

УДК 549.623.65(479.22)

## НОВЫЕ ДАННЫЕ ИЗОТОПНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД ДЗИРУЛЬСКОГО ВЫСТУПА ЗАКАВКАЗСКОГО СРЕДИННОГО МАССИВА

© 2004 г. А. В. Окросцваридзе, Б. Д. Кларк

Представлено академиком О.А. Богатиковым 23.03.2004 г.

Поступило 24.03.2004 г.

Закавказский массив расположен между Большим и Малым Кавказом и, в соответствии с современным тектоническим районированием, рассматривается как Черноморско-Закавказский террейн [1]. Его Дзирульский выступ занимает около 1200 км<sup>2</sup> и является самым большим, сложным и интересным обнажением. В его строении принимают участие гнейсово-мигматитовый комплекс, возраст и генезис которого дискуссионный и который объединяет огнейсованные кварцевые диориты, мигматиты, кристаллические сланцы, тоналиты, филлиты и фрагменты офиолитов. Отмеченные породы в позднем палеозое секутся многочисленными телами микроклиновых гранитоидов разных мощностей, а в мезозое Дзирульский выступ интрузируется гибридными габброидами и гранитоидами.

В начале 80-х годов установлено, что в пределах северо-восточной части Дзирульского выступа фиксируются аллохтонные пластины офиолитов, так называемая Чорчано-Уцлевская зона [2]. В конце 90-х годов в результате изучения петрогенезиса гранитоидов высказано предположение, что в пределах Дзирульского выступа аллохтонной является не только Чорчано-Уцлевская зона, но и весь гнейсово-мигматитовый комплекс. Было допущено, что в герцинском тектоно-магматическом цикле в турне-раннем визе имела место мощная обдукция коры субокеанического типа на континентальную кору, что вызывало вертикальную аккрецию и генерацию гранитоидного расплава в ее нижних горизонтах [3–5].

Новая модель строения Дзирульского выступа породила необходимость детального изотопного изучения его магматических пород. В результате проведенных нами полевых исследований отобраны 70 образцов. Во всех взятых образцах был

определен химический состав, а также редкие и редкоземельные элементы. В результате химического и петрографического отбора в 24 образцах изучены Sm–Nd-, Rb–Sr- и <sup>40</sup>Ar–<sup>39</sup>Ar-изотопные системы. Аналитические работы по изучению изотопных систем Sm–Nd и Rb–Sr проводились в Центре изотопных исследований университета Беркли (США) (Berkeley University, USA). Исследование <sup>40</sup>Ar–<sup>39</sup>Ar-изотопной системы и другие анализы проводились в различных лабораториях Далхаузского университета (Канада) (Dalhousie University, Canada). Нами исследованы образцы из ортоклазовых габбро (рикоциты) и из огнейсованных кварцевых диоритов (образцы взяты вдоль автострады Тбилиси–Кутаиси), из тоналитов (ущелье р. Мачарула) и из микроклиновых гранитов (Рквийский интрузив, ущелье рек Квирила и Буджа).

Неоднородные данные дают нам Nd- и Sr-изотопные параметры для огнейсованных кварцевых диоритов Дзирульского выступа (табл. 1). Довольно стабильный показатель  $I_{Sr}$  колеблется в пределах от 0.70440 до 0.70442, что указывает на то, что в его образовании принимали участие или мантийные материалы или продукты частичного плавления океанической коры [6]. Параметр  $\epsilon_{Nd}$  варьирует в пределах от –1.768034 до –2.195080, что указывает на то, что эти породы образовались из того материала, который имел более низкий Sm/Nd-показатель по сравнению с хондритом [7]. Этот факт, в свою очередь, наводит на мысль, что исследуемые породы, возможно, образовались в результате смещения мантийных и коровых пород, что подтверждается параметрами  $I_{Sr}$  (от 0.70440 до 0.70442) и геологическими данными. Параметры Sm–Nd- и Rb–Sr-изотопных систем в тоналитах показывают идентичные данные (табл. 1). Параметр  $I_{Sr}$  меняется от 0.7081 до 0.7082, что явно соответствует верхнекоровым данным. О коровом генезисе свидетельствует и параметр  $^{147}Nd/^{143}Nd$ , средний показатель которого равняется 0.118, а среднекоровые данные этого параметра соответствуют 0.12 [7]. Изменения

Геологический институт им. А.М. Джанелидзе  
Академии наук Грузии, Тбилиси  
Далхаузский университет,  
Нова-Скоция, Канада

**Таблица 1.** Содержание Rb, Sr, Sm и Nd (ppm) и некоторые изотопные данные в магматических породах Дзирульского выступа

№ обр.	Rb	Sr	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	<i>I</i> <sub>Sr</sub>	Sm	Nd	<sup>143</sup> Sm/ <sup>144</sup> Nd	<sup>147</sup> Sm/ <sup>144</sup> Nd	ε <sub>Nd</sub>
Dz10	89.27	387.51	0.4576	0.70872	0.70400	3.24	22.47	0.512362	0.1199	-0.1768034
Dz12	97.64	402.23	0.5934	0.71023	0.70441	3.96	20.38	0.512379	0.1178	-0.967034
Dz13	110.22	416.89	0.7476	0.71172	0.70442	4.17	18.87	0.512071	0.1214	-2.195008
Dz31	116.23	213.75	1.53879	0.720506	0.7092	6.48	38.45	0.512062	0.10410	-6.28938
Dz32	118.87	294.18	1.14318	0.717573	0.7089	3.98	17.08	0.512346	0.14394	-2.87918
Dz44	110.20	248.46	1.25292	0.718272	0.7087	7.10	39.63	0.512044	0.11064	-6.99145
Dz45	89.67	290.02	1.383323	0.716065	0.7081	9.30	48.56	0.512070	0.11823	-6.8908
Dz2	114.99	249.60	1.30301	0.71519	0.7072	5.86	33.29	0.51216	0.10863	-4.50135
Dz4	153.83	74.93	5.82932	0.75006	0.7146	8.08	45.59	0.51191	0.10947	-9.36967
Dz9	177.68	36.08	14.03432	0.79204	0.7066	1.20	4.17	0.51223	0.17722	-6.92835
Dz15	130.40	203.49	1.81301	0.71774	0.7067	5.08	23.20	0.51214	0.13525	-6.43603
Dz16	155.39	250.46	0.71734	0.75526	0.7066	3.92	23.31	0.51227	0.10387	-2.19580
R20	442.21	54.42	0.35032	0.706022	0.7049	7.06	33.62	0.51257	0.12967	+0.4485
R21	50.99	215.24	0.66948	0.707148	0.7051	3.69	13.88	0.51258	0.16417	-0.2602
R23	227.81	123.59	0.29257	0.706139	0.7052	6.19	26.67	0.51258	0.14327	+0.2834
R26	836.14	119.42	0.40361	0.706538	0.7053	6.88	37.1	0.51254	0.11421	+0.1533
R28	164.31	255.52	1.81807	0.710644	0.7052	3.57	20.87	0.51250	0.10549	-0.3696
R29	834.03	149.32	0.87557	0.707900	0.7053	5.56	34.03	0.51252	0.10085	+0.0980

Примечание. Обр. Dz10, Dz12, Dz13 – из огнейсованных кварцевых диоритов; обр. Dz31, Dz32, Dz44, Dz45 – из тоналитов; обр. Dz2, Dz4, Dz9, Dz15, Dz16 – из микроклиновых гранитов; обр. R20, R21, R23, R26, R28, R29 – из рикотитов.

параметра ε<sub>Nd</sub> от -2.8792 до -6.8906 свидетельствуют о том, что протолитом тоналитов являются породы типа континентальной коры.

Изотопные параметры ε<sub>Nd</sub> и *I*<sub>Sr</sub> хорошо сопоставляются и в микроклиновых гранитоидах (табл. 1). *I*<sub>Sr</sub> колеблется в пределах от 0.70667 до 0.71460, а средний показатель равняется 0.70860 ± 0.00048, что указывает на то, что протолитом рассмотренных гранитоидов в основном служили породы континентального типа. Значение параметра ε<sub>Nd</sub> в интервале от -2.19589 до -9.36967 доказывает, что они испытали генерацию в результате анатексиса древних коровых пород. Сопоставляя данные рассмотренных изотопных параметров, мы допускаем, что микроклиновые гранитоиды Дзирульского выступа являются верхнекоровыми анатектическими образованиями.

На диаграмме ε<sub>Nd</sub>-*I*<sub>Sr</sub> фигуративные точки микроклиновых гранитоидов и тоналитов располагаются вдоль верхнекорового тренда. В отличие от них фигуративные точки огнейсованных кварцевых диоритов не попадают в поле чисто коровых гранитоидов и находятся на границе мантийных и коровых образований. Точки рикотитов в основном располагаются в поле однородного хондритного резервуара.

Интересные результаты для исследуемых гранитоидов получены при оценке пропорций мантийного и корового компонентов с помощью параметра ε<sub>Nd</sub> [8]. Вычисленные по этой методике параметры показывают, что самая большая доля мантийного материала приходится на рикотиты (от 80 до 95%). Среди гранитоидов самая большая часть мантийного материала отмечается в огнейсованных кварцевых диоритах (от 50 до 60%), в тоналитах содержание мантийного компонента колеблется от 20 до 40%, а в микроклиновых гранитоидах от 5 до 25%. По нашему мнению, эти данные должны быть достоверны, поскольку, как было показано выше, приблизительно такую же картину дает ε<sub>Nd</sub>-*I*<sub>Sr</sub> изотопная диаграмма. Следует отметить, что в тех гранитоидах, где ε<sub>Nd</sub> имеет положительные значения, содержание мантийного компонента превышает 60–70% [8].

Вопрос возраста формирования гранитоидов Дзирульского выступа дискуссионный [9]. Нами Rb-Sr-методом получен изотопный возраст трех образцов огнейсованных кварцевых диоритов, соответствующий 686 ± 74 млн. лет (СКВО = 0.07). Следует отметить, что этот результат, в пределах ошибки, сопоставляется с возрастом, определенным предыдущими исследователями как 726 ± ± 222 млн. лет (U-Pb-метод по цирконам) [9]. Rb-Sr-изохора тоналитов построена для четырех об-

разцов, а возраст соответствует  $538 \pm 53$  млн. лет (СКВО = 0.19). Изотопный возраст биотитов этих пород был также определен  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ -методом, что соответствует  $306 \pm 2$  млн. лет. Изотопный возраст микроклиновых гранитоидов (Рквийский интрузив) также был исследован комплексно. В микроклиновых гранитоидах убедительный возраст показало Rb-Sr-изотопное датирование. Изохора построена для 5 образцов, а изотопный возраст отвечает  $352 \pm 21$  млн. лет. Из микроклиновых гранитоидов (Dz2, Dz9, Dz16)  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ -методом определен изотопный возраст мусковитов, который почти идентичен во всех образцах и меняется в пределах от  $302 \pm 4$  до  $304 \pm 4$  млн. лет. Изотопный возраст рикотитов также был исследован комплексно. Sm-Nd-изотопные данные и в этом интрузиве дискуссионные. Надежные результаты показал метод Rb-Sr-датирования. Изохора построена для 6 образцов, а изотопный возраст соответствует  $211 \pm 11$  млн. лет. Приблизительно такой же возраст, в пределах погрешности, показало  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ -датирование рикотитов. Определенный этим методом возраст роговой обманки (обр. R29) составляет  $219 \pm 4$  млн. лет, а биотита (обр. R26) –  $217 \pm 3$  млн. лет.

Таким образом, подытоживая данные комплексного изотопного исследования магматических пород Дзирульского выступа, можно сделать следующие предварительные выводы. Огнейсованные кварцевые диориты являются мантийно-коровыми гибридными образованиями ( $\epsilon_{\text{Nd}} = -1.976692$ ;  $I_{\text{Sr}} = 0.7044$ ), в составе которых мантийный материал варьирует от 50 до 60%, время кристаллизации гибридной магмы, определенное Rb-Sr-методом, отвечает  $686 \pm 74$  млн. лет, что соответствует позднему протерозою. Тоналиты являются верхнекоровыми полингенными породами ( $\epsilon_{\text{Nd}} = -5.962702$ ;  $I_{\text{Sr}} = 0.7087$ ), в составе которых мантийный материал варьирует в интервале от 25 до 40%, время их кристаллизации, определенное Rb-Sr-методом, отвечает  $538 \pm 53$  млн. лет, что соответствует раннему кембрию. Датирование биотита этих пород  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ -методом дает  $306 \pm 2$  млн. лет, что отражает герцинские термические явления. Мик-

роклиновые граниты (Рквийский интрузив) являются верхнекоровыми анатектическими образованиями ( $\epsilon_{\text{Nd}} = -5.88624$ ;  $I_{\text{Sr}} = 0.7086$ ), в составе которых доля мантийного материала варьирует от 5 до 25%. Время их внедрения, определенное Rb-Sr-методом, отвечает  $351 \pm 21$  млн. лет, что соответствует раннему карбону. Датирование биотитов этих пород  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ -методом в среднем отвечает  $303 \pm 4$  млн. лет. Магматическим очагом рикотита (ортоклазовые габбро) служил неистощенный мантийный резервуар ( $\epsilon_{\text{Nd}} = +0.05870$ ;  $I_{\text{Sr}} = 0.70520$ ), и время его интродуирования, определенное Rb-Sr-методом, соответствует  $211 \pm 11$  млн. лет. Датирование  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ -методом по роговой обманке этого интрузива отвечает  $219 \pm 4$  млн. лет, а по биотиту –  $217 \pm 3$  млн. лет. Полученные изотопные данные соответствуют позднему триасу. Доля корового материала, который интрузив захватил при внедрении в огнейсованные кварцевые диориты, составляет от 5 до 20%.

Работа выполнена при финансовой поддержке Далхаузского университета (Канада) (Dalhousie University, Canada).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gamkrelidze I.P.* // Bull. Acad. Sci. Georgia. 1997. V. 155. № 3. P. 75–81.
2. *Гамкрелидзе И.П., Думбадзе Г.Д., Кекелия М.А. и др.* // Геотектоника. 1981. № 5. С. 23–33.
3. *Okrostsvaridze A.V., Shengelia D.M.* // Bull. Acad. Sci. Georgia. 1996. V. 14. № 1. P. 93–95.
4. *Шенгелия Д.М., Окросцваридзе А.В.* // ДАН. 1998. Т. 359. № 6. С. 801–804.
5. *Гамкрелидзе И.П., Шенгелия Д.М.* // Геотектоника. 2001. № 1. С. 60–72.
6. *Taylor S.R., McLennan S.M.* The Continental Crust: Its Evolution and Composition. L.: Blackwell, 1985. 312 p.
7. *DePaolo D.J.* Neodymium Isotope Geochemistry. N.Y.: Springer, 1988. 187 p.
8. *Bor-ming V., John B.M., Wu F. et al.* // Episodes. 2000. V. 23. № 2. P. 82–92.
9. *Дудаури О.З., Тогонидзе М.Г., Вашикидзе Г.Т.* // Тр. ГИН АН Грузии. 1999. С. 118–132.