНОВЫЙ КОНТРОЛЬ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЙ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА K—Ar

Резюме

В геохронологической лаборатории Геологического института, в которой производится объёмное измерение радиоактивного аргона, составлена точная методика выделения аргона из минералов и очищения его, гарантирующая максимальную чистоту выделенного радио-

активного аргона и до минимума уменьшающая возможность засорения атмосферным аргоном (Г. Денпюх, работа в печати). Обработан также математический метод интерпретации полученных результатов, при помощи которого можно определить и учесть возможную систематическую ошибку.

Основные положения этого метода вытекают из основных принципов изотопной геохронологии. Если исследованный минерал с момента образования представлял собой замкнутую структуру, то количество стабильного изотопа N_p , образовавшегося из определенного количества радиоактивного изотопа N_0 , в период времени t определяется по формуле:

$$N_p = N_0 (e^{\lambda t} - 1)$$

где λ — постоянная распада радиоактивного изотопа, e — основание натурального логарифма. Из этой формулы следует, что отношение N_p/N_0 является постоянной величиной для каждого момента времени t . Следовательно, в минерале определенного возраста отношение радиоактивного аргона Ar^{40} к калию является постоянной величиной (ввиду постоянства изотопных отношений современного калия). Таким образом, в образцах минералов одного и того же возраста и с различным содержанием калия мы будем иметь, правда, разное количество радиоактивного аргона, но всегда остающееся в постоянном соотношении с калием.

Если в системе координат на оси абсцисс отложить величину, соответствующую количеству аргона, а на оси ординат — калия, то пункты, соответствующие тому же самому соотношению этих двух величин, образуют прямую, начинающуюся в нулевом пункте системы по формуле:

$$Ar^{40} = bK$$

где, Ar^{40} — количество радиоактивного аргона в граммах, K — количество калия в граммах, b — tg угла между прямой и осью ординат. Коэффициент b показывает соотношение радиоактивного аргона с калием. В связи с тем, что:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{Ar^{40}}{K^{40}} \cdot \frac{1+R}{R} \right)$$

где, t — возраст в миллионах лет, λ — общая постоянная распада калия $\lambda_k + \lambda_\beta$, R — отношение λ_k/λ_β , эта прямая является изохроной образца одного и того же возраста, но с различным содержанием калия. Коэффициент b при помощи соответствующих таблиц, дает возможность отчитать изохронный возраст данного геологического объекта.

В том случае, когда результаты определений обременены систематической ошибкой, вытекающей из наличия постоянного, но неуловимого фона аппаратуры или из определенных постоянных потерь аргона, изохрона принимает следующий вид:

$$Ar^{40} = \pm a + bK$$

Коэффициент A , выраженный в граммах, указывает на пункт пересечения изохроны с осью абсцисс и количественно определяет постоянный избыток или нехватку аргона.

В случае изохронной интерпретации результатов $K-Ar$, в зависимости от характера имеющихся образцов, применяются различные схемы определений: а) при наличии ряда образцов минералов, содержащих калий, количество которого колеблется в довольно больших пределах (например порода, содержащая амфибол, калиевый полевой шпат, биотит и мусковит), определение аргона производится в сближенных навесках; б) если образцы содержат близкое количество калия, то подбираются аналитические навески отдельных образцов таким образом, чтобы количество измеряемого аргона охватывало как можно больший интервал величин; в) при наличии одного образца минерала, для него производят

ряд определений аргона в различных навесках. На основе аналитических данных, изохроны вычисляются методом наименьших квадратов.

Ниже приведено два примера вычисления возраста и контроля точности определений аргона изохронным методом, произведенных для образцов биотита из карконошских гранитов (Т. Децюх, Ю. Лис — работа в печати) и для одного образца биотита из стшеленьского гранита (Т. Децюх, Ю. Лис, 1970). Для карконошских гранитов получена следующая изохрона:

$$\text{Ar}^{40} = 8,9 \cdot 10^{-9} + 23,008 \cdot 10^{-7} \text{ K}$$

Соотношение $\text{Ar}^{40}/\text{K}^{40} = 23,008 \cdot 10^{-7}$ соответствует возрасту $299 \cdot 10^6$ лет. Средняя арифметическая возраста для образцов, на основании которых была вычислена изохрона, составляет $301,8 \cdot 10^6$ лет. Следовательно, разница между средней арифметической возрастов и изохронным возрастом составляет почти 3 миллиона лет. Эта разница указывает на то, что результаты определений отягощены положительной систематической ошибкой порядка 1 процента. В случае стшеленьского гранита из Генсильца изохрона имеет следующий вид:

$$\text{Ar}^{40} = 14,0 \cdot 10^{-9} + 20,488 \cdot 10^{-7} \text{ K},$$

что соответствует изохронному возрасту $269 \cdot 10^6$ лет. Разница между изохронным возрастом и средней арифметической отдельных определений составляет также 3 миллиона лет, т. е. также как и в предыдущем случае эти результаты обременены положительной ошибкой порядка 1 процента. Оба примера показаны на фиг. 1 и 2.

В нормальной аналитической практике пункты, составляющие изохрону, не располагаются точно по прямой, а образуют эллипс вероятности (что отчетливо показано на фиг. 1). Оценка этого рассеивания производится при помощи вычисления коэффициента линейной корреляции. Как следует из практики нашей лаборатории, этот коэффициент достигает более высоких значений при изохроне, вычисленной на основании определений одного и того же образца ($\sim 0,999$), чем на основании различных образцов одного и того же геологического объекта. Во всяком случае, как нам кажется, он не должен быть ниже 0,99. Слишком большое рассеивание пунктов около изохронной прямой для пород, которые можно считать одновозрастными, может свидетельствовать или о незакономерностях анализа, или о нарушении равновесия калий — аргон в результате деятельности каких-то естественных процессов. В последнем случае это может представлять собой весьма ценный указатель для дальнейших исследований над характером данных явлений.

Представленная выше методика изохронного вычисления возраста и контроля точности определений радиоактивного аргона может применяться при определениях аргона объемным методом и методом изотопного рассеивания.

Tadeusz DEPCIUCH, Józef LIS

ISOCHRONOUS CONTROL AND INTERPRETATION OF RESULTS OF K—Ar ABSOLUTE AGE DETERMINATION

Summary

In the geochronology laboratory of the Geological Institute, where volumetric measurements of radiogenic argon are made, a precise method of separation and cleaning of argon from minerals has been worked out. The method guarantees in

a maximum way the purity of the radiogenic argon produced, and highly decreases the possibility of contamination with atmospheric argon (T. Depciuch — paper in print). Mathematical method of interpretation of the results obtained has also been elaborated; the method allows us to ascertain and to take into consideration all systematic errors.

The principles of this method are based on the main elements of isotope geochronology. If a mineral in study makes a closed system from the moment of its formation, then the amount of the constant isotope Np, originated from a given amount of the radioactive isotope No in time t , is given in the following formula:

$$Np = No(e^{\lambda t} - 1)$$

where:

λ — radioactive isotope constant; e — base of natural logarithm. It results from this formula that the ratio Np/No is also a constant value for each moment of time t . Thus, in the mineral of a given age the ratio radiogenic argon Ar⁴⁰ — potassium represents a constant value (as compared with the constant isotope relations of the contemporaneous potassium). In this way the samples of minerals of the same age and with different amounts of potassium will reveal various quantities of radioactive argon, but will be always in a constant relation to potassium.

When in the coordinate system we present the values of argon amounts on the X-axis, and the values of potassium amounts — on the Y-axis, the points corresponding to the same ratio of these two values will make a straight line that begins at the zero point of the system with the following formula:

$$Ar^{40} = b K,$$

where:

Ar⁴⁰ — amount of radiogenic argon in grammes; K — amount of potassium in grammes; b — tg of an angle between the straight line and Y-axis. The coefficient b expresses the radiogenic argon — potassium ratio. Seeing that

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{Ar^{40}}{K^{40}} \cdot \frac{1+R}{R} \right),$$

where:

t — age in mill. of years, λ — general radioactive potassium constant $\lambda_k + \lambda_\beta$, $R = \lambda_k/\lambda_\beta$ ratio, the straight line is an isochrone of samples of the same age, but with various content of potassium. Using special tables and coefficient b we may read off the isochronous age of a given geological object.

In the case when the results of determinations are charged with a systematic error due to the presence of constant but not considered background of the instrument, or due to some constant losses of argon, the isochrone takes the following form:

$$Ar^{40} = \pm a + b K.$$

Coefficient a , expressed in grammes, reflects an intersection point of isochrone and X-axis, and quantitatively determines the constant surplus or insufficiency of argon.

In the case of isochronous interpretation of K—Ar results we use, according to the character of the samples examined, a different scheme of determinations: a — if the samples include a series of potassium-bearing minerals, where potassium content ranges considerably (e.g. rock with amphibole, potassium feldspar, biotite and muscovite) — determinations of argon are made using similar amounts of rock

samples; b — if potassium amounts in samples are approximate, the weights of the individual samples should be chosen in a way allowing us to comprise the greatest interval of values; c — having at our disposal only one sample of mineral, we make a series of argon determinations taking various weights of sample. On the basis of analytical data, the isochrone is calculated by means of the method of least squares.

Below, there are given two examples of age calculation and of control of determinations of argon using isochronous method for biotite samples from the Karkonosze granites (T. Depciuch, J. Lis — paper in print) and for one sample from the Strzelin granite (T. Depciuch, J. Lis, 1970). The following isochrone has been obtained for the Karkonosze granites:

$$\text{Ar}^{40} = 8,9 \cdot 10^{-9} + 23,008 \cdot 10^{-7} \text{ K.}$$

The ratio $\text{Ar}^{40}/\text{K}^{40} = 23,008 \cdot 10^{-7}$ corresponds to an age of $299 \cdot 10^6$ years. The arithmetic mean of ages for samples, on the basis of which the isochrone has been calculated, amounts to $301,8 \cdot 10^6$ years. Thus, the difference between the arithmetic mean of ages and the isochronous age amounts approximately to 3 mill. years. The difference illustrates that the results of determinations were charged with positive systematic error of about 1%.

As concerns the sample of the Strzelin granite from Gęsiniec, the isochrone is as follows:

$$\text{Ar}^{40} = 14,0 \cdot 10^{-9} + 20,488 \cdot 10^{-7} \text{ K,}$$

and this corresponds to an isochronous age equal to $269 \cdot 10^6$ years. The difference between the isochronous age and arithmetic mean of the individual determinations amounts to 3 mill. years, too. In this case the results are also charged with a positive error of about 1%. The two examples are illustrated in Figs. 1 and 2.

In the normal analytical practice the points making the isochrone do not lie precisely on a straight line, but they constitute a probability ellipse, as it may be seen on Fig. 1. The estimation of such a dispersal is made by calculation of linear correlation coefficient. It results from the practice of our laboratory that this coefficient is of higher values for an isochrone calculated on the basis of the determinations of the same sample (ca 0,999) than in the case of various samples of the same geological object. It appears that in any case it cannot be lower than 0,99. A considerably high dispersal of points round the isochronous straight line for rocks, most probably of the same age, may demonstrate either an incorrectness of analyses, or an unstable potassium-argon balance due to the activity of certain natural processes. In this case, this may be an advice for further research on the nature of these phenomena.

The method of calculation of isochronous age and of control of determinations of radiogenic argon may be used in determinations of argon by means of both volumetric method and isotope dilution method.