

Katarzyna JARMOŁOWICZ-SZULC

Zastosowanie nowych stałych rozpadu promieniotwórczego do przeliczania wieku izotopowego K–Ar

Zgodnie z zaleceniami Podkomisji do Spraw Geochronologii IUGS przy oznaczaniu wieku metodą K–Ar należy stosować następujące stałe: $\lambda_K = 0,581 \cdot 10^{-10}/a$, $\lambda_B = 4,962 \cdot 10^{-10}/a$ i $\lambda_0 = 5,543 \cdot 10^{-10}/a$. W artykule przedstawiono wyniki przeliczeń danych, uzyskanych w Instytucie Geologicznym, ujęte w postaci tabelarycznej dla przedziału 100–3000 mln lat. Korzystanie z tabeli polega na prostym odczycie poprawionej wartości, użyciu współczynnika przeliczeń lub przybliżonej wartości ΔT dla danego przedziału wiekowego.

W 1976 r. Podkomisja do Spraw Geochronologii IUGS zaleciła ujednoczenie stałych rozpadu promieniotwórczego w geo- i kosmochronologii, a w przypadku oznaczeń metodą K–Ar – ogólne stosowanie nowych wartości dla przemiany potasu (R.H. Steiger, E. Jäger, 1977). Ujednoczone i uaktualnione dane posłużyły następnie do konstrukcji nowych edycji tabeli stratygraficznej, przy czym zastosowanie zaleceń IUGS i wykorzystanie wyników najnowszych badań doprowadziło do pewnych przesunięć poszczególnych wartości, wieku izotopowego. W tab. 1 podano niektóre z nowszych wartości (według W.B. Harlanda i in., 1982; G.S. Odina i N.H. Gale'a, 1982; H. Lippolita, 1983).

Do czasu wprowadzenia nowych, ujednoczonych stałych rozpadu promieniotwórczego potasu poszczególne laboratoria geochronologiczne używały różniących się między sobą wartości, co utrudniało porównywanie wyników (tab. 2).

Dla ułatwienia przeliczeń wieku uzyskanego metodą K–Ar przy przejściu od „starych” do „nowych” stałych G.B. Dalrymple (1979) zaproponował tablice krytyczne ze współczynnikami, przez które należy pomnożyć wiek otrzymany na podstawie pomiarów, by dojść do odpowiadającej mu „poprawionej” wartości. Cytowane zestawienie jest niewątpliwie dużym ułatwieniem dla geochronologów i stwarza możliwość porównywania szeregu opublikowanych wartości wieku. W Instytucie Geologicznym stosowano dotychczas nieco inne od przyjętych przez G.B. Dalrymple'a (*l.c.*) wartości (tab. 2), wobec czego zaistniała konieczność za-

Niektóre „nowe” wartości wieku izotopowego w tabeli stratygraficznej

Pozycja w tabeli	Wiek (mln lat) według W.B. Harlanda i in. (1982)	
J ₃ /K	144	
J ₂ /J ₃	163	
J ₁ /J ₂	181	
T ₃ /J ₁	213	
T ₂ /T ₃	231	
T ₁ /T ₂	243	
P/T ₁	248	
C/P	286	
D/C	360	
S/D	408	
Θ/S	438	
Є/Θ	505	
Podział karbonu	G.S. Odin, N.H. Gale (1982)	H. Lippolt (1983)
Stefan/westfal	300	305
Westfal/namur	310	315
Namur/wizen	320 $\begin{smallmatrix} +10 \\ -5 \end{smallmatrix}$	325

stosowania przeliczeń w bardziej złożonej postaci, opartych na następujących założeniach (G.B. Dalrymple, 1979):

– obliczeniu stosunku $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ z użyciem nowych stałych

$$\frac{^{40}\text{Ar}}{^{40}\text{K}} = \frac{L K_0 (e^{\lambda_0 T_1} - 1)}{1,167 \cdot 10^{-10}} \quad [1]$$

gdzie: L – „stary” stosunek $\frac{\lambda_e + \lambda'_e}{\lambda_0}$; K_0 – „stary” stosunek $^{40}\text{K}/\text{K}_{\text{całk.}}$; λ_0 – „stara” stała rozpadu promieniotwórczego dla wszystkich przemian potasu łącznie ($\lambda_e = \lambda'_e + \lambda_p$); T_1 – „stary” wiek K – Ar;

– obliczeniu aktualnej wartości (T) wieku K – Ar na podstawie nowych stałych IUGS

$$T = 1,804 \cdot 10^9 \ln \left(9,541 \cdot \frac{^{40}\text{Ar}}{^{40}\text{K}} + 1 \right) \quad [2]$$

gdzie: $\frac{^{40}\text{Ar}}{^{40}\text{K}}$ – wartość obliczona ze wzoru [1].

Przeliczanie według powyższych wzorów jest uciążliwe, toteż podjęto próbę tabelarycznego ujęcia wyników przeliczeń z uwzględnieniem odpowiednich stałych. Wartości te przedstawiono w tab. 3 dla wieku w przedziale od 100 do 3000 mln lat. Obejmuje ona wartości obliczone z użyciem „starych” stałych i odpowiadające im poprawione wartości. Nowoobliczony wiek T podany jest z dokładnością uzyskiwaną przy zastosowaniu „starych” stałych rozpadu. Dokładność pojedynczego oznaczenia obarczona jest błędem ok. 10%, toteż wartości podane w tabeli zaokrąglono do 1 mln lat.

Tabela 2

Niektóre stałe rozpadu promieniotwórczego potasu stosowane przed ujednoczeniem wartości

Rodzaj stałej	„Stare” wartości			„Nowe” wartości
	G.W. Wetherill (1958), A.O. Nier (1950)	<i>vide</i> G.B. Dalrymple (1979)	P. Bussière i in. (1968)*	R.H. Steiger, E. Jäger (1977)
λ_K	$0,585 \cdot 10^{-10}/a$	$0,557 \cdot 10^{-10}/a$	$0,584 \cdot 10^{-10}/a$	$0,581 \cdot 10^{-10}/a$
λ_B	$4,72 \cdot 10^{-10}/a$	$4,72 \cdot 10^{-10}/a$	$4,72 \cdot 10^{-10}/a$	$4,962 \cdot 10^{-10}/a$
λ_0	$5,305 \cdot 10^{-10}/a$	$5,277 \cdot 10^{-10}/a$	$5,304 \cdot 10^{-10}/a$	$5,543 \cdot 10^{-10}/a$
$40_{K/K_{całk.}}$	$1,19 \cdot 10^{-4} \text{ mol/mol}$	$1,19 \cdot 10^{-4} \text{ mol/mol}$	$1,19 \cdot 10^{-4} \text{ mol/mol}$	$1,167 \cdot 10^{-4} \text{ mol/mol}$

* Stałe używane w Instytucie Geologicznym w Warszawie

Tabela przeliczeń wartości wieku K-Ar przy przejściu od „starych” do „nowych” stałych rozpadu promieniotwórczego

Wiek (mln lat)							
T_1	T	F	ΔT	T_1	T	F	ΔT
100	102	1,0220	2	432	440	1,0175	8
105	107	1,0218	2	440	448	1,0172	8
110	112	1,0218	2	450	458	1,0169	8
115	117	1,0216	2	460	468	1,0169	8
116	119	1,0221	3	470	478	1,0168	8
120	123	1,0227	3	480	488	1,0166	8
130	133	1,0216	3	490	498	1,0162	8
140	143	1,0215	3	500	508	1,0161	8
150	153	1,0226	3	510	518	1,0161	8
160	163	1,0214	3	520	528	1,0158	8
164	167	1,0213	3	530	538	1,0159	8
165	169	1,0215	4	540	548	1,0156	8
170	174	1,0214	4	550	558	1,0155	8
180	184	1,0211	4	554	562	1,0153	8
190	194	1,0214	4	555	564	1,0153	9
200	204	1,0187	4	560	569	1,0153	9
210	214	1,0211	4	570	579	1,0153	9
210	223	1,0205	4	580	589	1,0151	9
220	225	1,0206	5	590	599	1,0149	9
230	235	1,0206	5	600	609	1,0148	9
240	245	1,0204	5	610	619	1,0146	9
250	255	1,0199	5	630	639	1,0142	9
260	265	1,0199	5	650	659	1,0140	9
270	275	1,0198	5	680	689	1,0134	9
279	284	1,0195	5	700	709	1,0131	9
280	286	1,0200	6	720	729	1,0129	9
290	296	1,0194	6	740	749	1,0126	9
300	306	1,0193	6	760	769	1,0123	9
310	316	1,0194	6	780	789	1,0124	9
320	326	1,0189	6	800	809	1,0118	9
330	336	1,0188	6	850	859	1,0111	9
340	346	1,0189	6	900	909	1,0105	9
350	356	1,0184	6	950	959	1,0097	9
351	357	1,0187	7	970	979	1,0094	9
360	367	1,0183	7	1000	1009	1,0091	9
370	377	1,0184	7	1050	1059	1,0083	9
380	387	1,0179	7	1100	1108	1,0077	8
390	397	1,0181	7	1150	1158	1,0072	8
400	407	1,0178	7	1200	1208	1,0066	8
410	417	1,0178	7	1250	1258	1,0060	8
420	427	1,0176	7	1300	1307	1,0053	7
430	437	1,0172	7	1350	1357	1,0048	7
431	438	1,0174	7	1400	1406	1,0042	6

Wiek (mln lat)							
T_1	T	F	ΔT	T_1	T	F	ΔT
1450	1455	1,0036	5	2100	2094	0,9972	-6
1500	1505	1,0030	5	2200	2192	0,9963	-8
1550	1554	1,0025	4	2300	2290	0,9954	-10
1600	1603	1,0020	3	2400	2387	0,9945	-13
1650	1652	1,0014	2	2500	2484	0,9937	-16
1700	1702	1,0009	2	2550	2533	0,9933	-17
1770	1770	1,0002	0	2600	2582	0,9930	-18
1790	1790	1,0000	0	2650	2630	0,9925	-20
1800	1800	0,9989	0	2700	2679	0,9922	-21
1850	1849	0,9993	-1	2800	2776	0,9914	-24
1900	1898	0,9989	-2	2900	2873	0,9907	-27
1950	1947	0,9983	-3	2950	2922	0,9904	-28
2000	1996	0,9981	-4	3000	2970	0,9901	-30

Przy przejściu od „starych” do „nowych” stałych wiek K–Ar jest wyższy dla niskich wartości (o 2,2% dla 100 mln lat), a niższy dla bardzo wysokich (o ok. 1% w przypadku 3000 mln lat).

W tab. 3 zamieszczono wielkości odpowiadające wiekowi uzyskanemu na podstawie „starych” stałych (T_1), wiekowi poprawionemu (T), jak również współczynnik przeliczeń F , dający dokładniejszą wartość wieku poprawionego oraz wartość ΔT – przybliżoną różnicę między wiekiem obliczonym z zastosowaniem uprzednio używanych stałych a jego uaktualnioną wartością. Zaobserwowano tendencję zmiany przeliczonej wartości wieku – w przybliżeniu – o stałą wartość charakterystyczną dla pewnych przedziałów wiekowych. Toteż wartości w tabeli uporządkowane są w zależności od prawidłowości zmiany ΔT . I tak np. w przedziale 280–350 mln lat wiek „poprawiony”, tzn. przeliczony z użyciem aktualnych stałych rozpadu promieniotwórczego, różni się dla każdej kolejnej wartości o ok. 6 mln lat w stosunku do wieku obliczonego poprzednio. Korzystanie z tabeli w omówionym powyżej ujęciu jest więc niezwykle uproszczone.

Dla wszystkich wartości podanych w tab. 3 można dokonać prostego odczytu wieku poprawionego (T), tzn. przybliżonej wartości odpowiadającej pierwotnej (T_1), uzyskanej z oznaczeń. Dla wartości pośrednich między wartościami uwzględnionymi w tabeli można zastosować proste datowanie ΔT w danym przedziale wiekowym bądź też użyć przelicznika F w postaci średniej arytmetycznej między najbliższymi wartościami skrajnymi.

Jak wynika z tab. 3, ΔT wykazuje początkowo tendencję rosnącą, a następnie malejącą aż do zera, co odpowiada wiekowi ok. 1790 mln lat. Powyżej tej wartości granicznej współczynnik ΔT maleje nadal, natomiast wiek poprawiony jest niższy aniżeli pierwotny. W tej części tabeli wartości ΔT podano w większych odstępach czasowych. Wygodniejsze jest tu użycie współczynnika F , a w przypadku wieku pośredniego – współczynnika wyliczonego proporcjonalnie z różnicy najbliższych wartości ujętych w tabeli.

Trzeba przy tym zauważyć, że niepewność związana z wprowadzeniem zaokrągleń w przypadku tak wysokich wartości jest rzędu dziesiątych części procenta, a więc jest zaniedbywalna w porównaniu z błędem oznaczenia. Uwaga ta dotyczy właściwie całej tabeli, gdyż wprowadzenie przybliżeń było możliwe tylko dlatego, że nie mają one większego wpływu na odczyty.

Zaprezentowana tabela przeliczeń wartości (uzyskiwanych przy użyciu „starych” stałych stosowanych w Pracowni Mineralogii i Geochronologii Instytutu Geologicznego) przy przejściu do ogólnie zalecanych pozwała w prosty sposób na wprowadzenie poprawek do podawanych wcześniej wartości wieku K – Ar w Polsce. I tak, używając stałych rozpadu promieniotwórczego zalecanych przez IUGS, pewnej modyfikacji ulegną przykładowo następujące wartości:

- wiek izochronowy masywu strzegomskiego, określony do 266 mln lat (T. Depciuch, 1971), wyniesie 271 mln lat;
- zakres wartości wieku dla regionu Kudowy, określony na 311 – 365 mln lat (J. Lis, H. Sylwestrzak, 1978), wyniesie 317 – 372 mln lat;
- wiek izochronowy granitu karkonoskiego, określony na 299 mln lat (T. Depciuch, J. Lis 1971), wyniesie 305 mln lat.

Zakład Petrografii, Mineralogii
i Geochemii
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 21 grudnia 1985 r.

PIŚMIENNICTWO

- BUSSIÈRE P., CANTAGREL J., GAMOT E., PHILIBERT J., ROQUES M., TAUPINARD J., VACHETTE Y. (1968) – Technique de la détermination des ages absolus par la méthode a l'argon. Travaux du Departement de Geologie et Mineralogie de la Faculte des Sciences de Clermont, **19**.
- DALRYMPLE G.B. (1979) – Critical tables for conversion of K – Ar ages from old to new constants. *Geology*, **7**, p. 558 – 560.
- DEPCIUCH T. (1971) – Wiek bezwzględny granitoidów strzegomskich określony metodą K – Ar. *Kwart. Geol.*, **15**, p. 862 – 869, nr 4.
- DEPCIUCH T., LIS J. (1971) – Wiek bezwzględny K – Ar granitoidów masywu Karkonoszy. *Kwart. Geol.*, **15**, p. 855 – 881, nr 4.
- HARLAND W.B., COX A.V., LLEWELLYN P.G., PICKTON C.A.G., SMITH A.G., WALTERS R. (1982) – A geologic time scale. Cambridge University Press.
- LIS J., SYLWESTRZAK H. (1978) – Wiek izotopowy granitoidów Kudowy. *Kwart. Geol.*, **22**, p. 489 – 496, nr 3.
- LIPPOLT H. (1983) – Communication on the meeting of IGCP Project 198, Nov. 1983. London.
- NIER A.O. (1950) – A redetermination of the relative abundances of the isotopes of carbon, nitrogen, oxygen, argon and potassium. *Phys. Rev.*, **77**, p. 789 – 793.
- ODIN G.S., GALE N.H. (1982) – Géochimie et géochronologie isotopiques – Mise a jour de l'échelle des temps calédoniens et hércyniens. *C.R. Acad. Sc. Paris*, **294**.
- STEIGER R.H., JÄGER E. (1977) – Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth Planet. Sc. Letters*, **36**, p. 359 – 362.
- WETHERILL G.W. (1958) – Radioactivity of potassium and geologic time. *Science*, **126**, p. 545 – 549.

Катажина ЯРМОЛОВИЧ-ШУЛЬЦ

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ПОСТОЯННЫХ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА ДЛЯ ИСЧИСЛЕНИЯ ИЗОТОПНОГО ВОЗРАСТА К—Аг

Резюме

В 1976 г. Подкомиссия по Геохронологии МУГН предложила ввести во всех лабораториях постоянные радиоактивного распада. На их основании введены изменения в стратиграфическую схему, отчасти показанные на таб. 1. В случае использования К—Аг метода предлагается применять новые постоянные вместо ранее используемых (таб. 2). На базе этих новых величин в 1979 г. Г.Б. Дальримпл предложил критические таблицы для пресчета „старых” величин К—Аг возраста на „новые”. С точки зрения лаборатории минералогии и геохронологии Геологического института эти таблицы непригодны, ввиду того, что здесь применяются и другие величины. Поэтому в предлагаемой работе предпринята попытка пересчета возраста, переходя от „старых” польских к „новым” постоянным МУГН, по формулам:

$$\frac{^{40}\text{Ar}}{^{40}\text{K}} = \frac{L \cdot K_0 (e^{\lambda_0 T_1} - 1)}{1,167 \cdot 10^{-4}} \quad [1]$$

$$T = 1,804 \cdot 10^9 \ln \left(9,541 \cdot \frac{^{40}\text{Ar}}{^{40}\text{K}} + 1 \right) \quad [2]$$

где: T_1 , T — соответственно „старый” и „новый” возраст; $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ — соотношение, рассчитанное с применением предлагаемых постоянных; L — „старый” $\frac{\lambda_e + \lambda'_e}{\lambda_0}$; K_0 „старое” соотношение $^{40}\text{K}/K_{\text{абсолютное}}$; λ_0 — абсолютная постоянная распада калия для всех превращений.

Результаты исчисления представлены в таб. 3 для возрастного интервала 100—3000 млн. лет. Эта таблица содержит „старые” и „новые” величины возраста (соответственно T_1 и T), пересчетный коэффициент F (для более точного расчета), а также приблизительную величину ΔT , составляющую приблизительную разницу между „новыми” и „старыми” величинами.

Применяя актуальные постоянные, некоторые ранее полученные результаты означения К—Аг в Польше следует представить иными величинами. Согласно с таб. 3:

- изохронный возраст Стшегомского массива (Т. Дептюх, 1971) изменяется с 266 млн. на 271 млн. лет;
- возрастные границы для района Кудовы (311—365 млн. лет, Ю. Лис, Х. Сильвестшак, 1978) составляют 317—372 млн. лет;
- изохронный возраст гранита Карконоши (299 млн. лет, Т. Дептюх, Ю. Лис, 1971) составляет 305 млн. лет.

Katarzyna JARMOŁOWICZ-SZULC

ON THE USE OF NEW DECAY CONSTANTS TO RE-COMPUTE K-Ar DATINGS

Summary

In 1976 the IUGS Subcommittee for Geochronology recommended use of the same radiogenic decay constants in all laboratories. This resulted in a number of changes in the stratigraphic time table (some of them are shown in Tab. 1). In the case of the K-Ar method the subcommittee recommended to replace the hitherto applied constants with the new ones (tab. 2). Using the new values, in 1979 G.B. Dalrymple has proposed critical tables to re-compute "old" K-Ar ages to "new" ones. These tables cannot be, however used in the Mineralogical and Geochronological Laboratory of Geological Institute because of differences in the accepted constants. Therefore an attempt was made to re-compute ages from "old" Polish to "new" IUGS constants basing on such the formulae:

$$\frac{{}^{40}\text{Ar}}{{}^{40}\text{K}} = \frac{L \cdot K_0 (e^{\lambda_0 T_1} - 1)}{1.167 \cdot 10^{-4}} \quad [1], \text{ and}$$

$$T = 1.804 \cdot 10^9 \ln \left(9.541 \cdot \frac{{}^{40}\text{Ar}}{{}^{40}\text{K}} + 1 \right) \quad [2]$$

where: T_1 and T - mean "old" and "new" ages, respectively; ${}^{40}\text{Ar}/{}^{40}\text{K}$ - ratio counted using the recommended constants; L - "old" $\frac{\lambda_e + \lambda'_e}{\lambda_0}$; K_0 - "old" ratio ${}^{40}\text{K}/K_{t_0}$; λ_0 = "old" total decay constant for potassium.

The results of re-computing for the age interval 100-3000 my are given in Table 3. This table presents "old" and "new" age values (T_1 and T , respectively), multiplying factor F (for more precise countings), as well as estimated value ΔT , which is roughly estimated difference between "new" and "old" age values.

Applying actual constants some earlier K-Ar dating results in Poland should be presented in changed value. According to Tab. 3.

- isochrone age for the Strzegom massif (T. Depciuch, 1971) changes from 266 my to 271 my,
- ages region for the Kudowa massif (311-365 my, J. Lis, H. Sylwestrzak, 1978) - to 317-372 my, and
- isochrone age for the Karkonosze granite (299 my; T. Depciuch, J. Lis, 1971) - to 305 my.

Translated by Author