

Геодинамическая реконструкция процессов формирования палеопротерозойских габброидов КМА как совокупного взаимодействия континентальных и океанических структур

В соответствии с современной схемой стратиграфии и магматизма докембрия территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ), Золотухинский комплекс Курского блока Курской магнитной аномалии (КМА) имеет двухфазное строение: первая фаза – дунит-перидотит-пироксенитовая, вторая – габброидная [Чернышов и др., 1981 и др.]. Петротипом комплекса является крупный ($>90 \text{ км}^2$) многофазный базит-гипербазитовый Смородинский плутон, представляющий собой субвертикальное штокообразное тело ультрабазит-базитовых пород золотухинского комплекса, интродуцированное силлом габбродолеритов смородинского комплекса. Главный шток плутона сложен средне-крупнозернистыми мезократовыми габброноритами, среди которых в нижних горизонтах выявлены оливиновые габбронориты, сменяющиеся выше по разрезу отдельными прослоями лейкократовых крупнозернистых габброноритов (стратиформных анортозитов), среднезернистых директивных габброноритов с дайками мелкозернистых норитов и микрогаббро.

Использование современных аналитических методов позволило выявить минералого-петрографические и петрогеохимические особенности пород габброидной фазы [Бойко, 2010; 2012; 2013] и установить их U–Pb изотопный возраст, равный 2066 ± 2 – 2069 ± 3 млн лет. [Альбеков и др., 2012]. В принятой геодинамической модели развития ВКМ формирование образований комплекса предполагается в рамках сугубо внутриплитных континентальных рифтогенных процессов [Холин, 2001; Ненахов и др., 2007]. Однако выявленные геохимические особенности пород габброидной

фазы показывают гораздо более сложные процессы, контролирующие их формирование [Бойко, 2012; 2013]. Поведение редких, рассеянных и редкоземельных элементов указывает на высокую степень фракционирования пород, а также свидетельствует о значительной роли коровой контаминации [Бойко, 2012; 2013]. При этом на большинстве диаграмм, диагностирующих геодинамическую природу магматитов (дискриминантных функций (D_x) – (D_y), La-Y-Nb и др. [Бойко, 2013]), фигуративные точки преимущественно попадают в поле известково-щелочной серии, что не характерно для производных внутриплитного континентального магматизма и вносит неопределенность в диагностику их геодинамической природы. Это потребовало проведения исследований по установлению мантийных источников габброноритов на основе изучения изотопных систем Sm, Nd, Rb и Sr (табл.).

Т а б л и ц а

Изотопный состав Sm, Nd, Rb и Sr в валовых пробах из габброидов

№	Интервал, м	Возраст, млн лет	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	+/-2s	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(T)_{2066}$	T_{DM}
1	526.9–546.0	2066	0.91	3.89	0.1408	0.51160	7	-20.3	-5.5	3233
2	612.7–624.0	2066	1.42	6.02	0.1424	0.51165	12	-19.4	-5.0	3198
3	386.0–400.0	2066	1.74	6.07	0.1727	0.51195	3	-13.4	-7.0	–
1	526.9–546.0	2066	2.97	372.65	0.0231	0.70556	4	0.70487	39.8	–
2	612.7–624.0	2066	4.33	344.83	0.0363	0.70560	5	0.70452	34.9	–
3	386.0–400.0	2066	2.51	314.29	0.0231	0.70590	5	0.70521	44.7	–

Примечание. 1 – габбронорит, 2 – анортозит, 3 – мелкозернистый габбронорит. Скважина № 3009.

Полученная величина начального отношения I(Sr) для базитовых пород золотухинского комплекса, рассчитанная на возраст 2066 млн лет, составляет 0.7045–0.7049 при $\epsilon_{\text{Sr}}(2066)$ 34.0–39.83, что однозначно свидетельствует о первичном мантийном происхождении изученных базитов, а рассчитанные для того же возраста значения ϵ_{Nd} (-5.0...-7.0) указывают на вклад континентальной коры в первоначально мантийный расплав.

Сравнение изотопных отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ показывает, что из возможных источников базитового расплава для габброидов золотухинского комплекса наиболее вероятен резервуар обогащенной мантии EM-I. Его происхождение связывается с субдукционными процессами и глубинной переработкой нижней континентальной коры, сложенной гранатовыми перидотитами с низкими значениями $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.702–0.705) и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ с отрицательным значением ϵ_{Nd} (до -30). Действительно, характерные для габброноритов обогащенные значения отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$ (0.70556–0.7059) при больших отрицательных значениях $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ от -19.35 до -20.33 обуславливают промежуточное положение фигуративных точек на диаграмме $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$ – $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ (рис. 1) между направлением мантийной последовательности и полем компонента нижней коры ($\epsilon_{\text{Nd}} \approx -30$). При этом на диаграмме Ce/Nb–Th/Nb (рис. 2)

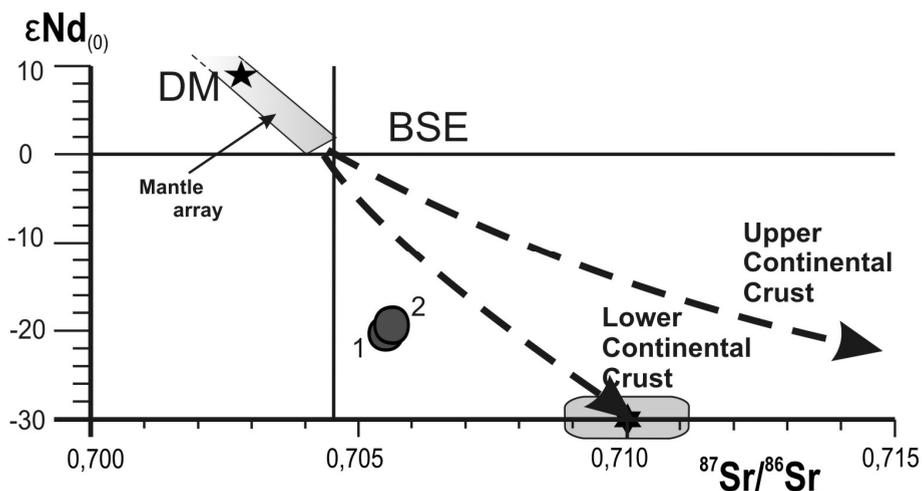


Рис. 1. Изотопная диаграмма $\epsilon Nd_{(0)} - {}^{87}Sr/{}^{86}Sr_{(0)}$ для габбронитов золотухинского комплекса [Бойко, 2013 и ссылки внутри].

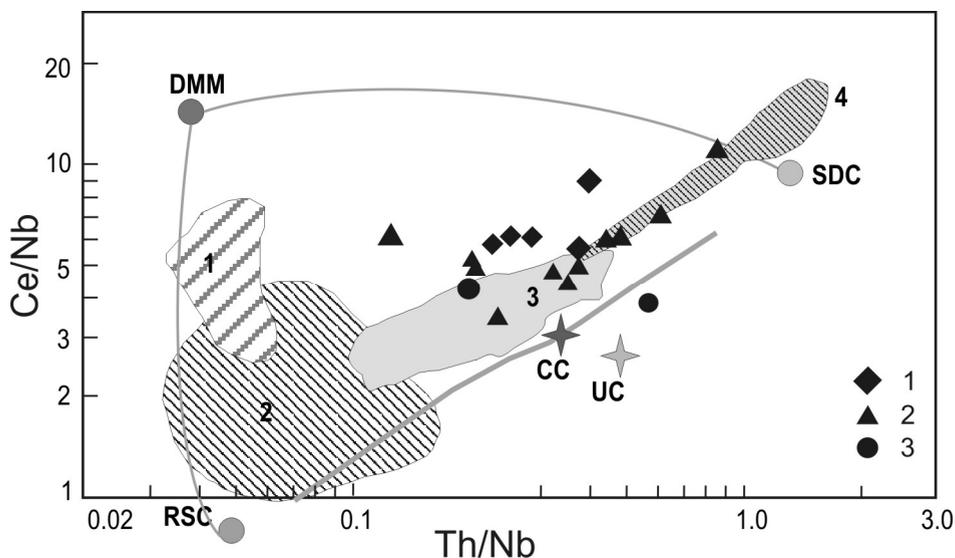


Рис. 2. Диаграмма Ce/Nb-Th/Nb для габброидов второй фазы золотухинского комплекса КМА [Бойко, 2013 и ссылки внутри].

1 – свежие средне-крупнозернистые габброниты; 2 – амфиболизированные крупно-среднезернистые габброниты; 3 – лейкократовые крупнозернистые габброниты. Составы геохимических резервуаров: DMM – деплетированная мантия; RSC – реститовый компонент слэбов; SDC – мобильный компонент слэбов; CC – средний состав коры и UC – верхняя кора. Поля составов: 1 – MORB; 2 – производные Исландского плюма; 3 – Сибирские траппы; 4 – породы Марианской дуги.

большая часть составов лежит на линии смещения двух производных резервуаров: плюмового источника с участием рециклингового литосферного вещества – тугоплавкой составляющей погружившихся в мантию слэбов (RSC) и надсубдукционного компонента (легкоподвижное вещество, мобилизуемое при дегидратации и плавлении слэба – SDC), растягиваясь между полями островных дуг и базитов Сибирских траппов.

Суммируя весь объем геологических, геохимических и изотопных данных, предполагается высокая вероятность корово-мантийного взаимодействия при формировании первичных магм в период от 3.1–3.2 ($T_{DM(2066)}$) до 2.066 млрд лет с участием мантии и нижней коры, которая возможно представляет собой рециклинговый компонент гипотетического неoarхейского палеослэба, обеспечивающего ее субдукционные геохимические характеристики. Магматическая деятельность была инициирована тектоническими процессами в тылу орогенного сооружения восточной активной континентальной окраины (АКО) палеократона Сарматия, что может быть связано с воздействием слэба, погружающегося на юго-запад (в современных координатах) в расположенной восточнее зоне субдукции андского типа [Ненахов и др., 2011].

Предполагается [Ненахов и др., 2011], что формирующая палеопротерозойскую АКО (в настоящее время – тектоническая структура Лосевской шовной зоны – ЛШЗ) зона субдукции близка по своим характеристикам к современному андскому типу, а пододвигание океанической плиты под АКО ЛШЗ было пологим со сжатием в области взаимодействия с континентальной корой. На зрелость субдукционных процессов к моменту формирования габброидов золотухинского комплекса и интенсивность закрытия океанического палеобассейна указывает близкий возраст (2097–2022 млн лет) активноокаинных и синколлизонных процессов, маркируемых в пределах ВКМ гранитоидным магматизмом [Ненахов и др., 2007; 2011; Бибикина и др., 2009 и др.].

Обогащение мантии некогерентными элементами с формированием мантийного источника типа EM-I произошло либо за счет ранее сформированного гипотетического неoarхейского палеослэба, либо за счет вещества блоков нижней континентальной коры или терригенных осадков, сопряженных вследствие тектонической эрозии с погружающейся с востока океанической плитой палеопротерозойского возраста. Это обеспечивает не только специфические геохимические характеристики габброидов, но и ассоциирующие с ними проявления сульфидной медно-никелевой минерализации [Бойко др., 2011].

Предлагаемая модель формирования габброидов золотухинского комплекса позволяет рассматривать исходную палеогеодинамическую обстановку их формирования как рифтогенную, заложенную на континентальном основании орогенного сооружения восточной АКО палеократона Сарматия, в тыловой части которого господствовал режим растяжения, фиксируемый внедрением базитов с возрастом около 2070 млн лет [Альбеков и др., 2012].

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2014-2016 годы (проект № 853), а также грантов РФФИ №12-05-31297 мол_а и №13-05-97528 р_центр.

Литература

Альбеков А. Ю., Рыборак М. В., Бойко П. С. Реперное U-Pb изотопное датирование палеопротерозойских габброидных формаций Курского блока Сарматии (Воронежский кристаллический массив) // Вестн. Воронежского ун-та. Сер. Геология. 2012. № 2. С. 84–95.

Бибикина Е. В., Богданова С. В., Постников А. В. и др. Зона сочленения Сарматии и Волго-Уралии: изотопно-геохронологическая характеристика супракрустальных пород и гранитоидов // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2009. Т. 17. № 6. С. 3–16.

Бойко П. С. Петрография пород второй фазы золотухинского комплекса (структурно-формационная зона КМА) // Вестн. Воронежского ун-та. Сер. Геология. 2010. № 2. С. 159–170.

Бойко П. С. Минералого-геохимические особенности пород и признаки контаминации габброноритов второй фазы золотухинского комплекса КМА // Вестн. Воронежского ун-та. Сер. Геология. 2012. № 1. С. 67–75.

Бойко П. С. Золотухинский комплекс КМА (геология, состав, условия формирования и перспективы рудоносности). Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. СПб., 2013. 24 с.

Бойко П. С., Альбеков А. Ю. Характеристика проявлений сульфидного оруденения в породах золотухинского гипербазит-базитового комплекса КМА (Центральная Россия) // Металлогения древних и современных океанов–2011. Рудоносность осадочно-вулканогенных и гипербазитовых комплексов. Миасс: ИМин УрО РАН, 2011. С. 85–89.

Ненахов В. М., Стрик Ю. Н., Трегуб А. И. и др. Минерагенические исследования территорий с двухъярусным строением на примере Воронежского кристаллического массива. М.: ГЕОКАРТ. ГЕОС, 2007. 284 с.

Ненахов В. М., Бондаренко С. В. Тектоническая эволюция Лосевской шовной зоны Воронежского кристаллического массива в палеопротерозое // Геотектоника. 2011. № 4. С. 43–59.

Холин В. М. Геология, геодинамика и металлогеническая оценка раннепротерозойских структур КМА. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Воронеж, 2001. 24 с.

Чернышов Н. М., Бочаров В. Л., Фролов С. М. Гипербазиты КМА. Воронеж, 1981. 252 с.