

ИНТРУЗИВЫ МАГНИТОГОРСКОЙ РАННЕКАМЕННОУГОЛЬНОЙ РИФТОГЕННОЙ СТРУКТУРЫ: Sr-Nd ИЗОТОПНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

Ю.Л. Ронкин, И.В. Семенов, О.П. Лепихина, О.Ю. Попова

Магнитогорская рифтогенная структура, эволюция восприятия. Как известно, изученность палеозойского рифтогенного магматизма на Урале представляется явно недостаточной (и тем более методами изотопной геологии). Общепринято, что связь с рифтогенезом пока установлена лишь для раннекаменноуголь-

ного магматизма Магнитогорского мегасинклинория, представленного вулcano-плутонической базальт-риолитовой (габбро-гранитоидной) ассоциацией. Условия образования формации базальтовых порфиритов (колтубанская свита D_3 fr) и базальт-трахириолитовой формации позднего девона-раннего карбона (березовская и кизиль-

ская свиты), а также габбро-гранитной формации (магнитогорский комплекс), пространственно совмещенной с названными вулканическими формациями, по-разному трактовались в зависимости от принятых в разное время геодинамических воззрений. В период доминирования геосинклинальной концепции базальт-трахириолитовая формация относилась к орогенному вулканизму, сменившему во времени геосинклинальный вулканизм [Червяковский, 1972]. Другими исследователями габбро-гранитная серия и верхнетурнейско-визейская формация рассматривались как части вулканоплутонической ассоциации и относились к нижнекаменноугольному тектоно-магматическому этапу [Ферштатер, 1966]. На основе ранних мобилистских представлений базальт-трахириолитовая формация вместе с габбро-гранитной формацией были отнесены к образованиям предконтинентальной стадии развития Урала [Тектоника..., 1977]. Позднее, вулкано-интрузивный магматизм, представленный магнитогорской серией, рассмотрен как магматизм троговой зоны Урала, который завершал магматизм базитовой эвгеосинклинали, близкий по режиму к современным островным дугам [Эвгеосинклинальные..., 1984].

Впервые базальты и долериты многочисленных субмеридиально вытянутых экструзивно-субвулканических тел, развитых среди франских отложений вдоль западной части Магнитогорской зоны и к северу от широты г. Магнитогорска, а также базальты лавовых потоков (турне-ранневизейского и верхневизейского возраста), наряду с долеритами комплекса параллельных даек среди песчано-глинистых отложений фамена-раннего визе в широтном каньоне р. Карабута в Мугождарской зоне, были отнесены к продуктам рифтового вулканизма на молодой и маломощной коре [Иванов и др., 1984; Формирование..., 1986]. Позднее была предложена модель типизации рифтогенных железоносных вулкано-тектонических структур континентального типа, а геодинамический режим становления рудогенерирующего магматизма в Магнитогорской зоне интерпретирован как рифтогенный континентальный [Нечкин и др., 1989]. Двумя годами позже была предложена схема становления железоносных рифтовых структур Магнитогорского типа и формирования в них оруденения [Нечкин и др., 1991]. Далее было установлено [Салихов, Яркова, 1992], что вулканическая деятельность в раннем карбоне происходила в изолированных грабенах типа щеле-

вых рифтовых зон [Милановский, 1976, 1987], наиболее представительным из которых является Магнитогорско-Богдановский грабен. В развитие этих представлений было показано, что раннекаменноугольные (C_1t_2-v) интрузивные комплексы формировались на субконтинентально-рифтовой стадии тектоно-магматического развития восточного борта Магнитогорского мегасинклинория [Салихов, Митрофанов, 1994], и сходные серии вулканических и интрузивных пород наблюдаются [Салихов, 1997] в обстановках современных континентальных рифтов и платформенных траппов. И наконец, В.Н. Пучковым [Пучков, 2000] отмечается, что Срединно-Магнитогорская зона, осевая часть которой рассматривается в качестве Магнитогорско-Богдановского грабена [Салихов, Яркова, 1992], характеризуется скользящим характером границ свит, пространственным изменением возраста вулканизма, что характерно для вулканизма рифтов и горячих точек.

Изученность методами изотопной геологии интрузивов магнитогорской рифтогенной структуры характеризуется более чем сорокапятилетней историей. Основная масса цифр, полученных К-Аг методом (диапазон датировок 296-335 млн лет) по валовым составам и слюдам гранитоидов Мосовского, Куйбасовского и собственно Магнитогорского, интрузивов магнитогорского комплекса, приурочена к шестидесяти годам [Овчинников, 1963; Овчинников и др., 1964]. К этому же времени относятся единичные датировки б-Pb методом (330 млн лет) по цирконам, выделенным из гранитов Магнитогорского массива [Овчинников и др., 1964]. Более современные публикации [Ронкин, 1989; Ронкин и др., 1988; 1990; 1997a,b; Ronkin et al., 2003] содержат Rb-Sr и Sm-Nd данные, полученные масс-спектрометрическим методом изотопного разбавления для Магнитогорского (330 ± 10 млн лет, Rb-Sr эволюционная диаграмма по 5 образцам: габбро, сиенодиорит, граносиениты, аплит), Мосовского (336 ± 17 млн лет, Rb-Sr эволюционная диаграмма по 6 образцам: габбро, сиенодиорит, сиенит, граниты; 336 ± 64 млн лет и 325 ± 64 млн лет – две Sm-Nd эволюционные диаграммы по трем фигуративным точкам: габбро, плагиоклаз и пироксен, выделенные из валового состава) и Куйбасовского (329 ± 11 млн лет, Rb-Sr эволюционная диаграмма по 5 образцам: габбро, гранит) массивов. Возраст 328 ± 13 млн лет, полученный Rb-Sr методом для гранитоидов Магнитогорского

массива приводится в работе [Салихов и др., 1991], где отношение Rb/Sr определялось нейтронно-активационным, а изотопное отношение $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ – масс-спектрометрическим методом. Настоящее изложение подводит итог начатых ранее [Ронкин, 1989; Ронкин и др., 1988; 1990; 1997а,б; Ronkin et al., 2003] исследований Sm-Nd систем в интрузивах магнитогорской рифтогенной структуры.

Образцы. В дополнение к ранее полученным изотопным данным Ронкина с соавторами нами изучалась Sm-Nd система собственно Магнитогорского и Куйбасовского интрузивов магнитогорского комплекса. Петрографические и геохимические особенности пород магнитогорского комплекса подробно описаны [Эвгеосинклинальные..., 1984; Ферштатер и др., 2005]. Минеральный состав пород и минералов изученных интрузивов охарактеризован в работе [Ферштатер и др., 2005]. Габброиды рассматриваемых комплексов представлены, в основном, лабрадорвыми роговообманковыми разностями, в которых наблюдается клинопироксен, а также биотит и ортоклаз. Главным фемическим минералом гранитоидов является низкожелезистая ($\text{Fe}/\text{Fe} + \text{Mg} = 0,30-0,33$) и низкоглиноземистая роговая обманка, состав плагиоклаза варьирует от андезина до олигоклаза, щелочной полевошпат представлен анортотитом, который часто образует оторочки вокруг плагиоклаза (структура антирапакиви), а также гранофировые сростания с кварцем. Габброиды и гранитоиды магнитогорского комплекса обогащены железом, титаном, высокозарядными (Nb, Ta, Zr, Hf, Y, Yb,

R и др.) редкими элементами и характеризуются высоким содержанием хлора в составе гидроксильной группы апатита [Холоднов, Бушляков, 2002], что свидетельствует о высоком содержании этого элемента во флюиде.

Аналитические процедуры. Определение концентраций и изотопного состава Sm-Nd были выполнены масс-спектрометрическим методом изотопного разбавления. Для минимизации погрешностей изотопного разбавления, содержания Sm-Nd в гранитоидах предварительно определялись с помощью кислотного разложения и последующего анализа с помощью HR/ICP-MS Element2 [Ронкин и др., 2005]. Масс-спектрометрический анализ изотопного состава Sm-Nd выделенных смесей образцов с трасером выполнялся с помощью прецизионного мультиколлекторного твердофазного анализатора Finnigan 262 в статическом режиме. Типичные погрешности для отношений $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ для данных образцов не превышали 0,2 % и 0,003 % ($\pm 2\sigma$) соответственно и контролировались путем анализа аттестованных международных стандартов La Jolla и BCR-2.

Более подробно реализованные аналитические приемы описаны в статье «Sr-Nd систематика гранитоидов Уфалейской зоны (Ю. Урал)» настоящего сборника.

Результаты.

Возрастные ограничения. Параметры полученных эволюционных диаграмм приведены на рис. 1-3. Графики 1 и 2 отображают минеральные изохроны для образцов габбро Маг-

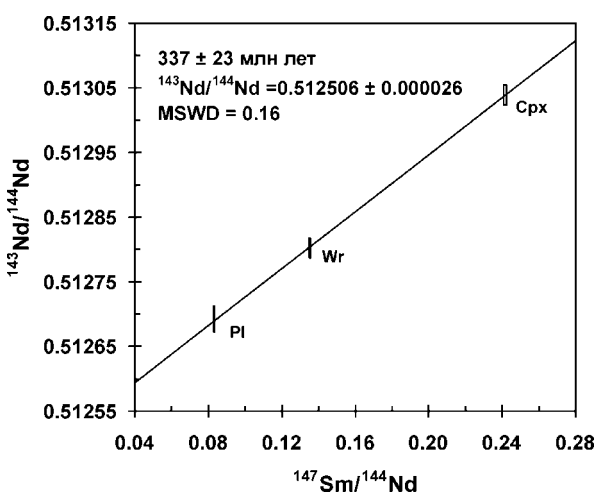


Рис. 1. Sm-Nd эволюционная диаграмма для плагиоклаза, пироксена и габбро Магнитогорского интрузива. PI – плагиоклаз, Wr – валовый состав, Cpx – клинопироксен. Размеры прямоугольников соответствуют $\pm 2\sigma$ погрешностям по обеим осям координат.

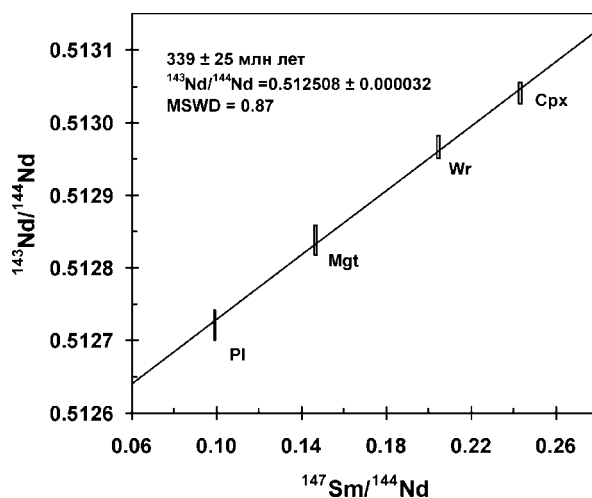


Рис. 2. Sm-Nd эволюционная диаграмма для плагиоклаза, пироксена и габбро Куйбасовского интрузива. Mgt – магнетит, остальные условные обозначения см. рис. 1.

нигогорского и Куйбасовского интрузивов. Sm-Nd данные для пород в целом и минеральных фракций образуют на графиках 2 и 3 линии регрессии, наклоны которых соответствуют возрастам 337 ± 23 и 339 ± 25 млн лет, со значениями среднего квадрата взвешенных отклонений (MSWD) 0.16 и 0.87 соответственно, чем подтверждаются строгие изохронные зависимости. Тот факт, что Sm-Nd данные по валовым составам и минералам аппроксимируются полноценными изохронами, позволяет рассматривать полученные возрасты соответствующими времени кристаллизации изученных пород, отражая по сути дела время «закрытия» изученных Sm-Nd изотопных систем. Полученные Sm-Nd датировки практически совпадают, в пределах наблюдаемых погрешностей, со значениями, опубликованными нами ранее [Ронкин, 1989; Ронкин и др., 1988; 1990; 1997a,б; Ronkin et al., 2003] и хорошо согласуются с геологическими наблюдениями, поскольку обсуждаемые интрузивы интродуцируют визейские вулканы, а галька магматических пород, скарнов и руд отмечается в башкирских конгломератах [Эвгеосинклинальные..., 1984].

Генетические ограничения. Отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, выраженные в единицах $\epsilon_{\text{BSE}}^t(\text{Sr})$ и $\epsilon_{\text{CHUR}}^t(\text{Nd})$ и пересчитанные на время $t = 330$ млн лет относительно модельных резервуаров BSE и CHUR, локализуются на линии «мантийной корреляции», показывая (рис.

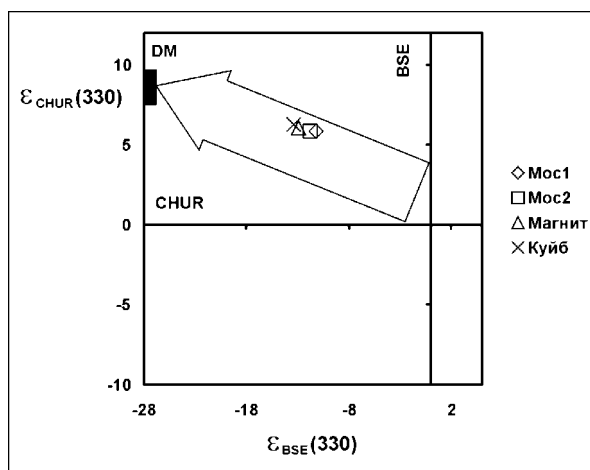


Рис. 3. Sr-Nd изотопная корреляционная диаграмма (пересчитанная на возраст 330 млн лет) для габброидов Московского [Ронкин и др., 1990], Магнитогорского и Куйбасовского интрузивов. Параметры модельных резервуаров: BSE (Bulk Silicate Earth $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}_{\text{BSE}} = 0,0827$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{\text{BSE}} = 0,7045$); CHUR (CHondritic Uniform Reservoir $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}_{\text{CHUR}} = 0,1967$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{CHUR}} = 0,512638$). DM по [DePaolo, 1988].

3) в рамках современных представлений об эволюции изотопов Sr и Nd, что мобилизация обсуждаемых элементов происходила из «обедненного» источника, имеющего минимальное содержание сиалического материала.

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ (гранты № 05-05-64079, № 04-0596052-р2004 Урал_а), гранта «Ведущие научные школы» (НШ-85.2003.5) и Программы № 7 Отделения наук о Земле РАН.

Список литературы

- Иванов С.Н., Семенов И.В., Червяковский Г.Ф. Рифтогенез в предконтинентальной стадии развития Урала // Докл. АН СССР, 1984, Т. 274. № 2. С. 387-391.
- Милановский Е.Е. Рифтовые зоны континентов. М.: Недра, 1976. 279 с.
- Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории Земли: Рифтогенез в подвижных поясах. М.: Недра, 1987. 298 с.
- Нечкин Г.С., Семенов И.В., Бочарникова Т.Д. и др. О взаимосвязи и природе атакитов, порфировых базальтов и оруденения на Магнитогорском месторождении // Ежегодник-1988. Свердловск: ИГГ УрО АН СССР, 1989. С. 39-45.
- Нечкин Г.С., Семенов И.В., Чувашов Б.И. и др. Динамика становления железоносных рифтовых структур магнитогорского типа и формирование в них оруденения // Геодинамика и металлогения Урала. Мат.-лы II Уральского металлогенического совещ. Свердловск: ИГГ УрО АН СССР, ПО «Уралгеология», 1991. С. 81-83.
- Овчинников Л.Н. Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала. Труды I Уральского петрографического совещ. Т. 1. Свердловск, 1963. С. 212-232.
- Овчинников Л.Н., Дунаев В.А., Краснобаев А.А. Материалы к абсолютной геохронологии Урала // Абсолютный возраст геологических формаций. М.: Наука, 1964. С. 157-171.
- Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия. 2000. 146 с.
- Ронкин Ю.Л. Изотопы стронция – индикаторы эволюции магматизма Урала // Ежегодник-1988. Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1989. С. 107-109.
- Ронкин Ю.Л., Журавлев Д.З., Чащухина В.А. Sm-Nd изохронное датирование габбро Московского массива Магнитогорской эвгеосинклинальной зоны // Ежегодник-1989. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1990. С. 67-69.
- Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П. Rb-Sr и Sm-Nd систематика некоторых магматических ассоциаций магнитогорского железорудного месторождения.

Тез. Всерос. Конф. «Метасоматизм и рудообразование», Екатеринбург, 1997а. С. 132-134.

Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П., Голик С.В., Журавлев Д.З., Попова О.Ю. Мультиэлементный анализ геологических образцов кислотным разложением и окончанием на HR ICP-MS Element2 // Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 423-433.

Ронкин Ю.Л., Ферштатер Г.Б., Бушляков И.Н., Холоднов В.В., Лепихина О.П. Изотопы стронция в габбро-гранитной серии Магнитогорского рудного поля // XIV семинар «Геохимия и физико-химическая петрология магматизма» Тез. докл. Всесоюз. совещ. М.: АН СССР, 1988. С. 171-172.

Ронкин Ю.Л., Pereira A., Лепихина О.П. Sr-Nd систематика Магнитогорской группы массивов. Тез. Всерос.совещ. «Гранитоидные вулcano-плутонические ассоциации». Сыктывкар, 1997б. С. 41-42.

Салихов Д.Н. Средне-позднепалеозойская коллизийная история развития Магнитогорского мегасинклиория. // Докт. дис. (в форме научного доклада). Екатеринбург, 1997. 86 с.

Салихов Д.Н., Митрофанов В.А. Интрузивный магматизм верхнего девона-нижнего карбона Магнитогорского мегасинклиория (Южный Урал). Уфа: УНЦ РАН, 1994. 142 с.

Салихов Д.Н., Мосейчук В.М., Сайдыганиев С.С. Микроэлементы в магматических, метаморфических и рудных формациях Урала. Уфа: БашНЦ УрО АН СССР, 1991. С. 3-17.

Салихов Д.Н., Яркова А.В. Нижнекаменно-

гольный вулканизм Магнитогорского мегасинклиория. Уфа БНЦ УрО РАН. 1992. 138 с.

Тектоника Урала (Объяснительная записка к тектонической карте Урала масштаба 1:1 000 000). М.: Наука, 1977. 120 с.

Ферштатер Г.Б. Магнитогорская габбро-гранитная интрузия. Свердловск, 1966. 144 с.

Формирование земной коры Урала /С.Н. Иванов, В.Н. Пучков, К.С. Иванов и др. М.: Наука, 1986. 248 с.

Ферштатер Г.Б., Холоднов В.В., Прибавкин С.В. и др. Рифтогенный магматизм и железооруденение Южного Урала // Геология рудных месторождений. 2005, Т. 47. № 5. С. 421-443.

Холоднов В.В., Бушляков И.Н. Галогены в эндогенном рудообразовании. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. 394 с.

Червяковский Г.Ф. Среднепалеозойский вулканизм восточного склона Урала. М.: Наука, 1972. 259 с.

Эвгеосинклинальные габбро-гранитоидные серии / Г.Б.Ферштатер, Л.В. Малахова, Н.С. Бородин и др. М.: Наука, 1984. 264 с.

DePaolo D.J. Neodymium Isotope Geochemistry: An Introduction, Springer-Verlag, Heidelberg, 1988. 187 p.

Ronkin Y.L., Poltavets Y.A. and Lepikhina O.P. Isotope-geochemical and structural characteristics of the location of large iron-ore skarn-magnetite deposits: the Urals, Russia. Abstract Volume of IV South-American Symposium on Isotope Geology. Salvador, Brazil. 2003. P. 766-769.