

К. К. ЖИРОВ, В. С. ДОКУЧАЕВА, К. М. БАБКИНА

**К ГЕОХИМИИ ГЕЛИЯ И АРГОНА ПРИ АВТОМЕТАМОРФИЧЕСКОМ
ИЗМЕНЕНИИ ПОРОД МОНЧЕГОРСКОГО ПЛУТОНА**

(Представлено академиком А. В. Сидоренко 22 X 1971)

Вопросы эндогенной геохимии гелия и аргона в настоящее время во многом остаются невыясненными, что приводит, в частности, к ряду спорных моментов в геохронологии. В настоящее время существуют две взаимно исключающие друг друга точки зрения по поводу очень больших значений возраста, полученных по Ar/K -методу. С одной стороны, при интерпретации таких цифр допускается образование гелия или аргона *in situ* за счет гипотетических ядерных процессов (непостоянство константы распада или существование еще не установленных трансурановых элементов) (¹, ²); с другой — предполагается, что появление дополнительных количеств аргона (или гелия) связано с физико-химическими особенностями того или иного геологического процесса (³), в частности с обогащением ими остаточных растворов в процессе магматической дифференциации.

Одним из объектов, где несоответствие данных Ar/K -метода с геологическими материалами проявилось особенно резко, является Мончегорский плутон ультраосновных и основных пород. Для плутона по Ar/K -методу получаются самые различные значения возраста (³, ⁵), что, очевидно, невозможно объяснить процессами «омоложения», которые не могли быть не замечены при геолого-петрографическом изучении пород. Имея это в виду, мы сочли необходимым изучить воздействие процессов автометаморфизма на поведение калия и аргона в ультраосновных породах. Из практики геохронологических исследований известно, что наложенные процессы, как правило, способствуют потере таких легко подвижных компонентов, как аргон и гелий, что ведет к занижению радиологического возраста пород.

Для исследования были подобраны образцы в различной степени метаморфизованных перидотитов. Образцы взяты из керна подземной скважины № 9, пройденной в массиве Сопча, с глубины от 431 до 434 м (от устья скважины). Для отобранных пород были выполнены следующие определения: гелия и аргона по обычной объемной методике с последующим изотопным анализом выделенного аргона для введения поправки на контаминацию воздушным аргоном; калия — пламеннофотометрическим методом; (H_2O^+) и (H_2O^-) при помощи трубки Пенфильда и CO_2 . Результаты определений сведены в табл. 1, в которой дана и краткая петрографическая характеристика проанализированных пород.

Из табл. 1 видно, что определенные содержания CO_2 и H_2O подтверждают результаты микроскопического изучения пород: наиболее измененному перидотиту отвечают и наибольшие содержания CO_2 и H_2O . Некоторая неясность есть в поведении калия: вначале идет вынос, но в наиболее измененном образце перидотита содержание его не уменьшается, а практически становится равным исходному. Возможно, что здесь мы сталкиваемся с первоначально неравномерным содержанием калия в перидотите, с его повышенным содержанием в том участке породы, который в последующем был изменен в наибольшей степени, но все же удержал в себе

Таблица 1

Результаты анализов перидотита различной степени изменения

№№ п.п.	№ обр.	K, %	Ag _{общ} , 10 ⁻³ г/г	Ag _{возд} , %	Ar ⁴⁰ , 10 ⁻⁹ г/г	Ar ⁴⁰ , мм ³ /г	He, мм ³ /г	He, 10 ⁻⁹ г/г	Ar ⁴⁰ /K ⁴⁰	Возраст (Ar ⁴⁰ /K ⁴⁰), 10 ⁸ лет	CO ₂ , %	H ₂ O ⁺ , %	H ₂ O ⁻ , %	
1	№ 9—7/434	0,092	106,3	19,9	85,15	0,04757	0,060	10,6	0,7589	3895	0,12	0,57	0,04	
												Σ 0,73		
2	№ 9—7/431,0	0,069	159,4	10,8	142,2	0,07944	0,103	18,3	1,6888	5270	1,30	2,34	0,08	
												Σ 3,62		
3	№ 9—7/431,7	0,042	194,4	7,7	179,0	ср. 184,8	0,1006	0,144	25,7	3,4961	6580	2,19	3,10	0,26
4	То же										6632			
	(повторно)	0,042	246,0	23,5	190,7		0,1065	0,158	28,1	3,7246	6685	Σ 5,54		
5	9—7/432,7	0,087	239,5	10,3	214,8	ср. 212,7	0,1200	0,774	138,2	2,0245	5585	5,02	3,26	0,30
6	То же										5570			
	(повторно)	0,087	255,6	17,6	210,6		0,1177	0,733	130,8	1,9853	5555	Σ 8,58		

Примечание. 1—глубина 431,0 м; очень слабо измененный перидотит; состав (в порядке кристаллизации минералов, %): оливин 50, ромбический пироксен (бронзит) 40, моноклинный пироксен (диопсид) 5—6, плагиоклаз 1—2, вторичные минералы (серпентин, амфибол, хлорит) 1,5—2, рудные (магнетит, пирротин, халькопирит, пентландит) 0,2—0,5; вторичные минералы образуются по краям зерен и трещинам в оливине, пироксене и плагиоклазе. 2—431,0 м; перидотит, изменен слабо; оливин ~ 45, ромбический пироксен ~ 40, моноклинный пироксен 5—6, вторичные минералы (серпентин, хлорит, тальк, амфибол тремолит-актинолитового ряда) 8—10%, рудные минералы (магнетит и сульфиды) 0,2—0,5; вторичные минералы замещают частично оливин и пироксены и полностью плагиоклаз. 3,4—431,7 м; перидотит, сильно изменен; оливин и пироксены полностью замещены вторичными минералами, порода перекристаллизована и превращена в тонкозернистый мелкопудчатый сланец; мелкопудчатый амфибол тремолит-актинолитового ряда 25—30, бесцветный хлорит, который является преобладающим в породе, 50—55, серпентин и карбонаты ~ 15, рудные минералы (магнетит и сульфиды) 1,5—2, 5,6—432,7 м; перидотит, очень сильно измененный; минеральный состав аналогичен предыдущим образцам; вторичные минералы > 15; наиболее сильно изменен плагиоклаз, он почти полностью замещен мелкопудчатым бесцветным хлоритом и амфиболом; ромбический пироксен и оливин изменены слабее, они замещаются вторичными минералами (серпентин, тальк, амфибол) по краям зерен и по трещинам в них. Определения гелия и аргона выполнены Н. Ф. Борисенко, калия — Н. А. Ульяновко. При вычислении возраста использованы константы: $\lambda_e = 0,594 \cdot 10^{-10}$ год⁻¹, $\lambda_\beta = 4,72 \cdot 10^{-10}$ год⁻¹, K⁴⁰/K = 0,0120 вес. %.

некоторое количество этого элемента. Не исключено также, что на какой-то стадии автометаморфизма может происходить привнос калия. В работе (4) описано образование «корочек» вокруг акцессорных титаномagnetитов, в которых методом электронного зонда определено содержание около 5% калия, вероятно имеющее автопневматолитическое происхождение. Для таких образцов перидотита содержание калия поднимается до 0,5%, что довольно высоко для ультраосновных пород.

Интересно то, что отчетливо проявляется зависимость содержания гелия и аргона от содержания CO_2 и H_2O : чем больше содержание этих типичных для автометаморфизма компонентов, тем больше содержание гелия и аргона. Эта зависимость может быть выражена графически, если, с одной стороны, взято суммарное содержание $\text{CO}_2 + (\text{H}_2\text{O}^+) + (\text{H}_2\text{O}^-)$, а с другой — содержание гелия и аргона (рис. 1), причем для аргона эта зависимость практически приближается к линейной. Следовательно, вполне обоснован вывод, что в числе агентов, вызывающих автометаморфические явления, принимают участие гелий и аргон, т. е. в этом случае они не выносятся, а, наоборот, привносятся, и происходит «удревнение» возраста породы по Ar/K -методу.

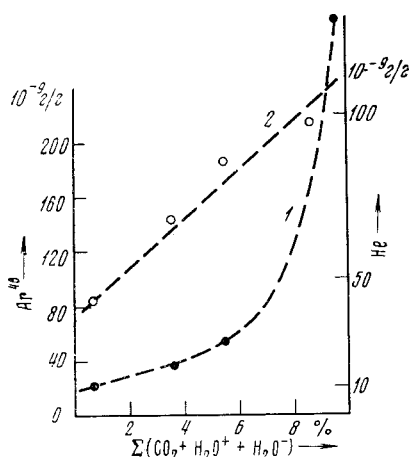


Рис. 1. График зависимости содержания гелия (1) и аргона (2) от суммы содержаний $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ в породе

Некоторое снижение значения возраста для максимально измененных перидотитов (см. №№ 5 и 6) связано с той неясностью поведения калия, о которой говорилось выше. Интересно, что происходит постоянное изменение соотношения He/Ar : оно все время возрастает, и особенно резко для последнего образца. В то же время, потери за счет диффузии должны бы быть больше для гелия, а не аргона. Таким образом, газовая, или флюидная, фаза, вызывающая изменение пород, в разных участках имела, вероятно, неодинаковый состав в отношении гелия и аргона (разные парциальные давления).

Из приведенных данных следует, что установлен первый отчетливый случай привноса гелия и аргона при метаморфизме ультраосновных пород. Возможная причина (пока непонятного) колебания значений возраста для многих ультраосновных пород, и особенно пород Мончегорского плутона, вероятно, заключается в различной интенсивности процессов автометаморфизма. Кроме того, по нашему мнению, описанный случай исключает возможность каких-либо «ядерных» объяснений для высоких значений возраста.

Второй вывод, который может быть сделан на основе полученных данных (в том числе рис. 1), следующий: экстраполяция прямой (аргон) на графике до ее пересечения с осью ординат дает отрезок, отвечающий содержанию аргона в породе, исключая воздействие метаморфического процесса. Оно должно складываться из двух возможных составных частей: 1) образовавшегося *in situ* при распаде K^{40} , присутствующего в породе за геологическое время ее существования, и 2) первоначально растворенного в исходной магме и затем законсервированного в породе. Соответствующий отрезок на оси ординат отвечает $\sim 72 \cdot 10^{-9}$ г/г Ar . Принимая за исходное содержание калия 0,09%, получим «возраст» $3,7 \cdot 10^{-9}$ лет, т. е. явно завышенный даже по сравнению с цифрой, рекомендуемой (5) как наиболее вероятная по Ar/K -методу: $3,3\text{--}3,4 \cdot 10^9$ лет. Мы полагаем, что в настоящее время наиболее близкой к действительной (хотя и нуждающейся в

уточнении) является цифра Э. В. Сабатовича, полученная по свинцово-позвонному методу, в $2,9 \cdot 10^9$ лет ⁽⁶⁾. Таким образом, весьма вероятно присутствие некоторого количества первоначально растворенного в исходной магме первичного аргона. Аналогичная экстраполяция может быть осуществлена и для кривой гелия, в своем начале близкой к прямолинейной. Но суждение о присутствии первичного гелия возможно лишь после получения данных о содержании урана и тория. Естественно, что окончательные выводы будут убедительными лишь при наличии большего фактического материала. Вопрос о том, чем в большей степени обусловливается завышение возраста по основным и ультраосновным породам — привнесением аргона при автометаморфизме или первоначально растворенным в исходной магме, — также требует дополнительного исследования, так как от этого зависит правильная интерпретация цифр по Ar/K -методу.

Геологический институт
Кольского филиала им. С. М. Бирова
Академии наук СССР
г. Апатиты

Поступило
22 X 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Э. К. Герлинг, И. И. Морозова, В. А. Спрингсон. В кн. Проблемы геохимии и космохимии, «Наука», 1967. ² Э. К. Герлинг, Г. В. Овчинникова, Геохимия, № 8 (1970). ³ К. К. Жиров, М. И. Фугзан и др. Геол. рудн. месторожд., № 2 (1972). ⁴ T. Kirsten, W. Gentner. Zs. Naturforsch., 210, H. 1/2 (1966). ⁵ Э. К. Герлинг, В. А. Масленников, И. И. Морозова, В кн. Вопросы датировки древнейших геологических образований и основных пород, «Наука», 1967. ⁶ Э. В. Сабатович, Изотопы свинца в геохимии и космохимии, М., 1970.