

Тагильской островной дуги [1 и др.]. Следует отметить весьма большие величины $\epsilon_{Nd}(t) +8.8 \div +9.0$ для них, значимо отличающихся от $\epsilon_{Nd}(t)$ рассчитанных по Sm-Nd данным, приведенным в [2,3], ясно свидетельствующих о том, что исследованное вещество имеет более высокие отношения $^{143}Nd/^{144}Nd(t)$ по сравнению с базальтами СОХ, практически соответствуя таковому $\epsilon_{Nd}(565) = +10$ для деплетированной мантии. Полученные нами значения $\epsilon_{Nd}(t)$ накладывают серьезные ограничения на имеющиеся модельные построения о формировании пород платиноносной ассоциации Приполярного сектора Урала, предполагая в качестве субстрата значительно истощенный источник. Совпадение значений Nd-модельных возрастов и $\epsilon_{Nd}(t)$, рассчитанных для пород платиноносной ассоциации, а также гранитоидов верхнетагильского и ауэрбаховского (X15, X16) комплексов, позволяет предполагать, в случае отсутствия контаминации более «молодым» материалом, определенную идентичность весьма деплетированного субстрата как для пород платиноносной ассоциации, так и изученных гранитоидов.

Исследования поддержаны программой ОНЗ РАН «Строение и формирование основных типов геологических структур подвижных поясов» и частично РФФИ (грант 08-05-00019).

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов К.С., Волченко Ю.А., Коротеев В.А. Природа Платиноносного пояса Урала и его хромит-платинометалльных месторождений // Доклады РАН. 2007. Т. 417. № 3. С. 369-373.
2. Маегов В.И., Петров Г.А., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П. Первые результаты Sm-Nd изотопного датирования оливин-анортитовых габбро Платиноносного пояса Урала // Офиолиты: геология, петрология, металлогения, геодинамика. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 110-113.
3. Попов В.С., Беляцкий Б.В. Sm-Nd возраст дунит-клинопироксенит-тылаитовой ассоциации Кытлымского массива, Платиноносный пояс Урала // Доклады РАН. 2006. Т. 409. №. 1. С.104-109.
4. Шмелев В.Р. Магматические комплексы зоны Главного Уральского глубинного разлома (Приполярный сегмент) в свете новых геохимических данных // Литосфера. 2005. № 2. С. 41-59.

РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИЕ ГАББРО-ГРАНИТНЫЕ СЕРИИ ВОСТОЧНОЙ ТУВЫ: ЭТАПЫ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

Руднев С.Н.

*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия
e-mail: rudnev@uiggm.nsc.ru*

EARLY PALAEOZOIC GABBRO-GRANITE SERIES OF EASTERN TUVA: STAGES AND GENESIS

Rudnev S.N.

*Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
e-mail: rudnev@uiggm.nsc.ru*

According to geology, isotope data (U-Pb, Ar-Ar methods) and geochemistry the formation of Kaakhem, Tannuola and Hamsarin batoliths of Eastern Tuva was occurred in wide age interval – 560-450 Ma. Several stages of formation of granitoid and gabbroid associations were distinguished in this age interval. These stages reflect contrasting change of tectonic setting (from oceanic-island arc environment 570-560, 540-530, 525-520 Ma to collision stage – 510-490, 480-470, 460-450 Ma), composition of associations and sources. On all stages of magmatic activity, independently from geodynamic setting, gabbroids (peridotite-pyroxenite-gabbro-norite, gabbro-sienite and gabbro-monzodiorite) were the first and then granitoids (diorite-tonalite-plagiogranite, plagiogranite and granidiorite-granite) were formed. These associations are combined in to gabbro-granite series and are the indicator of formation processes of acid and basic melts.

Одной из главных проблем геологии Алтае-Саянской складчатой области (АССО) является определение возраста, последовательности формирования, генезиса и тектонической позиции магматических ассоциаций, формирующих гигантские по масштабам раннепалеозойские батолиты, образующие сплошные гранитоидные поля и пояса среди интенсивно метаморфизованных венд-нижнекембрийских осадочно-вулканогенных толщ. В настоящее время имеется большой объем геологических, петрогеохимических и изотопно-геохронологических данных, свидетельствующих о сложном строении раннепалеозойских батолитов АССО и Западной Монголии [5-9]. В составе этих батолитов принимают участие тесно сопряженные во времени и пространстве габброидные и гранитоидные ассоциации, формирование которых прослеживается в широком возрастном диапазоне от позднего венда до позднего ордовика, отражающие смену геодинамических обстановок в ходе раннепалеозойского роста Сибирского континента. На широкое развитие полихронных плутонов в складчатых областях различных регионов указывали многие исследователи [1]. Однако масштабы их развития, латерально-временная зональность, механизмы зарождения, внедрения и тектонического экспонирования в верхние горизонты земной коры остаются остро дискуссионными. Особой проблемой является анализ их взаимосвязи с геодинамическими обстановками. Одни исследователи относят эти батолиты к единой окраинно-континентальной магматической дуге, объясняя их формирование субдукционно-аккреционными процессами, другие – рассматривают с позиции последовательной коллизии к Сибирскому континенту разновозрастных окраинноморско-островодужных систем и микроконтинентов. В качестве альтернативы предложена геодинамическая модель «каледонского» супертеррейна, амальгамация которого сопровождалась масштабным гранитообразованием, а лишь затем он был приращен по сдвигу к Сибирскому континенту. В месте с тем был предложен и промежуточный вариант, когда формирование раннепалеозойских батолитов Центральной Азии обусловлено совпадением во времени двух геодинамических факторов: коллизии, связанной с ростом Сибирского континента и плюмового источника.

В АССО в качестве наиболее яркого примера широкого проявления гранитоидного и габброидного магматизма является Восточная Тува. В этом регионе, среди венд-кембрийских вулканогенно-осадочных отложений Таннуольской островной дуги, выделяется несколько крупных полихронных батолитов, которые в совокупности образуют протяженный плутонический пояс (более 1000 км). Среди таких крупных батолитов в этом регионе выделяются Каахемский, Восточно-Таннуольский и Хамсаринский и другие, общая площадь которых сопоставима с батолитами Северной и Южной Америк и Ангаро-Витимским батолитом в Забайкалье и другими регионами. Результаты геологических, изотопных (U-Pb и Ar-Ar, методы), петрогеохимических исследований, проведенные по гранитоидным и габброидным ассоциациям этих батолитов позволили установить, что их формирование происходило в возрастном диапазоне 560-450 млн. лет (табл. 1). В этом диапазоне выделяется несколько возрастных рубежей становления гранитоидных и габброидных ассоциаций (570-560, 540-530, 525-520, 510-490, 480-470, 460-450 млн. лет, 95% дов. ур.), отражающие контрастную смену вещественного состава породных ассоциаций, источников и обстановок формирования.

Анализ геологических и изотопно-геохронологических исследований свидетельствует, что практически в пределах каждого возрастного уровня самыми ранними являются или породы ультрабазит-базитового (перидотит-пироксенит-анортозит-габброноритовая ассоциация) или габбромонцодиоритового состава, в след за которыми, на одном и том же возрастном уровне, наблюдается становление гранитоидных ассоциаций с разной геохимической специализацией (толеитовые, известково-щелочные, субщелочные). Следует отметить, что выявленные возрастные рубежи габброидного и гранитоидного магматизма в полном объеме прослеживаются отнюдь не во всех батолитах, а фиксируются в виде отдельных фрагментов в том или ином батолите (очаговом ареале). Главными причинами в этом случае являются или в слабой геологической изученности отдельных ареалов или недостатке геохронологических дат. Тем не менее, такая последовательность формирования близких по возрасту габброидных и гранитоидных ассоциаций прослеживается постоянно и на всех возрастных уровнях. Тесная пространственная ассоциация близких по возрасту габброидов и гранитоидов позволяет их объединять в так называемые плутонические габбро-гранитные серии, являющимися индикаторами разноглубинных процессов

Таблица 1

Ассоциация	Геохимическая серия	Возраст, млн. лет	Геодинамический этап
Перидотит-пироксенит-габброноритовая (К) Диорит-тоналит-плагиогранитная (К)	толеитовая	? 563±4 [6]	Островодужный
Перидотит-пироксенит-габброноритовая (В) Тоналит-плагиогранитная (Х) Тоналит-плагиогранитная (К)	толеитовая толеитовая	539±6* 532±3 [9] 536±4 [6]	
Тоналит-плагиогранитная (В) Диорит-тоналит-плагиогранитная (В)	толеитовая изв.- щелочная	518±2 [7] 522±4 [7] 518±2 [4]	
Габбро-монцидиорит-граносиенитовая (К) Перидотит-пироксенит-габброноритовая (Х) Диорит-тоналит-плагиогранитная (Х)	субщелочная изв.- щелочная	512±2 [6] 497±1 [9] 488±4 [9]	
Перидотит-пироксенит-габброноритовая (К) Монцидиорит-гранодиорит-гранитная (В) Диорит-тоналит-плагиогранитная (К) Плагиогранитная (К)	субщелочная изв.- щелочная изв.- щелочная	484±2 [3] 478±4 [6] 476±5 [7] 478±5 [6] 474±4 [6]	Аккреционно-коллизийный
Диорит-тоналит-плагиогранитная (В) Диорит-тоналит-плагиогранитная (К) Диорит-тоналит-плагиогранитная (В) Тоналит-плагиогранитная (В) Диорит-гранодиорит-гранитная (К)	изв.- щелочная изв.- щелочная изв.- щелочная изв.- щелочная изв.- щелочная	457±3 [6] 451±6 [6] 450±5 [7] ~450 [7] 450±5 [6]	

Примечание. Батолиты: (К) – Каахемский, (В) – Восточно-Таннуольский, (Х) – Хамсаринский. * – по данным А.А. Монгуш (устное сообщение).

формирования кислых и основных расплавов и выраженными на современном эрозионном срезе в виде очаговых ареалов. Установлено, что в составе Каахемского, Восточно-Таннуольского и Хамсаринского батолитов в диапазоне от позднего венда до позднего ордовика выделяется несколько габбро-гранитных серий (табл. 1). Причем каждая из этих серий характеризуется определенным набором гранитоидных и габброидных ассоциаций со специфическими вещественными характеристиками и источниками, а также определенной длительностью и интенсивностью магматизма, отражающим определенные стадии роста и эволюции коры. Установлено, что формирование габбро-гранитных серий в Восточной Туве происходило как в островодужной обстановке в интервале 570-520 млн. лет, так и в процессе аккреции и коллизии островных дуг, задуговых бассейнов и микроконтинентов, на фоне мантийного (плюмового) магматизма, в возрастном диапазоне 510-450 млн. лет.

В венде-раннем кембрии в этом регионе выделяется три этапа формирования габброидных и гранитоидных ассоциаций: 570-560, 540-530, 525-520 млн. лет. На этих возрастных этапах наиболее ранние члены представлены породами перидотит-пироксенит-анортозит-габброноритовой ассоциации, которые образуют как крупные массивы, так и наблюдаются в виде останцов (или ксенолитов) в составе Каахемского (Калбагдагский и Брунганский массивы [2, 3]), Восточно-Таннуольского (Ирбитейский массив [4]) и Хамсаринского [9]) батолитов. По петрогеохимическому составу габброиды соответствуют кумулятам высокоглиноземистых островодужных базальтов, возникающих за счет плавления надсубдукционного мантийного клина в присутствии воды [2]. Гранитоидные ассоциации на всех трех возрастных уровнях островодужного этапа имеют существенно большее развитие, чем габброиды. Они представлены исключительно плагиогранитоидными ассоциациями (тоналит-плагиогранитная и диорит-тоналит-плагиогранитная). По петрогеохимическому составу среди них преобладают плагиогранитоиды толеитовой серии, в то время как плагиогранитоиды известково-щелочной серии им существенно уступают и проявились лишь только на заключительных этапах формирования островодужной системы (~520 млн. лет).

На кембро-ордовикский тектоно-магматический этап (510-450 млн. лет) в Восточной Туве приходится основной объем интрузивного магматизма (~ 90%), в первую очередь гранитоидного. Их формирование связано с процессами аккреции и коллизии островных дуг, задуговых бас-

сейнов и микроконтинентов, на фоне длительного теплового воздействия мантийного плюма, расположенного под основанием коллизионного сооружения. На это возрастном диапазоне выделяется три рубежа (510-490, 480-470, 460-450 млн. лет) формирования габброидных и гранитоидных ассоциаций. Причем на каждом возрастном рубеже, также как и в островодужной обстановке, интрузивный магматизм начинается с формирования высокоглиноземистых габброидов перидотит-анортолит-пироксенит-габброноритовая ассоциации и синхронных с ними габбро-монциодоритовой и габбро-сиенитовой ассоциаций, связанные с мантийным плюмом, а затем и близких по возрасту гранитоидов (диорит-тоналит-плагиогранитная, тоналит-плагиогранитная, плагиогранитная и гранодиорит-гранитная ассоциации). На заключительной стадии наблюдается внедрение даек базитового состава (лампрофиров и др.), иногда с характерными mingling-структурами. Такая последовательность формирования в настоящее время установлена на примере Каахемского (Мажалыкский перидотит-пироксенит-габброноритовый и Зувовский габбро-монциодорит-граносиенитовый массивы) и Хамсаринского батолитов [2, 6, 9]. Обращает на себя внимание, что этапы формирования базитов и гранитоидов в этих очаговых ареалах, коррелируются с таковыми в других регионах АССО и Озерной зоне Западной Монголии [3, 8]. Такое площадное развитие габброидного и гранитоидного магматизма и неоднократное его проявление, свидетельствует не только о длительном существовании крупного мантийного очага (плюма), но и неоднократном (пульсационном) тепловом воздействии этого очага на нижнюю кору, инициировавшего масштабное гранитообразование на том или ином возрастном рубеже [5, 6, 8]. Причем каждый последующий этап такого воздействия мантийного очага на нижнюю кору, выражался в более масштабном выплавлении андезитоидных и К-андезитоидных магм (максимум которого приходится на поздний ордовик) и, «запечатавших» более ранние реликты, останцы и массивы в Каахемском, Восточно-Таннуольском и других очаговых ареалах и, придавшие им форму батолитов на современном эрозионном срезе. Пульсационный характер магматизма, отразившийся в повторении ряда «пикритоиды – андезитоиды – К-андезитоиды» сейчас выявлен не только в Восточной Туве, но и в других районах Центральной Азии, что предполагает единый механизм батолитообразования. Предполагается, в кембро-ордовике этот механизм обусловлен одновременным действием двух факторов: 1) длительным существованием мантийного очага (плюма), 2) неоднократным вскрытием кровли этого очага в результате возобновления активности трансформных сдвигов вдоль окраины Сибирского континента.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума СО РАН (интеграционный проект ОНЗ № 10.2) и Совета при Президенте РФ (НСИ-2715.2008.5).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Изох Э.П.* Габбро-гранитные плутонические серии как индикатор глубинных процессов // *Кора и верхняя мантия Земли*. М.: Наука, 1975. С. 35-37.
2. *Изох А.Э., Поляков Г.В., Гибшер А.С. и др.* Высокоглиноземистые расслоенные габброиды Центрально-Азиатского складчатого пояса: геохимические особенности, Sm-Nd изотопный возраст и геодинамические условия формирования // *Геология и геофизика*. 1998. Т. 39. № 11. С. 1565-1577.
3. *Изох А.Э., Поляков Г.В., Кривенко А.П.* Ультрабазит-базитовый магматизм кембро-ордовикского этапа Алтае-Саянской складчатой области и связанная с ним металлогения // *Тез. докл. Тектоника и металлогения Центральной и Северо-Восточной Азии*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, Филиал «ГЕО», 2002. С. 88-89.
4. *Монгуш А.А., Ковач В.П., Сальникова Е.Б. и др.* Раннекембрийская вулканоплутоническая ассоциация хр. Восточный Танну-Ола (Тува): геология, геодинамическая позиция // *Тез. докл. Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)*. Иркутск: Изд-во Института земной коры СО РАН, 2006. Т. 2. С. 41-44.
5. *Руднев С.Н., Владимиров А.Г., Пономарчук В.А. и др.* Раннепалеозойские гранитоидные батолиты Алтае-Саянской складчатой области (латерально-временная зональность и источники) // *Доклады РАН*. 2004. Т. 396. № 3. С. 369-373.
6. *Руднев С.Н., Владимиров А.Г., Пономарчук В.А. и др.* Каахемский полихронный гранитоидный батолит (В. Тува): состав, возраст, источники и геодинамическая позиция // *Литосфера*. 2006. № 1. С. 30-42.
7. *Руднев С.Н., Дистанова А.Н., Лебедев В.И. и др.* Возраст, состав и геодинамические условия формирования гранитоидов Восточно-Таннуольского батолита (Тува) // *Тез. докл. Геодинамическая эволюция*

литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2008. Вып.6. Т. 2. С. 68-70.

8. Руднев С.Н., Изох А.Э., Ковач В.П. и др. Возраст, состав, источники и геодинамические условия формирования гранитоидов северной части Озерной зоны Западной Монголии: механизмы роста палеозойской континентальной коры // *Петрология*. 2009. Т. 17. № 5.

9. Сотников В.И., Пономарчук В.А., Шевченко Д.О. и др. Аксугское порфировое месторождение в Северо-Восточной Туве: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ геохронология, источники вещества // *Геология и геофизика*. 2003. Т. 44. № 11. С. 1119-1132.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРИРОДУ ПЛАТИНОНОСНОГО ПОЯСА УРАЛА

Русин А.И., Русин И.А., Краснобаев А.А.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

e-mail: rusin @igg.uran.ru

NEW INTERPRETATION OF THE URALS PLATINUM-BEARING BELT NATURE

Rusin A.I., Rusin I.A., Krasnobayev A.A.

Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia

e-mail: rusin @igg.uran.ru

The lack of harzburgites as an obligatory element of oceanic lithosphere makes difficult to consider the Urals Platinum-bearing belt as a result of sub-oceanic processes. The sum total data analysis suggested a formation of main Platinum-bearing rock associations as a dry plume underplating in the continental rifting conditions. The exhumation of massifs and including them in the Tagil zone are connected with post-collision events.

Представления о природе Платиноносного пояса и слагающих его плутонических мафит-ультрамафитовых пород настолько многообразны, что, казалось бы, всякие возможности появления новых трактовок уже исчерпаны. На ранних этапах изучения массивов пояса были предложены и сохраняются до настоящего времени [2, 4, 5, 9, 11 и др.] различные модели, обосновывающие магматический, метасоматический и «комбинированный» способ образования главных породных ассоциаций. Все они имеют вероятностный характер и основываются в большинстве своем на типовых схемах развития магматических и метаморфических (метасоматических) процессов. В трансформистских построениях упор делается на свидетельства ясно выраженного преобразования пород (полосчатые и порфирокластические текстуры, наличие постепенных переходов и др.). Магматические гипотезы использует метод «снятия метаморфизма» и предположения о возможных путях дифференциации гипотетического базитового или верлитового расплава. Такие подходы приводят к неадекватным трактовкам генезиса одних и тех же типов пород. Дуниты рассматриваются как «отторженцы» субконтинентальной либо субокеанической мантии, продукты докристаллизационной либо фракционной дифференциации. Кумулятивный генезис предполагается для пироксенитов и оливиновых габбро, а альтернативой ему служит представление о метасоматическом формировании пироксенитов по дунитам или вулканитам, а оливин-анортитовых габбро по габбро-норитам. Эти и другие гипотезы основываются на геологических наблюдениях, большинство из которых было сделано в прошлом веке, с обязательным домысливанием в соответствии с авторскими воззрениями. В то же время, некоторые общеизвестные фундаментальные наблюдения оказываются недооцененными и часто не учитываются в модельных реконструкциях.

Отсутствие в массивах Платиноносного пояса гарцбургитов послужило основанием для подразделения перидотитовой формации Урала на дунит-гарцбургитовую (офиолитовую) и дунит-пироксенит-габбровую (платиноносную) ассоциации, формирование которых стали связы-