

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ КАЛИЙ-АРГОНОВОГО ДАТИРОВАНИЯ ГАББРОИДОВ КУСИНСКО-КОПАНСКОЙ ИНТРУЗИИ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

А. И. Степанов

Габброиды группы массивов (Маткальский, Копанский, Медведевский, Кусинский), входящих в состав так называемой Кусинско-Копанской интрузии (Южный Урал), расположенной в зоне Зюраткульского глубинного разлома, датируются уже в течение не одного десятка лет. Пожалуй, нет на Урале района, где бы на такой незначительной площади был проведен столь обширный объем геохронологических работ различными методами [1, 2, 5 и др.] с подавляющим преобладанием калий-аргоновых данных. Все они характеризуются весьма большими расхождениями, однако никаких работ по анализу этих расхождений (интерпретации возрастных данных) не проводилось. Лишь делались попытки выделить некоторые этапы в развитии пород массивов на основании валового набора значений, полученных по всем (в том числе неизученным) образцам пород интрузии [3, 6]. И порой делались весьма противоречивые выводы: так, В.М. Горожаниным и др. [1] по породам “расщепленной серии” габбровых массивов была получена рубидий-стронциевая изохрона (правда, весьма неуверенная) с возрастом 2553 ± 96 млн. лет, но почему-то в качестве времени образования интрузии взяты значения по поздним метаморфическим минералам – 1300–1350 млн. лет. Все это, в конце концов, привело к тому, что к настоящему моменту время формирования пород интрузии стало оцениваться значениями от 1385 ± 25 до 1388 ± 63 млн. лет, в том числе, по уран-свинцовому и самарий-неодимовому методам [4, 8], полученными также в единичном экземпляре без необходимого учета сложных преобразований пород интрузии.

По мере развития аналитических методов (точности и чувствительности) в геохронологии все большее значение приобретает вопрос соответствия анализируемого материала (образца) объекту в целом, то есть в конечном счете, соответствие ожидаемых результатов целям и задачам проводимых исследований (можно назвать принципом адекватности¹). Этот принцип хорошо работает при проведении специально поставленных методических геохронологических работ на Кусинском массиве [6, 7], когда значения калий-аргонового возраста сопоставлялись с процессами преобразования пород, что позволило в результате получить некоторые критерии

для достоверной оценки возрастных данных по Кусинскому массиву [6, 7]:

- первичные габброиды массива (габбро-нориты и оливиновые пироксениты) являются древнейшими образованиями – совпадающие значения возраста 3.2–3.3 млрд. лет получены по сосуществующим пироксенам и первичным плагиоклазам (основностью не ниже № 50–70);

- в процессе эволюции габброиды массива претерпели значительные и разновременные преобразования;

- процесс эволюции габброидов заканчивается формированием массивных тел ильменит-титаномагнетитовых руд, образовавшихся в интервале около 1.8–1.35 млрд. лет (значения по амфиболам из амфиболовых габбро и околорудных амфиболитов);

- плагиоклазы основностью ниже № 50 из разных типов габбро не являются первичными и для датирования (по-крайней мере, калий-аргоновым методом) непригодны.

Результаты этой работы позволяют провести оценку имеющихся калий-аргоновых данных, полученных только по минералам, и для некоторых других массивов Кусинско-Копанской интрузии (табл. 1).

В первую очередь, рассмотрено статистическое распределение возрастных дат для разных групп пород по шкале времени (табл. 2, рис. 1а–г).

Наиболее древними минералами, а, следовательно, и породами их содержащими являются пироксены из габбро-норитов (в том числе оливиновых габбро-нортов) и амфиболизированных габбро (“пироксеновых габбро”) – 3.35–3.28 млрд. лет (рис. 1а, г). Растянутасть возрастных значений до 1.6 и 2.26 млрд. лет обусловлена наложением более поздних процессов, главным образом, значительным термальным воздействием на пироксены при формировании рудных тел [7].

Более ранний этап в эволюции габброидов определяется сменой парагенезиса минералов в габбро-норитах и пироксеновых габбро: появление роговой обманки – 2.11 и 2.02 млрд. лет (рис. 1а, в). Но это, вероятней всего, уже заниженные значения, так как в отмеченном разрезе габбро Кусинского массива и в карьере Ахтенского месторождения (в составе пород, слагающих тектонические блоки) встречается куммингтонит-антофиллитовая роговая обманка, образующаяся по пироксену, до – 2.8 млрд. лет и обыкновенная – 2.5 млрд. лет [6, 7].

¹Адекватное – ...соответствующее, соразмерное, согласующееся... [БСЭ. Т. 1. Москва: Советская Энциклопедия, 1970. С. 221].

Таблица 1. К-Аг данные по минералам из пород Кусинско-Копанской интрузии

№ п/п	Порода, место взятия образца*	Минерал	К, %	⁴⁰ Аг, нг/г	Возраст, млн. лет	Ссылка
Лаборатория радиогеологии ИГГ УрО РАН						
<i>Кусинский массив</i>						
1	Габбро-амфиболит	амфибол	0.16	22.54	1400 ± 75	[6]
2	то же	то же	0.13	16.70	1310	[2]
3	То же	То же	0.24	30.74	1305 ± 10	[5]
4	То же	То же	0.20	19.12	1010	[2]
5	То же	То же	0.27	14.23	640 ± 40	[6]
6	Амфиболит	амфибол	0.36	28.27	910	[2]
7	То же	То же	0.18	40.0	1900	[2]
8	То же	То же	0.142	13.83	1065	[3]
9	Габбро мелкозернистое	То же	0.36	18.32	630 ± 31	[6]
10	Анортозит	плагноклаз	0.14	29.35	1815 ± 7	[3]
<i>Медведевский массив</i>						
11	Габбро-норит, 1002/200	пироксен	0.258	48.24	1773 ± 70	[6]
12	То же, 1002/80	То же	0.11	54.19	2980 ± 60	[6]
13	То же, 1002/90	То же	0.11	18.87	1600 ± 25	[6]
14	То же, 1002/43	То же	0.16	92.61	3240 ± 120	[6]
15	То же, 1002/156	То же	0.16	25.62	1750 ± 10	[6]
16	То же, 1043/122	То же	0.30	186.48	3350 ± 15	[6]
17	Горнблендит, 1008/243	амфибол	0.129	9.12	830 ± 43	[3]
<i>Копанский массив</i>						
18	Габбро пегматоидное	пироксен	0.155	29.69	1727 ± 15	[6]
Лаборатория изотопной геологии ИМГРЭ						
<i>Кусинский массив</i>						
№ п/п	Порода, место взятия образца	Минерал	К, %	⁴⁰ Аг, 10 ⁻⁹ м ³ /г	Возраст, млн. лет	Ссылка
19	Габбро-норит, шахта Центральная	амфибол	0.16	41.59	2110 ± 65	[6]
<i>Медведевский массив</i>						
20	Габбро сосюритизированное, 1044/35	авгит	0.09	0.0110	1880 ± 95	[6]
21	То же, 1044/74	амфибол	0.22	0.0158	1309 ± 70	[6]
22	То же, 1044/87	То же	0.08	0.0078	1623 ± 90	[6]
23	То же, там же	биотит	6.92	0.496	1310 ± 65	[6]
24	То же, 1044/125	амфибол	0.10	0.0153	2158 ± 85	[6]
25	То же, там же	биотит	5.26	0.361	1270 ± 45	[6]
26	То же, 1044/213	биотит	6.38	0.826	1951 ± 40	[6]
27	Габбро амфиболизированное, 1044/132	авгит	0.14	0.0243	2325 ± 85	[6]
28	То же, 1044/165	биотит	6.17	0.709	1808 ± 40	[6]
29	То же, 1044/200	амфибол	0.11	0.0128	1819 ± 75	[6]
30	То же, 1044/201	авгит	0.07	0.0122	2325 ± 120	[6]
31	То же, 1044/202	авгит	0.08	0.0142	2354 ± 120	[6]
32	То же, 1058/202.5	биотит	6.86	0.556	1430 ± 40	[6]
33	То же, 1058/211.5	биотит	6.42	0.501	1392 ± 40	[6]
34	То же, 1058/341.5	биотит	6.74	0.710	1709 ± 45	[6]
35	То же, 1058/355.5	биотит	6.72	0.636	1592 ± 45	[6]
36	То же, там же	пироксен	0.12	0.0199	2260 ± 95	[6]
37	То же, 1058/371	биотит	6.24	0.380	1162 ± 35	[6]
38	То же, там же	авгит	0.07	0.0235	3280 ± 140	[6]
39	То же, 1041/46	амфибол	0.11	0.0152	2025 ± 75	[6]
40	То же, 1041/935	пироксен	0.10	0.0263	2915 ± 100	[6]
41	То же, там же	пироксен	0.13	0.0274	2585 ± 85	[6]
42	То же, там же	пироксен	0.13	0.0281	2625 ± 80	[6]
43	То же, там же	биотит	6.75	0.733	1744 ± 35	[6]
44	Апогаббровая порода, 1032/158	амфибол	0.29	0.0123	876 ± 25	[6]

Примечание. * – в числителе – номер скважины, в знаменателе – глубина в метрах.

Следующий этап может быть отмечен новой смесью минерального парагенезиса габброидов – появлением раннего биотита (1.8 ± 0.15 млрд. лет) в габбро-норитах и пироксеновых (амфиболизиро-

ванных) габбро, зеленой роговой обманки в амфиболитах, что связано, вероятно, с привнесением щелочных компонентов в некоторые зоны проницаемости пород (тектонические – ?), где формируются

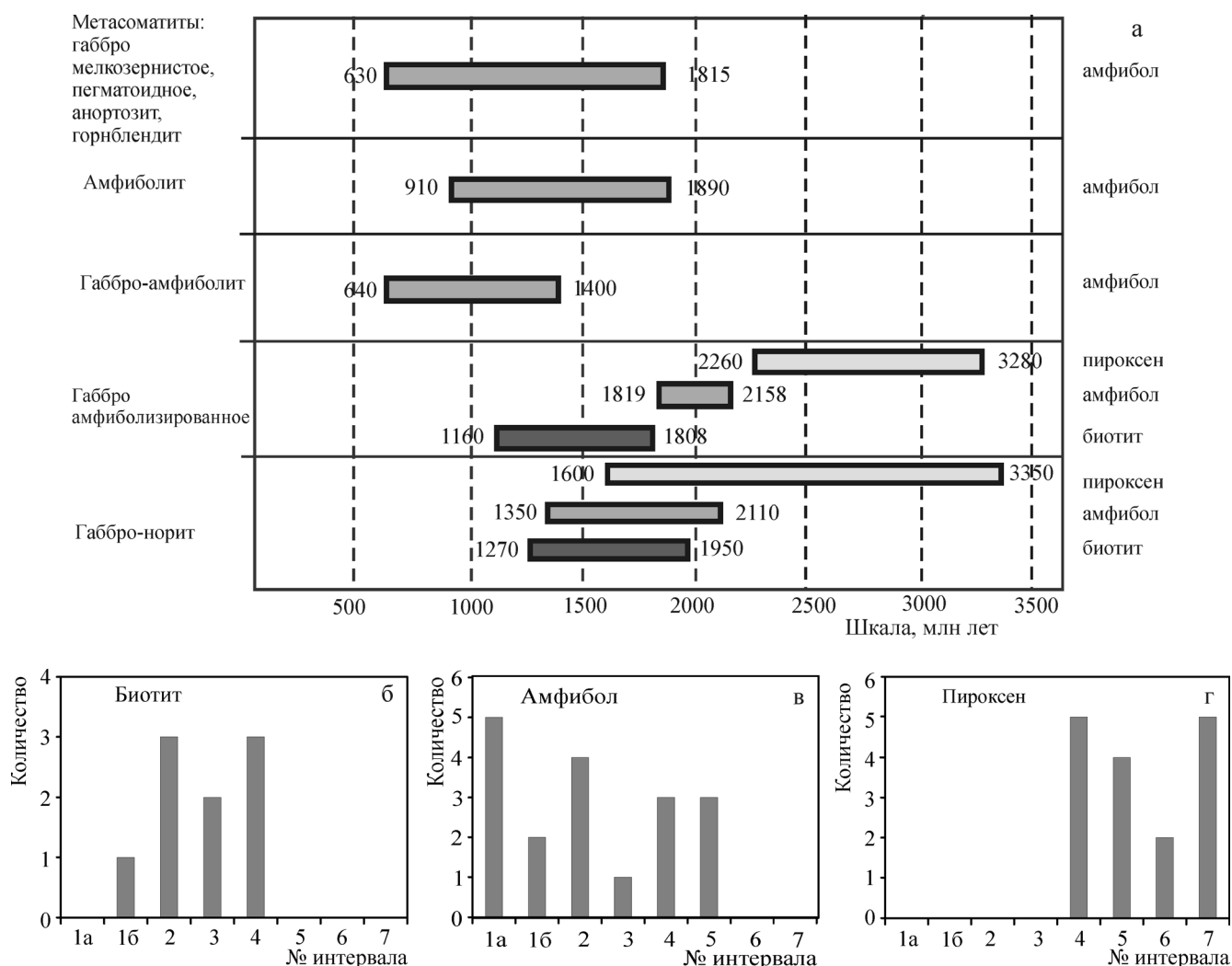


Рис. 1. Распределение калий-аргоновых значений по минералам габброидов Кусинско-Копанской интрузии (а) и гистограммы определений возраста по биотиту (б), амфиболу (в) и пироксену (г).

Пределы интервалов и количество К-Аг данных в каждом см. в табл. 2.

Таблица 2. Распределение калий-аргоновых значений по временным интервалам

№ интервала	Пределы интервала, млрд. лет	Количество значений по минералам				Примечание
		пироксен	амфибол	биотит	все	
1a	0.6–1.0	–	5	–	5	Период метамorfизма руд и пород
1б	1.0–1.2	–	2	1	3	
2	1.2–1.4	–	4	3	7	Период эволюционного развития габброидов
3	1.4–1.6	–	1	2	3	
4	1.6–1.9	5	3	3	11	
5	1.9–2.4	4	3	–	7	
6	2.4–2.8	2	–	–	2	
7	2.8–3.3	5	–	–	5	
Всего					44	

ся амфиболиты. В это же время образуются анортозиты – 1.8 млрд. лет и габбро-пегматиты – 1.7 млрд. лет (рис. 1а, б; табл. 1). Здесь значение возраста пироксенов 1.6 млрд. лет – это, прежде всего, результат высокой энергетической, в том числе термальной, активности процессов этого периода, определивших полную потерю радиогенного аргона таким

энергетически упорным минералом как пироксен. Последующие процессы имели, вероятно, уже более низкую активность и не смогли повлиять на сохранность аргона в пироксене, “обусловив” это значение.

Следующий наиболее значимый максимум (табл. 2; рис. 1а–г) проявляется в интервале 1.4–1.2 млрд. лет. И хотя новых видимых изменений

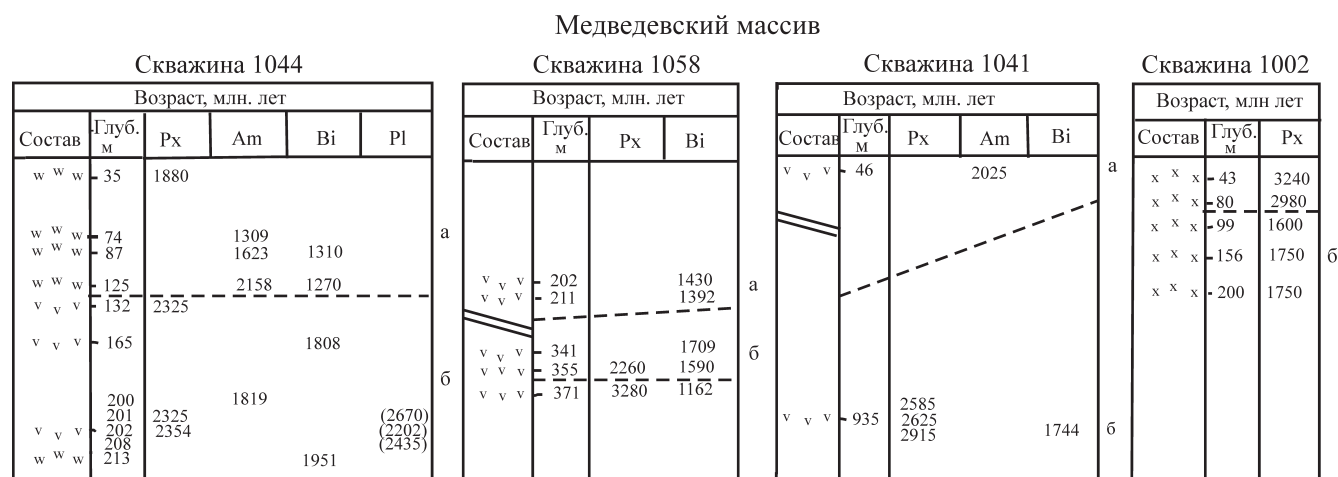


Рис. 2. Геохронологические разрезы по скважинам Медведевского массива.

Породы, по которым определялся возраст: x – габбро-нориты, v – габбро амфиболизированные (пироксеновые), w – габбро соссюритизированные; минералы: Px – пироксен, Am – амфибол, Bi – биотит, Pl – плагиоклаз.

в минеральном парагенезисе не отмечается, возраст околорудных амфиболов и в кусинском разрезе – 1318–1245 млн. лет [7], наименьшие значения возраста биотита и амфибола из габбро-норитов 1270–1310 млн. лет, максимальное значение возраста амфибола из габбро-амфиболита 1400 млн. лет (табл. 1, рис. 1а) показывает значимость геологических процессов этого времени, представляя четко выраженный этап в эволюции габброидов всей интрузии, тем более, что с этим периодом заканчивается формирование сегрегационных ильменит-титаномагнетитовых руд [3, 7].

В дальнейшем отмечается только изменение значений возраста уже сформировавшихся амфиболов из габбро-амфиболитов и амфиболитов, образование мелкозернистых габбро, горнблендитов и других метасоматитов – 910–630 млн. лет. Это период метасоматических изменений пород и руд.

Другой особенностью статистического распределения возрастных данных является распределение калий-аргоновых данных по вертикальным разрезам массивов габброидов, полученным по скважинам (рис. 2). Если начинать рассматривать возрастные данные с поздних процессов, на которые уже нет влияния еще более поздних метаморфических изменений, то можно видеть, что возрастные значения биотита 1270–1430 млн. лет (зона “а”) располагаются в верхних горизонтах скв. 1044 и 1058. Здесь же “омоложенный” более ранним процессом амфибол продолжает “терять возраст” до значения 1309 млн. лет, то есть до времени действия данного процесса. По скв. 1041 прямых данных нет и отметка этого процесса фиксируется косвенно по значению амфибола 2025 млн. лет, сходного с начальными цифрами изменения амфибола скв. 1044–2158 млн. лет. Для скв. 1002 данных этого периода вообще нет. Далее, биотиты более раннего периода – 1700–1950 млн. лет распо-

лагаются в более низких горизонтах (рис. 2, зона “б”) во всех скважинах. В этой же зоне и амфибол скв. 1044 приходит к возрастному значению этого периода – 1819 млн. лет. Калий-аргоновые цифры по пироксену также подверглись значительно “омоложению” – до 2325–2580 млн. лет. Высокие значения возраста пироксена габбро-норитов (2.9–3.3 млрд. лет) характерны для нижних горизонтов разреза: скважины 1058 (глубина 371 м) и 1041 (глубина 935 м). Но для скв. 1002 эти же высокие значения отмечаются на самых верхних горизонтах и создается впечатление, что весь разрез по этой скважине перевернут.

В общем случае причинами такой зональности могут быть процессы эволюции габброидов (в форме видимых проявлений амфиболизации, биотитизации, формирование рудных зон и тому подобное) с периодическим наложением тектоники. Поэтому вполне возможно, что место отбора геохронологической пробы во многом будет определять и ее последующее возрастное значение.

Таким образом, простейший статистический анализ результатов датирования неизученных образцов пород других массивов Кусинско-Копанской “интрузии” (главным образом, Медведевского массива), не привязанных к каким-либо процессам, (не отвечающих принципу адекватности) с привлечением более изученного материала по разрезу Кусинского массива, дает вполне логичную картину эволюции габброидов “интрузии”. Конечно, методические особенности калий-аргоновой геохронометрии характеризуются довольно значительной погрешностью и, безусловно, требуют уточнения другими методами, хотя уже при сложившейся ситуации трудно ожидать каких-либо принципиальных изменений. С другой стороны, ясно, что без определенного предварительного изучения целенаправленно подобранного и строго обоснованно-

го геологического материала (образцов) во многом становится проблематичным получение *геологически достоверных* геохронологических данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горожанин В.М., Алексеев А.А., Калеганов Б.А.* Новые данные по геохронологии кусинско-копанского комплекса // Ежегодник-1994. Уфа: УНЦ РАН, 1995. С. 70–73.
2. *Дунаев В.А., Степанов А.И., Панова М.В.* Возраст пород Копанско-Кусинской интрузии и время их метаморфизма (Южный Урал) // Геолого-радиологическая интерпретация несходящихся значений возраста. XVI сессия Комиссии по опред. абсол. возр. геол. формаций. М.: Наука, 1973. С. 238–247.
3. *Краснобаев А.А., Гревцов Г.А., Фоминых В.Г. и др.* О многоэтапности формирования титаномагнетитового оруденения в кусинских габброидах // Определение абсол. возр. рудных месторождений и молодых магматических пород: XVIII сессия Комиссии по опред. абсол. возр. геол. формаций. М.: Наука, 1976. С. 202–208.
4. *Краснобаев А.А., Феритатер Г.Б., Беа Ф., Монтеро П.* Цирконовый возраст габбро и гранитов Кусинско-Копанского комплекса (Южный Урал) // Ежегодник-2005. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 300–303.
5. *Овчинников Л.Н., Панова М.В., Подлесова Р.Г. и др.* О калий-аргоновом возрасте некоторых роговых обманок Урала // Вопросы датировки древнейших (катархейских) геологических образований и основных пород. Москва: Наука, 1967. С. 74–77.
6. *Степанов А.И.* Калий-аргоновый возраст геологических образований Урала и его геолого-геохимическая интерпретация. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Москва: ИМГРЭ, 1977. 130 с.
7. *Степанов А.И.* Калий-аргоновая датировка эволюции габброидов Кусинского массива (Южный Урал) // Петрогенезис и рудообразование: мат-лы XIV чтений памяти А. Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. 2009. С. 294–297.
8. *Холоднов В.В., Ронкин Ю.Л., Феритатер Г.Б. и др.* Новые Sm-Nd изотопные данные о возрасте Кусинского габбрового массива (Южный Урал) // Ежегодник-2005. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 331–334.