

ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИЕ ГРАНИТОИДЫ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ: ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ, ИСТОЧНИКИ МАГМ, ГЕОДИНАМИКА

Цыганков А.А.

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, e-mail: tsygan@gin.bscnet.ru

Позднепалеозойская гранитоидная провинция Западного Забайкалья представляет собой одну из немногих на Земле областей, где разные по составу гранитоиды формировались одновременно в течение нескольких десятков миллионов лет. Более того, гранитоидный магматизм сопровождался, а возможно и инициировался, мантийным мафическим магматизмом повышенной и высокой щелочности.

В последние 10-15 лет в регионе выполнен большой объем изотопно-геохронологических исследований, охватывающий как собственно гранитоиды, так и породы базитового и щелочного ряда. Некоторым промежуточным итогом этих исследований стало признание того, что основной объем гранитоидов региона, включая гигантский (150 тыс. км²) Ангаро-Витимский батолит (ареал-плутон), сформировался в позднем палеозое (конец карбона-начало перми), а не в докембрии или раннем палеозое, как считалось ранее [Салоп, 1967; Литвиновский и др., 1993]. В связи с этим особую актуальность приобрели проблемы, напрямую связанные с этим фактом, а именно: достоверность и разрешающая способность использованных геохронологических методов; общая продолжительность позднепалеозойского магматического цикла и правомерность его «подразделения» на отдельные этапы; источники магм разнотипных гранитоидов; взаимосвязь собственно корового гранитообразования и мантийного магматизма, в том числе щелочного; вещественная эволюция разнотипных силикатных магм и их рудный потенциал; геодинамические условия позднепалеозойского магматизма и т.д. Очевидно, что большинство этих проблем имеют давнюю историю, однако факт одновременности проявления разнотипного магматизма, сосредоточенного в пределах относительно небольшого сегмента литосферы, его беспрецедентные масштабы, все это привлекает особое внимание исследователей.

На основании новых U-Pb изотопно-геохронологических данных, полученных по юго-западной части Западно-Забайкальского магматического ареала, с учетом ранее выполненных определений, нами [Цыганков и др., 2010] предложена следующая последовательность магматических событий: 330-310 Ма – известково-щелочные граниты повышенной калиевоности, слагающие Ангаро-Витимский батолит (баргузинский комплекс); 305-285 Ма – высококалийные кварцевые монзониты, кварцевые сиениты и гранодиориты с подчиненными габброидами (чивыркуйский комплекс); 305-285 Ма – промежуточные (от высококалийных до щелочных) граниты и кварцевые сиениты зазинского комплекса; 285-278 Ма – шошонитовая монзонит-сиенит-кварцевосиенитовая интрузивная серия с синплутоническими высококалийными базитами (нижне-селенгинский комплекс); 280-273 Ма – щелочнополевошпатовые и щелочные граниты и сиениты Брянского и Хоринского вулканоплутонических комплексов (ранне-куналейский комплекс). Кроме того, имеются Rb-Sr данные о возрасте сиеногранитов Большекульского массива (282 ± 5 Ма) [Посохов и др., 2005], прорывающих щелочные гранитоиды Хоринского полифазного плутона. Недавно получены новые геохронологические данные (цирконы, SHRIMP-II) о возрасте Безымянного массива Li-F гранитов (291.7 ± 3.7 Ма) [Рампилов, Рипп, 2012], щелочных пород Витимской провинции 294-306 Ма [Дорошкевич и др., 2011; 2012].

Радиогенные и стабильные изотопы обычно используются как наиболее надежные трассеры источников магм. Нами выполнено обобщение опубликованных [Wickham et al., 1996] и новых данных по изотопному составу O и Nd позднепалеозойских гранитоидов Западного Забайкалья и связанных с ними базитов. В совокупности с ранее полученными U-

Pb геохронологическими и Sr-Nd изотопными определениями намечены основные черты эволюции позднепалеозойского магматизма региона.

Данные по радиогенным и стабильным изотопам демонстрируют постепенные изменения $\epsilon\text{Nd}(T)$, $I(\text{Sr})$ и $\delta^{18}\text{O}$ значений в фельзических (гранитоиды) и мафических породах в течение продолжительного периода времени (около 120 Ma) – от карбона до позднего триаса. Эти изменения можно интерпретировать как систематическое изменение в пропорциях мантийного и корового компонентов в источниках гранитоидных магм. При этом следует иметь в виду, что позднепалеозойские мафические породы (обогащенные калием габброиды и базальты) характеризуются слабо отрицательными или близкими к нулевыми значениями $\epsilon\text{Nd}(T)$ [Ярмолюк и др., 2002; Litvinovsky et al., 2011], от -5 до 0. Эти данные подтверждаются нашими новыми определениями по габброидам, входящим в состав чивыркуйского и ниже-селенгинского комплексов (-5÷-4.3). Изотопный состав мафических пород Забайкалья характеризует состав литосферной мантии, которая, вероятно, была обогащена коровыми компонентами на субдукционном этапе конвергенции литосферных плит в раннем палеозое. Этот вывод подтверждается повышенными значениями $I(\text{Sr})$ (0.7050-0.7060), а также резкими отрицательными Nb и положительными Pb аномалиями на графиках распределения элементов-примесей, нормированных по PM, в синплутонических габброидах, мафических включениях и базитах комбинированных даек [Litvinovsky et al., 2011]. Еще одна особенность изотопных данных, это почти полное перекрытие значений $\epsilon\text{Nd}(T)$ в мафических породах и гранитоидах. Так, согласно новым определениям, $\epsilon\text{Nd}(T)$ в гранитах Шараталинского массива (заинский комплекс) варьирует в очень узком диапазоне: - 6.19÷- 7.69, что почти полностью перекрывается с приведенными выше значениями по близковозрастным базитам. Отрицательные $\epsilon\text{Nd}(T)$ в мафических породах затрудняют использование этих данных для выяснения источников магм гранитоидов. Поэтому весьма информативным является изотопный состав кислорода в валовых пробах и минералах базитов и гранитоидов.

Граниты баргузинского комплекса (Ангаро-Витимский батолит) имеют низкие значения $\epsilon\text{Nd}(T)$ (- 5.7÷- 7.7), соответствующие протерозойской континентальной коре ($T_{\text{DM}} = 1.6\text{-}1.7$ Ga), что согласуется с высокими значениями $\delta^{18}\text{O}$, составляющими 10-12 ‰ в валовых пробах и от 7 до 14 ‰ в титаните, калиевом полевом шпате и кварце. При этом $\delta^{18}\text{O}$ в биотитовом гнейсе из провеса кровли баргузинских гранитов составляет 12.2 ‰, т.е. аналогично гранитам. Следует подчеркнуть, что сами граниты, даже в типично аллохтонной фации, постоянно содержат ксенолиты метаморфических пород. Таким образом, совокупность геологических наблюдений и изотопных данных со всей определенностью указывает на древнекорковый источник гранитов Ангаро-Витимского батолита.

В противоположность известково-щелочным гранитам баргузинского комплекса, более молодые позднепалеозойские щелочные интрузивные породы (ниже-селенгинский и частично перекрывающийся с ним по времени ранне-куналейский комплексы) демонстрируют преобладание мантийного компонента в источнике гранитоидов. Это проявляется в перекрытии $\epsilon\text{Nd}(T)$ значений и более молодом модельном возрасте ($T_{\text{DM}} = 1.27\text{-}1.4$ Ga), показывающем увеличение пропорции астеносферного источника. Изотопный состав кислорода имеет мантийные значения: 6-7 ‰ в валовых пробах гранитоидов и базитах, 3.4-5 ‰ в титаните и около 6 ‰ в цирконе. Часть валовых проб характеризуется повышенным значением $\delta^{18}\text{O}$ (7-8 ‰), что указывает на большую долю корового компонента в отдельных плутонах. В то же время имеются некоторые различия в изотопном составе Nd мафических пород рассматриваемых комплексов. Так, в мафических породах ниже-селенгинского комплекса $\epsilon\text{Nd}(T)$ составляет -4.1÷-5.0, тогда, как в ранне-куналейских базитах, варьирует от -3.5 до 0, указывая на то, что некоторые базиты не связаны с гранитоидами. В фельзических породах эти значения составляют -3.7÷-4.9, и -2.0÷-4.1, соответственно. Эти данные показывают, что, несмотря на значительное временное перекрытие и существенную долю мантийного компонента, протолиты гранитоидов этих

двух комплексов не были одинаковы. Кроме того, есть основания предполагать, что и мантийные источники различались по составу.

Данные по радиогенным и стабильным изотопам из одновременных высококалийевых известково-щелочных монцонитоидов и кварцевых сиенитов чивыркуйского и субщелочных гранитов и кварцевых сиенитов зазинского комплексов характеризуются значениями промежуточными между баргузинскими и ранне-куналейскими гранитоидами, что наиболее отчетливо проявляется по $\delta^{18}\text{O}$ в валовых пробах. Аналогичные закономерности выявляются и по изотопному составу кислорода в минералах, однако в этом случае картина оказывается более сложной. Так, в кварце гранитоидов зазинского комплекса наряду с «промежуточными» значениями $\delta^{18}\text{O}$ (8-10 ‰) присутствуют пробы с более тяжелым изотопным составом (10-12 ‰), перекрывающимся со значениями, характерными для кварцев баргузинских гранитов. То же самое относится к некоторым титанитам из пород чивыркуйского комплекса. Причины этих отклонений могут заключаться в изотопной неоднородности гранитоидов рассматриваемых комплексов. Вместе с тем, следует иметь в виду, что аналитические работы проводились в разное время и в разных лабораториях, поэтому указанные отклонения могут иметь «наведенный» характер.

Таким образом, на основании изотопных данных можно предположить, что в составе салических пород чивыркуйского и зазинского комплексов присутствуют древнекоровый и мантийный компоненты в примерно равных соотношениях. Для проверки этого предположения нами выполнены масс-балансовые расчеты по моделям смешения и фракционной кристаллизации.

Для модели смешения в качестве исходных компонентов принят средний состав габбро первой фазы Бургасского плутона, в качестве салического компонента средний состав гранитов баргузинского комплекса. Масс-балансовые расчеты показывают, что средний состав кварцевых сиенитов и кварцевых монцонитов чивыркуйского комплекса, согласно [Цыганков и др., 2010], может быть получен путем смешения указанных исходных компонентов в пропорции примерно 1:3, при R (сумма квадратов отклонений) = 1.19.

Зазинский комплекс представлен лейкократовыми гранитами и подчиненными по объему кварцевыми сиенитами, выделяемыми в качестве первой интрузивной фазы. Проведенные вычисления показывают, что образование кварцевых сиенитов этого типа путем смешения магм невозможно ни при каких условиях. Лейкограниты, с содержанием SiO_2 73-75 мас. %, также не могут быть результатом простого смешения. Вместе с тем, фракционная кристаллизация гибридной магмы, полученной для чивыркуйского комплекса, дает удовлетворительный результат [Litvinovsky et al., 2011]. При этом фракционирующими фазами (%) являются $\text{Pl}_{40-24.1}$ $\text{Amph}_{-2.4}$, $\text{Vt}_{-5.2}$ и акцессорные минералы ($\text{Fe-Ti}_{-1.8}$, $\text{Ap}_{-0.4}$), а доля остаточного расплава составляет 66% от исходного.

Породы позднепермского поздне-куналейского комплекса отличаются от петрографически и геохимически сходных раннепермских щелочных гранитоидов (ранне-куналейский комплекс) позитивными значениями $\epsilon\text{Nd}(T)$. При этом как в гранитоидах, так и в мафических породах $\epsilon\text{Nd}(T)$ и $I(\text{Sr})$ составляют $+1 \div +4$ и 0.7040-0.7050 соответственно, при модельном возрасте 0.76-1.1 Ga. Эти данные указывают на когенетичность салических и мафических магм, образовавшихся за счет умеренно деплетированного мантийного протолита. Такая интерпретация согласуется с типично мантийным изотопным составом кислорода в валовых пробах и титаните. Обогащенный мантийный источник предполагается для позднепалеозойских щелочных пород Витимской провинции.

Геодинамическая обстановка позднепалеозойского магматизма Западного Забайкалья дискуссионна. В основном обсуждаются три возможных модели: плюмовая [Ярмолюк и др., 1997], модель активной континентальной окраины [Мазукабзов и др., 2010], постколлизийная модель [Цыганков и др., 2010]. Каждая из этих моделей имеет как достоинства, так и слабые места, однако в целом следует признать, что вопрос позднепалеозойской геодинамики Забайкалья может быть решен лишь с привлечением данных, «независимых» от собственно гранитоидов.

Таким образом, в течение периода времени, продолжительностью около 120 Ма (с карбона по поздний триас) гранитоидный магматизм эволюционировал от типично корового (Ангаро-Витимский батолит, баргузинский комплекс), до типично мантийного, с постепенным нарастанием доли мантийного компонента в источнике магм. Важно подчеркнуть, что появление мантийных производных, в том числе щелочных пород, судя по имеющимся данным, происходит вслед за формированием доминирующих по объему коровых гранитов Ангаро-Витимского батолита. Вовлечение мантийного компонента происходило путем смешения мантийных (трахибазальтовых) и коровых калиевых магм с последующей дифференциацией гибридных расплавов. При этом, в одних случаях доминировало смешение (чивыркуйский комплекс), в других – дифференциация гибридных магм (засинский комплекс). Образование щелочно-гранитоидных расплавов, по-видимому, связано с дифференциацией собственно мантийных производных (щелочных базальтов) при варьировании, но в целом подчиненном, вкладе коровых источников.

Проведенные исследования поддержаны Международным грантом РФФИ и Министерства Науки и Технологий Израиля (№ 06-05-72007), грантами РФФИ-Байкал (№ 05-05-97205), РФФИ-Сибирь (№ 08-05-98017), Интеграционными проектами СО РАН № 37, 17.

Литература

Дорошкевич А.Г., Рипп Г.С., Избродин И.А. Щелочные породы Витимской провинции (Западное Забайкалье): этапы, условия формирования, источники вещества // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): М-лы сов. Вып. 9. Иркутск, ИЗК СО РАН. 2011, с. 81-83.

Дорошкевич А.Г., Рипп Г.С., Сергеев С.А. и др. U-Pb геохронология Мухальского щелочного массива // Геология и геофизика. 2012. Т.53. № 2. С. 219-225.

Литвиновский Б.А., Занвилевич А.Н., Алакшин А.М. и др. Ангаро-Витимский батолит – крупнейший гранитоидный плутон. – Новосибирск: Изд. ОИГГМ СО РАН, 1993. – 141 с.

Мазукабзов А.М., Донская Т.В., Гладкочуб Д.П. и др. Геодинамика Западно-Забайкальского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса в позднем палеозое // Геология и геофизика. 2010. Т.51. № 5. С. 615-628.

Посохов В.Ф., Шадаев М.Г., Литвиновский Б.А. и др. Rb-Sr возраст и последовательность формирования гранитоидов Хоринской вулcano-плутонической структуры Монголо-Забайкальского пояса // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 6. С. 625-632.

Рампилов М.О., Рипп Г.С. Возраст альбитовых гранитов Западного Забайкалья // Геология Забайкалья. М-конф. Изд-во БНЦ СО РАН. Улан-Удэ, 2012, С. 127-131.

Салоп Л.И. Геология Байкальской горной области. Т.2. – М.: Недра, 1967. – 515с.

Цыганков А.А., Литвиновский Б.А., Джань Б.М. и др. Последовательность магматических событий на позднепалеозойском этапе магматизма Забайкалья (результаты U-Pb изотопного датирования) // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 9. С. 1249-1276.

Ярмолюк В.В., Будников С.В., Коваленко В.И. и др. Геохронология и геодинамическая позиция Ангаро-Витимского батолита // Петрология. 1997. Т. 5. № 5. С. 451-466.

Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Сальникова Е.Б. и др. Тектоно-магматическая зональность, источники магматических пород и геодинамика раннемезозойской Монголо-Забайкальской области // Геотектоника. 2002. № 4. С. 42-63.

Litvinovsky B.A., Tsygankov A.A., Jahn B.M. et al. Origin and evolution of overlapping calc-alkaline and alkline magmas: The Late Paleozoic post-collisional igneous province Transbaikalia // Lithos. 2011. V. 125. P. 845-874.

Wickham, S.M., Alberty, A.D., Zanzvilevich, A.N. et al. A stable isotope study of anorogenic magmatism in East Central Asia // Journal of Petrology. 1996. V.37. P. 1063-1095.