

## Nd-Sr-O ИЗОТОПИЯ МЕЛ-ПАЛЕОГЕНОВЫХ ГРАНИТОИДОВ ПРИМОРЬЯ

**Валуй Г.А., Москаленко Е.Ю.**

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток,  
e-mail: gvalui@mail.ru*

Изотопные составы Nd, Sr и кислорода широко используются для изучения влияния коровой контаминации на состав первичных расплавов при образовании гранитных магм [Тейлор, Мак-Леннан, 1988; Фор, 1989; Покровский, 2000].

Объектами исследования явились в основном позднемеловые-палеогеновые магнетитовые гранитоиды приморской серии – Опричненский, Дальнегорский, Бринеровский, Владимирский, Ольгинский и Валентиновский массивы (Восточный Сихотэ-Алинь), образовавшиеся в надсубдукционной геодинамической обстановке, альб-сенноманские ильменитовые гранитоиды татибинской серии (Южно-Приморская зона) – Успенский и Ливадийский массивы, а также эоценовые щелочные граниты мыса Орлова, сформировавшиеся в условиях трансформной континентальной окраины, согласно геодинамическим реконструкциям А.И.Ханчука.

Детальная петрогеохимическая характеристика изученных массивов приводится в работах [Валуй, Стрижкова, 1997; Валуй, 2004; и др.].

Измерения изотопного состава Nd и концентрации Sm и Nd методом изотопного разбавления проводилось в ГИН КНЦ РАН (г. Апатиты) по стандартной методике.

Определения Rb, Sr и современных отношений  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  производились в лаборатории петрологии и изотопной геохронологии СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан) по стандартной методике. Расчет первичного отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  произведен, исходя из данных Ar-Ar возраста, сделанных ранее.

Установлено, что отношение  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  в изученных породах изменяется в пределах 0.51234 до 0.51267. Наибольшая величина этого отношения встречается в гранодиоритах Ливадийского массива, наименьшая – в адамеллитах Дальнегорского массива, обнаруживая слабое увеличение этого отношения от ранних основных (диоритов) к более поздним (гранитным) фазам внутри одного интрузива.

Величина  $\epsilon\text{Nd}$  для изученных пород колеблется от +1.69 (гранодиориты Ливадийского массива) до -5.1 (адамеллиты Дальнегорского массива). Самые большие отрицательные величины  $\epsilon\text{Nd}$  имеют позднемеловые-палеоценовые породы массивов западной части Восточно-Сихотэ-Алинского вулcano-плутонического пояса – дальнегорские адамеллиты (-5.13), николаевские габбро-диориты (-3.42), а также раннемеловые гранодиориты (-3.29) и граниты (-3.14) Успенского массива южной части Центрально-Сихотэ-Алинского плутонического пояса.

Большинство изученных мел-палеогеновых гранитоидов вулcano-плутонического пояса имеет достаточно низкие значения первичных отношений  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0.7032-0.7034 для диоритов и гранодиоритов и 0.704-0.706 для гранитов), тогда, как для раннемеловых успенских гранитоидов оно составляет 0.707. Самыми высокими первичными отношениями  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  обладают самые молодые эоценовые щелочные граниты мыса Орлова (0.7083). Как было показано ранее [Валуй, Стрижкова, 1997; Валуй, 2004], вкrest простираения Восточно-Сихотэ-Алинского вулcano-плутонического пояса происходит углубление магматических очагов от 12-15 км (прибрежная зона) до 18-20 км (Дальнегорский район) и в этом же направлении происходит возрастание первичного отношения ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ): в диоритах Опричненского массива оно составляет 0.7034, тогда, как в габбро-диоритах Николаевского массива 0.7059; в прибрежных гранитах 0.704-0.705, а в дальнегорских адамеллитах 0.706.

На диаграмме « $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  –  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ » (рис.1), на которой показаны линии смешения расплавов для пород континентальной коры (гранитов и гранулитов) и континентальных толеитовых базальтов, по [Фор, 1989], точки изученных пород располагаются на продолжении линии «мантийной последовательности», преимущественно в верхней левой

части IV квадранта, тяготея в основном к гиперболе смешения «базальт-гранулит» с небольшой долей последнего в расплаве (около 10%), что может свидетельствовать о происхождении изученных гранитоидов из расплавов, возникших при контаминации мантийных расплавов гранулитами с низкими отношениями  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  и  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , обусловленными тем, что гранулиты были обеднены Rb во время их образования.

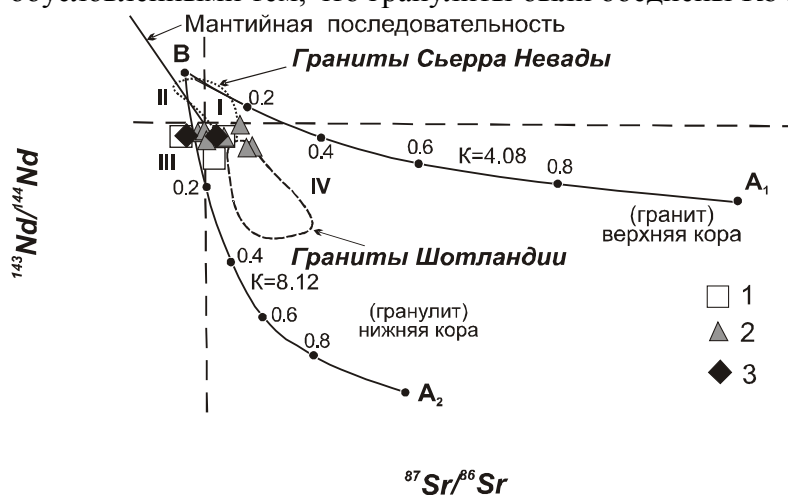


Рис. 1. Зависимость  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ – $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  для гранитоидов некоторых интрузивов Приморья. Гиперболы смешения для пород континентальной коры ( $A_1$  и  $A_2$ ) и континентальных толеитовых базальтов (B), смешанных в различных соотношениях, и I – IV по [Фор, 1989] с точками изученных массивов.

Значками обозначены: 1 – гранодиорит, 2 – гранит, 3 – диорит.

приморской зоны Центрально-Сихотэ-Алинского плутонического пояса показывают, что эти породы могли произойти из остаточных твердых фаз резервуара после удаления из него магмы в более ранний период времени [Фор, 1989]. Большая часть изученных образцов имеет отрицательное значение  $\epsilon\text{Nd}$ , что свидетельствует о том, что они могли произойти путем переработки или ассимиляции древних коровых пород, в которых отношение  $\text{Sm}/\text{Nd}$  было понижено при первоначальном отделении их от хондритового резервуара.

Как отмечает Г.Фор [1989], модельные датировки соответствуют времени в прошлом, когда отношение  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  в породе было равно этому отношению в CHUR. Модельные Sm-Nd датировки, полученные для изученных образцов, свидетельствуют о том, что материнские расплавы меловых и мел-палеогеновых гранитоидов Приморья могли произойти из магм, контаминированных нижнекоровыми породами протерозойского возраста. Протерозойские породы на территории Приморья обнажаются в пределах Ханкайского массива и представлены биотитовыми и амфибол-биотитовыми гнейсами с прослоями амфиболитов,  $\epsilon\text{Nd}$  которых равно +3.8 согласно [Мишкин и др., 2000]. Возможно, именно они или продукты их разрушения и послужили источником первичных магм рассматриваемых интрузивов.

Позднемеловые-палеогеновые породы массивов западной части вулканического пояса – Дальнегорские габбро-диориты (обр. В-1554а) и адамеллиты (обр. В-1498-о) и раннемеловые Успенские гранодиориты (обр. В-1342) образовались при контаминации магмой наиболее древних пород (1200-1300 млн лет), а Ливадийские гранодиориты – более «молодых» – (обр. В-29 = 718 млн лет). Самый древний модельный возраст (и видимо нереальный) получен для мусковит-гранатовых гранитов Успенского массива (обр. К-159ж  $T_{\text{DM-1}} = 3.9$  млрд лет, тогда как их  $T_{\text{DM-2}} = 1182$  млн лет).

По мнению ряда исследователей Sr-O-изотопия изверженных пород может быть важным критерием разграничения мантийной и коровой контаминации [James, 1981; Taylor,

Составы наших гранитов занимают на диаграмме рис.1 промежуточное положение между калифорнийскими батолитами и каледонскими гранитами Шотландии. Часть наших анализов смещена влево в III квадрант из-за более низких первичных отношений  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.703$  в отличие от составов некоторых батолитов Сьерра-Невады [Фор, 1989].

Полученные положительные значения  $\epsilon\text{Nd}$ , обнаруженные для позднемеловых-палеогеновых гранитов восточной части Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса – Валентиновского (+0.05 и +0.17) массива и альб-сеноманских гранодиоритов Ливадийского интрузива (+1.69) южно-

1978, 1980; Покровский, 2000]. Точки состава пород некоторых массивов были нанесены на диаграмму « $\delta^{18}\text{O} - {}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ », (рис. 2). Установлено, что изотопные характеристики гранодиоритов Валентиновского, также, как и адамеллитов Зимнего массива и монцонитов ключа Лапшина, соответствуют таковым расплавов, образованных путем контаминации источника с отношением концентраций Sr в контаминанте 1:5, а граниты Валентиновского и гранодиориты Ливадийского – с соотношением 1:2. Граниты Водораздельного и Успенского массивов татибинской серии по изотопным характеристикам соответствуют модельной линии коровой контаминации с отношением  $\text{Sr}(\text{M}):\text{Sr}(\text{K}) = 2:1$ , а диориты Опричненского, граниты Владимирского и гранодиориты Успенского и Криничного массивов – вблизи линии коровой контаминации 5:1.

Таким образом, точки всех пород интрузивов Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса (надсубдукционные образования) на этой диаграмме расположены значительно ближе к мантийной координате, чем точки пород массивов татибинской серии (образования трансформной окраины), обнаруживающие большую степень контаминации коровыми породами (рис. 2).

В целом, впервые полученные авторами Nd-Sr-O изотопные характеристики свидетельствуют о том, что позднемеловые-палеогеновые гранитоиды восточной части Восточно-Сихоте-Алинского вулкано-плутонического пояса, формировавшиеся в надсубдукционной геодинамической обстановке, характеризуются более низкими и даже положительными  $\epsilon\text{Nd}$ , более низкими первичными отношениями  ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$  в целом по сравнению с гранитоидами западной части вулканического пояса (Дальнегорские адамеллиты и Николаевские габбро-диориты) и раннемеловыми Успенскими (Южно-Приморская зона) и эоценовыми гранитами мыса Орлова, образовавшимися в геодинамической обстановке трансформной окраины, изотопная характеристика которых свидетельствует о более древних модельных возрастах и большей степени контаминации первичных расплавов при их образовании.

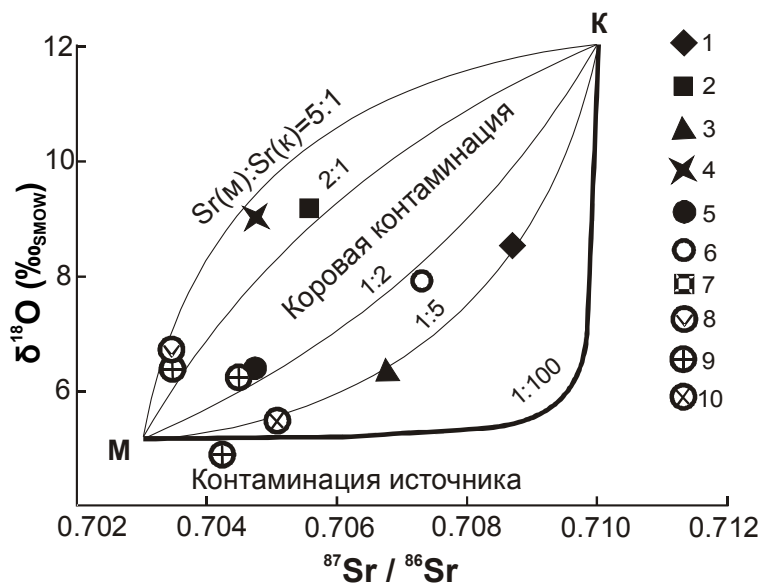


Рис. 2. Модельные Sr -  $\delta^{18}\text{O}$  изотопные графики смешения мантийного (М) и корового (К) вещества при разных концентрациях стронция в магме и контаминанте [Тейлор, Мак-Леннан, 1988]. Цифры на линиях – отношения концентраций Sr в мантии или магме к концентрациям в контаминанте. Точки массивов: 1 – монцонит (кл.Лапшина); 2 – гранит (Водораздельный); 3 – адамеллит (Зимний); 4 – гранодиорит (Криничный); 5 – гранодиорит (Ливадийский); 6 – гранит (Гродековский); 7 – гранодиорит и гранит (Успенский); 8 – диорит (Опричненский); 9 – граниты (Владимирский, Валентиновский, Опричненский); 10 – гранодиорит (Валентиновский).

## Литература

Валуй Г.А. Петрологические особенности гранитоидов Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23. №3. С. 37-51.

Валуй Г.А., Москаленко Е.Ю., Стрижкова А.А. Новые данные по изотопии кислорода гранитоидов Приморья // Доклады Академии наук. 2008. Т.420. №3. С.363-367.

Валуй Г.А., Стрижкова А.А. Петрология малоглубинных гранитоидов на примере Дальнегорского района, Приморье. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 199 с.

Мишкин М.А., Ханчук А.И., Журавлев Д.З. и др. Первые данные по Sm-Nd систематике метаморфических пород Ханкайского массива Приморья // Доклады Академии наук. 2000. Т. 374, №6. С.813-815.

Покровский Б.Г. Коровая контаминация мантийных магм по данным изотопной геохимии // Тр. ГИН. Вып. 535. – М: Наука, МНК «Наука/Интерпериодика», 2000. – 226 с.

Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора, ее состав и эволюция. – М.: Мир. 1988. – 289 с.

Фор Г. Основы изотопной геологии. – М.: Мир, 1989. – 590 с.

James D.E. The combine use of oxygen and radiogenetic isotopes as indicators of crustal contamination // Annual. Rev. Earth. Planet. Sci. 1981.V.9. P.311-344.

Taylor H.P. Oxygen and hydrogen isotope of plutonic granitic rocks. // Earth and Planet. Sci. Lett., 1978. V.38. P.177-210.

Taylor H.P. The effect of assimilation of rocks by magmas:  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  systematics in igneous rocks //Earth and Planet Sci. Lett. 1980. V. 47. № 2. P. 243-254.