

ГРАНИТОИДНЫЙ МАГМАТИЗМ РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ОРОГЕНОВ

А.Н. Дистанова

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптога, 3, Россия*

Рассмотрена специфика глобальных проявлений раннепалеозойского гранитообразования Центрально-Азиатского подвижного пояса (ЦАПП) и ряда других орогенных областей мира. В основу работы положены результаты личных исследований автором раннепалеозойских гранитоидов Алтае-Саянской и Западно-Забайкальской орогенных областей, а также обширные литературные данные по другим провинциям мира. При этом особое внимание обращено на масштабы гранитоидного магматизма в раннем палеозое, геодинамические условия, периодичность и стадийность его проявления, эволюцию состава во времени и латеральную изменчивость в разнотипных структурах, соотношение с крупными изверженными провинциями (LIP) и, соответственно, сопряженность с мантийными плюмами и суперплюмами.

Глобальный, раннепалеозойское гранитообразование, мантийные плюмы и суперплюмы, крупные магматические провинции мира.

GRANITOID MAGMATISM OF EARLY PALEOZOIC OROGENS

A.N. Distanova

Global manifestations of Early Paleozoic granite formation in the Central Asian Mobile Belt and some other orogenic areas worldwide are considered. The work is based on the author's studies of Early Paleozoic granitoids from the Altai–Sayan and West Transbaikalian orogenic areas as well as abundant literature data on other world provinces. Special attention is paid to the scales of granitoid magmatism in the Early Paleozoic, its geodynamic settings, periods, and stages, compositional evolution over time, lateral variability in structures of different types, relationship with LIPs, and, correspondingly, connection with mantle plumes and superplumes.

Global, Early Paleozoic granite formation, mantle plumes and superplumes, large igneous provinces

ОБЩИЙ ОБЗОР ШИРОКОМАСШТАБНОГО ГРАНИТОИДНОГО МАГМАТИЗМА В РАННЕМ ПАЛЕОЗОЕ

Анализ геодинамических обстановок развития гранитоидных ареалов в каледонских складчатых поясах показывает, что их формирование в основном было приурочено ко времени закрытия рифей-палеозойских палеоокеанов и связано со сдвиговой транспрессионной коллизией новообразованных орогенов, окраин кратонов и микроконтинентов. В этих областях планетарные венд-раннекембрийские процессы спрединга в океанах и окраинных морях сменились с середины кембрия сжатием, орогенезом и коллизией. Они сопровождалась метаморфизмом и гранитоидным магматизмом, носившими глобальный характер.

В геологической литературе последних лет имеется немало свидетельств раннепалеозойского гранитоидного магматизма [Franz, Lucassen, 2005; Gamkrelidze, Shengelia, 2007; Романовский и др., 2008; Alibon et al., 2010]. Как показано Н.Л. Добрецовым [2003, 2011б], синхронизации этих событий в пределах Палеоазиатского океана в периоды около 485 (ранний ордовик) и 465 (средний ордовик, шкала 2004 г.) млн лет способствовал один из крупнейших этапов перестройки и закрытия океана, связанный с проявлением суперплюма. Считается, что зарождение и развитие суперплюмов способствовали активным магматическим процессам и их синхронизации в глобальном масштабе.

Раннепалеозойская эпоха гранитообразования охватывает продолжительное время, начавшись в позднем кембрии и продолжаясь в течение ордовика и силура. Сосредоточение масштабного гранитоидного магматизма в этом интервале отмечается на примерах ряда складчатых областей Центрально-Азиатского, Британо-Скандинавского, Австралийского и других поясов [Хаин, 2001; Добрецов, 2003; Летников, Савельева, 2006; Добрецов, Буслов, 2007]. Раннеордовикские деформации сжатия, связанные с коллизией и сдвиговыми перемещениями, сопровождаемыми гранитоидным магматизмом, широко проявились в конце кембрия—начале ордовика в Северной Шотландии, Норвегии, Австралии, ЦАПП и в Аппалачах [Pankhurst, Pidgeon, 1976; Хаин, Сеславинский, 1991; Foster et al., 1999; Хаин, 2001]. Позднеордовикское гранитообразование, связанное с таконским орогенезом, происходило в Австралии, Север-

ной Шотландии и в ЦАПП [Серых, 1982; Хаин, 2001; Barnes et al., 2002]. Следующий этап орогенеза («бенамбранское сжатие») и сопровождающего его гранитообразования охватывал ордовик—силур Тасманского пояса Австралии, Южные Анды [Maas et al., 2001]. Явления широкомасштабного гранитоидного магматизма в это время имели место и в ряде районов Евразии.

Почти все примеры раннепалеозойских гранитоидных ареалов в каледонидах мира указывают на однотипные отношения гранитоидного и предшествующего ему базитового магматизма. Расслоенные интрузии ультрамафитов и габбро предварают ордовикские коллизионные граниты (460—454 млн лет) в ЦАПП, Норвегии, Шотландии и других районах [Pankhurst, Pidgeon, 1976; Hutton, 1988; Поляков, Изох, 2003]. О роли мантийных процессов в становлении силурийских гранитоидов коллизионно-сдвиговых обстановок Шотландии свидетельствуют, кроме того, включения в гранитах аппинитов — вещественных аналогов лампрофиров, и многочисленные лампрофировые дайки в гранитоидных плутонах. Признаки переработки базитовых пород гранитоидами проявляются в виде реликтов основного зонального плагиоклаза и рестиговых орто- и клинопироксенов, например, в раннепалеозойских гранитоидах S- и I-типов Лакланского пояса Австралии [Whallen, Chappel, 1988]. Раннепалеозойские догранитные базитовые интрузии ЦАПП широко проявлены и изучены в Кузнецком Алатау, Кембросаяне, Восточной Туве [Поляков, 1971; Поляков, Богнибов, 1979; Изох и др., 2003]. Распространены они также и в Западно-Забайкальской орогенной области [Дистанова, 1975, 1978, 1982; Гордиенко, 1987; Гордиенко и др., 2006, 2007; Гордиенко, Миронов, 2008]. Во всех случаях базиты изменяются и перерабатываются гранитами. Как уже отмечалось, синхронизация ордовикского гранитоидного и базитового магматизма подчеркивается Н.Л. Добрецовым [2003] как доказательство совмещения во времени и пространстве коллизионного гранитоидного и предшествующего ему мантийного плюмового магматизма. Следует заметить, что известны редкие случаи и обратных соотношений базитового и гранитоидного магматизма. Так, в Норвежском ордовик-силурийском батолите Биндал базитовый магматизм проявлен как постколлизионный. С ним связан повторный диатексис вмещающих граниты толщ докембрия [Barnes et al., 2002].

Совокупность данных о проявлении раннепалеозойских гранитоидов в различных районах мира в связи с развитием процессов плюмового магматизма позволяет выделять ордовик-силурийскую эпоху формирования крупных изверженных провинций с гранитоидами батолитового типа [Добрецов, 2003; Izokh et al., 2007; Врублевский и др., 2009]. Рассмотрим это на примерах некоторых гранитоидных ареалов Центрально-Азиатского подвижного пояса.

В гранитоидных ареалах Казахстанско-Тяньшанской складчатой области [Хаин, Сеславинский, 1991; Шатагин, 1994] главная масса гранитоидных плутонов имеет ордовикский возраст. В Центральном Казахстане в островодужных зонах распространены массивы крыккудукского комплекса, сложенные кварцевыми диоритами и существенно-плагиоклазовыми гранитами, с дополнительными интрузиями гранитов, жильными лейкогранитами, нередко с основными и среднеосновными дайками второго этапа. Гранитоидам в Степнякской островной дуге предшествуют габброидные интрузии [Коптев-Дворников, 1953; Серых, 1982; Дегтярев, Рязанцев, 2007].

Аналоги крыккудукского комплекса известны и на Южном Урале, относящемся к островодужным образованиям на окраине Казахстанского палеоконтинента. Исследователями подчеркивается, что тоналит-грандьемитовая островодужная серия Южного Урала принадлежит к общемировому каледонскому тектономагматическому циклу [Самаркин, Самаркина, 1994].

В Кокчетавской глыбе Центрально-Азиатского подвижного пояса описан крупный (около 2000 км²) Зерендинский батолит, образованный в три стадии, отвечающие O, S, D [Серых, 1982; Шатагин, 1994]. Петрогеохимические особенности состава этих гранитоидов, особенно гранитов поздних стадий, свидетельствуют о существенном влиянии на внутриплитные процессы плюмового магматизма [Летников, 2005; Летников, Савельева, 2006]. Аналогичные глубинные корово-мантийные системы каледонского возраста проявлены в Приольхонском террейне докембрия Западного Прибайкалья [Летников, Савельева, 2006]. Многократные процессы гранитизации воздействовали на метаморфические толщи Приольхонья в интервале времени 485—440 млн лет и сопровождались привнесом Ti, K, Rb, Ba, Zr, и многих других редких и рассеянных элементов.

Явления, сходные с процессами гранитообразования в Приольхонье, описаны С.А. Уайлдом [1995] для силурийского (435—424 млн лет) комплекса гранитоидов, диоритов и габбро Глен-Леднок в зоне крупного краевого разлома Хайленд в Шотландии. Комплекс Глен-Леднок представлен габбро-диоритами и монцодиоритами (с ксенолитами метаморфизованных вмещающих толщ корунд-шпинелевого состава), а также гранитами. Последние отнесены С.А. Уайлдом к анатектитам, образованным на контактах габброидов и монцодиоритов с вмещающими толщами моласс силурийского возраста.

Во всех рассмотренных примерах выдерживается аналогичная последовательность событий. В позднем кембрии—ордовике в связи с активными импульсами сжатия происходили процессы метаморфизма и гранитообразования. Более поздний таконский орогенез (O₂—O₃) и следующая за ним эпоха

позднеордовикского гранитообразования проявились в Австралии, Северной Шотландии и в ЦАПП на фоне столкновений островных вулканических дуг с окраинами континентов и микроконтинентами. В ЦАПП деформации, вызванные столкновениями вулканических дуг Северного Казахстана с Северо-Тяньшанским микроконтинентом и Казахско-Киргизским континентом, обусловили мощное гранитообразование в Центральном Казахстане и в Северном Тянь-Шане [Хаин, 2001]. В европейских каледонидах этот орогенез был приурочен ко времени столкновения континентов Лаврентии, Балтики и Гондванского микроконтинента Авалонии [Хаин, 2001]. В каледонидах Алтае-Саянской орогенной области формирование гранитоидных ареалов происходило в связи с длительными (с конца кембрия и до силура) последовательными процессами, протекавшими вплоть до столкновения островных дуг, микроконтинентов и окраины Северо-Азиатского кратона [Дистанова, Телешев, 2005].

Более детально эпохи гранитообразования и его эволюция в раннем палеозое могут быть рассмотрены на примере Алтае-Саянской орогенной области (АСОО), Северного Казахстана, Северного Тянь-Шаня и Западно-Забайкальской орогенной области.

РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИЙ ГРАНИТОИДНЫЙ МАГМАТИЗМ ОСТРОВОДУЖНЫХ СИСТЕМ АСОО

Алтае-Саянская орогенная область, являющаяся частью протяженного Центрально-Азиатского подвижного пояса, состоит из блоков Северо-Азиатского палеоконтинента, слагающих его континентальную окраину, и примыкающих к ней островодужных и аккреционно-коллизийных зон. Эти структуры включают обширные ареалы раннепалеозойских гранитоидов Кузнецкого Алатау, Восточного Таннуола, Кембросаяна, Хамсаринской зоны Восточной Тувы и др. [Руднев, 2010; Руднев и др., 2012]. Образование крупных гранитоидных ареалов происходило в условиях косоугольного сжатия в связи с длительными (с конца кембрия и до конца силура) аккреционно-коллизийными и коллизийно-сдвиговыми процессами, сопровождавшими столкновения разнородных геоструктур [Владимиров и др., 1999]. Механизм гранитообразования в Алтае-Саянской области определялся этими сдвиговыми движениями, формировавшими орогену шотландского типа.

В составе раннепалеозойских гранитоидных ассоциаций Алтае-Саянской области в островодужных системах развивались ареал-плутоны гранитоидов повышенной основности диорит-тоналитового или диорит-гранодиоритового состава (мартайгинский, лебедской, ольховский, таннуольский комплексы). В их формировании значительную роль играли процессы взаимодействия глубинных магм с вмещающими осадочно-вулканогенными (существенно-андезитобазальтовыми) толщами кембрия и с прорывающими их, но предшествующими гранитоидам ультрамафит-мафитовыми интрузиями. Активное участие в гранитообразовании мантийного магматизма связывается с активизацией разломов глубокого заложения [Кузнецов, 1966, 1970; Кузнецов, Изох, 1969]. Состав и условия формирования мезоабиссальных субавтохтонных ареал-плутонов Алтае-Саянской области рассмотрены во многих публикациях. Их возраст отвечает E_3 — O_1 и O_1 с максимумом возрастных дат в интервале 490—470 млн лет. Особенностью этих гранитоидных ассоциаций являются ареалы катаклазированных и метасоматизированных (диоритизированных) метавулканических и осадочных пород и предшествующих гранитоидам ультрамафит-мафитовых интрузий [Кузнецов и др., 1971; Поляков и др., 1977; Поляков, Богнибов, 1979; Дистанова, 1981, 1984; Дистанова, Телешев, 2005]. Детальные исследования таких комплексов показывают, что гранитообразование в значительной степени стимулировалось не только глубинными водно-щелочными флюидами, связанными с зонами субдукции [Кузнецов, 1966, 1970], но и влиянием предшествующего ультрамафит-мафитового магматизма, связанного с зарождением и развитием мантийного плюма [Добрецов, 2003; Изох и др., 2005; Izokh et al., 2007].

Примером наиболее хорошо изученной гранитоидной ассоциации островодужных структур могут служить плутоны таннуольского комплекса в Бурен-Ондумской блоковой зоне Восточной Тувы. В бассейне р. Каа-Хем существенно-натровые гранитоиды повышенной основности (кварцевые диориты, тоналиты и плагиограниты) приурочены к островодужным структурам, выполненным кембрийскими осадочными и вулканогенными (дацитобазальтовыми) толщами и прорывающими их ультрабазит-базитовыми интрузиями предгранитного мажалькского комплекса [Поляков, Богнибов, 1979; Руднев и др., 2006]. В составе таннуольского комплекса в виде небольших дополнительных интрузий встречаются двуполевошпатовые граниты; завершающими являются немногочисленные тела лейкогранитов жильной серии.

В соседней, расположенной северо-восточнее Каа-Хемской, приразломной зоне Восточной Тувы базитовые интрузии мажалькского комплекса и более ранние актовракские гипербазиты прорываются тоналитами, диоритами и дайковыми плагиоклазовыми гранитами Тапсинского и Караосского массивов таннуольского комплекса [Дистанова, 1984]. Возраст апогабброидных гранитоидов таннуольского комплекса Бурен-Ондумской зоны Тувы отвечает, по последним изотопным данным [Руднев и др., 2006], раннему ордовики (473—484 млн лет).

ГРАНИТОИДНЫЕ АССОЦИАЦИИ АКТИВНОЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЫ В АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ОРОГЕННОЙ ОБЛАСТИ

Раннепалеозойские гранитоидные ассоциации повышенной щелочности АСОО приурочены к структурам активной континентальной окраины (АКО) Северо-Азиатского континента, которые характеризуются существенно-карбонатным осадконакоплением в протерозое и раннем кембрии, наличием моласс и блоков древних микроконтинентов. Такие структуры известны в восточной части Кузнецкого Алатау, в восточной окраине Бурен-Ондумской и в Каргинской зонах Восточной Тувы, а также в соседних с ней структурах Протеросаяна. Формирование АКО происходило в Алтае-Саянской области в течение венда—силура (620—410 млн лет) [Дистанов и др., 2006]. Как и в островодужных зонах каледонид, гранитоидам предшествовали ультрамафит-мафитовые интрузивы, иногда также обнаруживающие, как и граниты, признаки повышенной щелочности.

Гранитоиды повышенной щелочности АКО прорывают карбонатные, вулканогенно-осадочные и стабильные жесткие блоки турбидитовых отложений венда—кембрия. Долгое время эти структуры отошли к докембрийским, активизированным в среднем или раннем палеозое. В настоящее время они рассматриваются с позиций плитной тектоники как образования АКО Северо-Азиатского континента [Берзин, Кунгурцев, 1996; Дистанов и др., 2006]. В них формировались варьрующие по возрасту (от E_3 — O_1 до S) ареалы гранитоидных плутонов повышенной щелочности, сложенные двуполевошпатовыми гранитами и лейкогранитами, иногда с участием пертитовых лейкогранитов, щелочных и нефелиновых сиенитов [Кузнецов и др., 1971; Пономарева, 1987]. В Восточном Саяне гранитоиды этого типа слагают беллыкский, кутурчинский, бугульминский и другие комплексы в крупных сдвиговых зонах типа Главного Саянского разлома [Берзин, 2002; Добрецов, 2003]. Непосредственными предшественниками гранитоидов в этих ареалах неизменно являются, как и в островодужных зонах, дифференцированные ультрабазит-базитовые интрузии.

Раннепалеозойские гранитоиды АКО в Кузнецком Алатау. Наиболее крупные ареалы гранитоидов повышенной щелочности (Туимский, Уйбатский, Саксырский плутоны) представлены в Алтае-Саянской орогенной области улень-туимским гранитоидным комплексом Батеневской зоны восточного склона Кузнецкого Алатау, слагающей вместе с Беллыкским поднятием Центрально-Енисейский свод. К этому же комплексу относятся [Кузнецов и др., 1971] гранодиорит-гранитовые плутоны восточного склона хр. Тигертыш (Тигертышский и Саралинский), расположенные в пределах Центрально-Енисейского поднятия, фундамент которого относится в настоящее время к докембрийскому «Томскому микроконтиненту» [Берзин, 2002; Дистанов и др., 2006]. По возрасту и составу гранитов главной и жильной лейкогранитовой фаций Тигертышский и Саралинский плутоны мало отличаются от других гранитоидных массивов улень-туимского комплекса [Кузнецов и др., 1971]. Различия сводятся к крайне незначительному сравнительно с другими плутонами проявлению сиенитоидов.

K-Ar, Rb-Sr и U-Pb датировки раннепалеозойских гранитоидов АКО варьируют от раннепозднеордовикских (граносиениты, сиенит-диориты Уйбатского плутона) до среднепозднеордовикских (беллыкский комплекс) и ордовик-силурийских (бугульминский и буюдзюльский комплексы) [Берзина и др., 1994, 2011]. Немногочисленные данные о геологическом возрасте Тигертышского и Саралинского плутонов отвечают E_3 —S, O_3 —S и S. В совокупности все имеющиеся данные указывают на длительность процесса раннепалеозойского гранитообразования данного типа, однако не исключено и «омоложение» части датировок в связи с несовершенством методик. В целом же данные о возрасте рассмотренных гранитоидов соответствуют ордовикско-силурийским и силурийским этапам глобальных циклов каледонского гранитообразования.

О вероятной связи раннепалеозойских гранитоидов ЦАПП с внутриплитным магматизмом свидетельствует состав предшествующих им базитов когтахского типа. В частности, это согласуется с повышенной щелочностью (в том числе калиевостью) и титанистостью когтахских габброидов [Кривенко и др., 1979]. С деятельностью мантийного плюма логично связывать и уникальные, установленные в Уйбатском и Саксырском плутонах Батеневской зоны, проявления щелочного высокотемпературного метасоматоза догранитных габбро с образованием различных по составу сиенитоидов, включая нефелинсодержающие их разновидности [Сергеева, Кузнецов, 1971; Сергеева, 1975; Довгаль и др., 1975; Поляков, Богнибов, 1979; Пономарева, 1987]. Сиенитоидные парагенезы сопровождаются характерными щелочно-полевошпатовыми антипертитовыми жилами и жильными метасоматическими породами типа святоносителей (с меланитом, цирконом, ортитом и апатитом), а также другими метасоматическими образованиями повышенной щелочности. Метасоматиты аналогичны докембрийским породам конкудеро-мамаканского комплекса гранитов, сиенитов, щелочных сиенитов и святоносителей в Северо-Байкальской провинции, в формировании которого решающая роль отводится взаимодействию мантийных потоков с коровым протолитом [Левицкий и др., 2003]. Устойчиво высокая окисленность железа в щелочных метасоматитах Уйбатского и Саксырского плутонов указывает, по мнению А.П. Пономаревой [1987], на высокую активность кислорода при их образовании.

Таким образом, после образования базитовых плутонов повышенной щелочности в позднем кембрии и ордовике в Кузнецко-Алатауском блоке континентальной окраины в результате деятельности магмообразующих водно-щелочных флюидов [Кузнецов и др., 1971] сначала формировались гранит-сиенитовые плутоны, позже на них и на предшествующие им базиты наложился процесс высокотемпературного щелочного метасоматоза. Порфириовидные граниты и лейкограниты второй стадии развития гранитоидных плутонов (Уйбатского, Саксырского и др.) нигде зонами послемагматического щелочного метасоматоза не пересекаются [Кузнецов, Сергеева, 1971; Пономарева, 1987], что свидетельствует о более позднем их образовании.

К гранитоидным ассоциациям, сформированным на окраине Северо-Азиатского континента, принадлежат также ареалы гранитоидов повышенной щелочности Саяно-Тувинского нагорья. В восточной части Бурен-Ондумской зоны каледонид, а также в пределах Агойского выступа байкалид и в Каргинской зоне Восточной Тувы в карбонатных толщах и сланцах раннего кембрия и протерозоя известны обширные ареалы гранитоидов повышенной щелочности. Они сложены гранодиоритами, двуполевошпатовыми гранитами, иногда граносиенитами и сиенит-диоритами, лейкогранитами и щелочными гранитами. Долгое время эти крупнейшие, в тысячи квадратных километров, ареал-плутоны традиционно относились к девонскому брельскому комплексу. Однако отсутствие бесспорных геологических доказательств этого и накопление все большего числа противоречащих такой интерпретации надежных изотопных датировок заставляет признать, что значительная, если не подавляющая, часть их имеет раннепалеозойский, а не девонский возраст [Дистанова, 1984; Телешев, 1984]. Радиологические датировки этих гранитоидов часто неотличимы, находясь в пределах ошибки, от возраста гранитоидов таннуольского комплекса [Руднев и др., 2006]. Тем самым в еще большей степени расширяются масштабы раннепалеозойского гранитоидного магматизма ЦАПП.

Граниты главной фазы содержат и здесь реликты измененных сланцев и вулканитов вмещающих свит. Они имеют при этом местами повышенную основность состава, такситовое и гнейсовидное сложение и содержат порфиробласты калиевого полевого шпата. В Каргинском ареале и в массивах Агойского выступа в составе пород главной фазы присутствуют биотит-роговообманковые гранодиориты и калишпатсодержащие кварцевые диориты, местами сменяющиеся кварцевыми сиенит-диоритами с многочисленными останцами в разной степени преобразованных вмещающих сланцев. Жильные лейкограниты Восточно-Казахстанских ареал-плутонов имеют существенно-калишпатовый состав [Телешев, Дистанова, 1983].

Важной особенностью Брельского и Каргинского плутонов являются признаки повышенной щелочности и в предшествующих гранитам базитах. Так, наиболее крупный (около 100 км²) предгранитный расслоенный массив р. Ханга [Поляков, Богнибов, 1979] сложен плагиоперидотитами, пироксенитами, габбро-анортозитами, габбро-норитами и оливиновыми габбро-норитами, среди которых распространены обогащенные апатитом разновидности биотит-пироксеновых диоритов, а также керсутитсодержащие плагиоперидотиты, оливиновые габбро и габбро-нориты, аналогичные породам когтахского комплекса в Кузнецком Алатау. Сходство состава гранитоидов Восточной Тувы и кузнецко-алатауской части Центрально-Енисейского поднятия позволяет предполагать близость условий их образования.

Однотипные с восточно-тувинскими раннепалеозойские гранитоидные ассоциации повышенной щелочности известны также в соседних структурах Протеросаяна и Западного Забайкалья [Дистанова, 1982; Телешев, Дистанова, 1983]. В Восточном Саяне это бугульминский комплекс зоны Главного разлома (486—452 млн лет) [Воронцов, 1972], кутурчинский сиенит-граносиенит-гранитовый комплекс на северо-западе [Яшук, 1971] с возрастом 460—493 млн лет, а также буюдзульский и беллыкский комплексы восточной части Енисейского свода.

Раннепалеозойские гранитоидные ассоциации Юго-Западного Забайкалья. Раннепалеозойские гранитоиды Юго-Западного Забайкалья [Дистанова, 1975, 1978] во многом подобны рассмотренным выше гранитоидным ассоциациям АСОО. Они представлены джидинским комплексом субавтохтонных, как и в АСОО, массивов гранитоидов повышенной основности, которые прорывают островодужные андезитобазальтовые и осадочные толщи нижнего кембрия и содержат останцы предшествующих гранитоидам раннепалеозойских базитов офиолитового и островодужного типов [Гордиенко и др., 2007].

Наиболее значительные по размерам Модонкульский (200 км²) и Шараазаргинский (150 км²) массивы этого комплекса сложены преимущественно кварцевыми диоритами и тоналитами с участием гранодиоритов и существенно-плагиоклазовых гранитов. Они прорваны более поздними интрузивами среднепозднепалеозойского граносиенит-гранитового (дабанского) комплекса, принадлежащего к финальной стадии формирования палеозойд в складчатом обрамлении Сибирского кратона [Гордиенко, Миронов, 2008]. U-Pb возраст (504 млн лет) гранитоидов джидинского комплекса [Гордиенко и др., 2006] соответствует среднему кембрию. Гранитоидам предшествуют, как и в АСОО, раннепалеозойские габброиды, претерпевшие изменения и переработку под воздействием гранитоидов. Более поздняя [Дистанова, 1975] тоналитовая интрузия, связанная со сдвиговыми зонами преддугового бассейна, принадле-

жит к самостоятельному среднеордовикскому последжидинскому комплексу. По новейшим данным [Гордиенко и др., 2012], возраст этих гранитоидов (от 490 ± 2 до 477 ± 6 млн лет) соответствует позднему кембрию—раннему ордовику, а их формирование связывается с аккрецией океанических и островодужных структур и последующим палингенезом утолщенной континентальной коры разнородного (от офиолитов до флишевых отложений) состава [Gordienko, Mironov, 2007].

Авторы работ [Гордиенко, 1987; Гордиенко и др., 2007] относят формирование крупных массивов гранитоидов раннего—среднего кембрия Джидинской зоны Забайкалья ко времени образования островной дуги. Подобные гранитоиды сопоставляются со сходными островодужными типами гранитоидов Таннуольско-Хамсаринской и Северо-Монгольской областей каледонид. Сходство и одновременность проявления раннепалеозойского гранитоидного магматизма Западного Забайкалья, Северной Монголии и Восточной Тувы отмечались уже ранее рядом исследователей. Ранее двухэтапность раннепалеозойского гранитоидного магматизма была выявлена для Кобдинской зоны, а также для тохтогеншильского комплекса Северной Монголии [Dumicz et al., 1969], являющегося самым близким возрастным и формационным аналогом жидинского комплекса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Раннепалеозойский гранитоидный магматизм крупных провинций был приурочен ко времени закрытия палеоокеанов, сменившего процессы спрединга в океанах на обстановки сжатия, коллизии и орогенеза [Добрецов, 2003]. Коллизия орогенных структур с окраинами кратонов, микроконтинентами и островными дугами и интенсивные сдвиговые деформации обусловили широкомасштабные проявления метаморфизма и гранитоидного магматизма в виде многочисленных мегаареалов раннепалеозойских гранитов во многих каледонских поясах мира.

Глобальная ордовик-силурийская эпоха формирования крупных магматических провинций мира была связана, по Н.Л. Добрецову [2011а], с мантийными плюмами и сочеталась с широкомасштабным многостадийным гранитоидным магматизмом, проявившимся в обстановке островных дуг и аккреционно-коллизионных структур. Как следует из приведенного выше обзора, такие явления отмечаются в раннем палеозое во многих орогенных областях (Центрально-Азиатский подвижный пояс, британо-скандинавские каледониды, Восточно-Австралийский складчатый пояс и др.). К таким орогенным областям относятся также каледониды Южно-Американских Анд и Антарктики [Alibon et al., 2010]. Главные особенности раннепалеозойского гранитообразования сводятся к следующему.

1. Глобальность и массовость проявления. Применительно к ЦАПП оценки масштабов этого магматизма возрастают на основе современных данных по меньшей мере вдвое в связи с переводом обширных ареалов анорогенных гранитов из среднего в ранний палеозой (бреньский, беллыкский, кутурчинский, бугульминский и другие комплексы).

2. Периодичность и многостадийность раннепалеозойского гранитоидного магматизма. Основные этапы перестройки и закрытия Мирового океана относятся к двум периодам: около 485 (ордовик) и 424—439 (силур) млн лет. Они соответствуют двум особенно крупным эпохам глобального гранитообразования в раннем палеозое.

3. Связь раннепалеозойского гранитоидного магматизма с разными геодинамическими обстановками (островодужной, активной континентальной окраины и др.) отражается в особенностях состава гранитоидных ассоциаций.

4. Сопряженность гранитоидного магматизма раннего палеозоя с мантийными плюмами. Об этом свидетельствуют временные соотношения гранитоидного и предшествующего ему базитового магматизма во многих орогенных областях мира, подтверждающая сопряженность процессов коллизионного гранитообразования и предшествующего ему мантийного плюмового магматизма, а также планетарность ордовик-силурийской эпохи формирования крупных изверженных провинций мира (LIP).

Происходившие в позднем кембрие—ордовике и затем в силуре—девоне крупные аккреционно-коллизионные процессы проявились также и на микроконтинентах гондванской группы, таких как Кокчетавский, Алтае-Монгольский, Тувино-Монгольский и др. Это привело к формированию протяженных Казахстано-Байкальского и др. орогенных поясов с обширными ареалами раннепалеозойского гранитоидного магматизма.

Данные о выделенных в свое время [Владимиров и др., 1999] единых крупных и сложных по составу ареалов гранитоидных масс с возрастом от кембро-ордовика до силура [Добрецов, Буслов, 2007; Добрецов, 2011б] указывают на связь с мантийным плюмом основной массы глобальных гранитоидных ареалов.

ЛИТЕРАТУРА

Берзин Н.А. Геодинамическая эволюция Алтае-Саяно-Енисейской складчатой области // Схемы межрегиональной корреляции магматических и метаморфических комплексов Алтае-Саянской складчатой области и Енисейского кряжа. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2002, с. 8—27.

Берзин Н.А., Кунгурцев Л.В. Геодинамическая интерпретация геологических комплексов Алтае-Саянской области // Геология и геофизика, 1996, т. 37 (1), с. 63—81.

Берзина А.П., Сотников В.И., Берзина А.Н., Гимон В.О. Особенности магматизма медно-молибденовых месторождений разных геодинамических обстановок // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (7—8), с. 235—251.

Берзина А.П., Берзина А.Н., Гимон В.О. Сорское Cu-Mo-порфировое месторождение (Кузнецкий Алатау): магматизм, влияние мантийного плюма на развитие рудно-магматической системы // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (12), с. 1974—1986.

Владимиров А.Г., Гибшер А.С., Изох А.Э., Руднев С.Н. Раннепалеозойские гранитоидные батолиты Центральной Азии: масштабы, источники и геодинамические условия формирования // ДАН, 1999, т. 369, № 6, с. 795—798.

Воронцов А.Е. Нижнепалеозойские гранитоиды бугульминского интрузивного комплекса и их главные геохимические особенности (центральная часть Восточного Саяна) // Геохимия редких элементов в магматических комплексах Восточной Сибири. М., Наука, 1972, с. 216—249.

Врублевский В.В., Изох А.Э., Поляков Г.В., Гертнер И.Ф., Юдин Д.С., Крупчатников В.И. Раннепалеозойский щелочной магматизм Горного Алтая: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -геохронологическое свидетельство комплекса Эдельвейс // ДАН, 2009, т. 427, № 1, с. 96—100.

Гордиенко И.В. Палеозойский магматизм и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса. М., Наука, 1987, 237 с.

Гордиенко И.В., Миронов А.Г. Геодинамическая и металлогеническая эволюция Забайкалья в позднем рифее—палеозое // Отечественная геология, 2008, № 3, с. 46—57.

Гордиенко И.В., Ковач В.П., Гороховский Д.В., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Яковлева С.З., Загорная Н.Ю., Федосеенко А.М., Плоткина Ю.В. Вещественный состав, U-Pb возраст и геодинамическая позиция островодужных габброидов и гранитоидов Джидинской зоны (Юго-Западное Забайкалье, Северная Монголия) // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (8), с. 956—962.

Гордиенко И.В., Филимонов А.В., Минина О.В., Горнова М.А., Медведев А.Я., Климух В.С., Елбаев А.Л., Томуртоого О. Джидинская островодужная система Палеоазиатского океана: строение и основные этапы геодинамической эволюции в венде—палеозое // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (1), с. 120—140.

Гордиенко И.В., Ковач В.П., Елбаев А.Л., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Резницкий Л.З., Яковлева С.З., Анисимова И.В. Возраст и условия формирования коллизионных гранитоидов Джидинской зоны Центрально-Азиатского складчатого пояса, Юго-Западное Забайкалье // Петрология, 2012, т. 20, № 1, с. 45—65.

Дегтярев К.Е., Рязанцев А.В. Модель кембрийской коллизии дуга—континент для палеозойд Казахстана // Геотектоника, 2007, № 1, с. 71—96.

Дистанов Э.Г., Борисенко А.С., Оболенский А.А., Сотников В.И., Лебедев В.И. Особенности металлогении полиаккреционной Алтае-Саянской орогенной области // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (12), с. 1257—1277.

Дистанова А.Н. Раннепалеозойский гранитоидный комплекс Джидинского района (Юго-Западное Забайкалье) // Раннепалеозойские гранитоидные формации Западного Забайкалья и Кузнецкого Алатау. Новосибирск, Наука, 1975, с. 49—122.

Дистанова А.Н. Формационный тип гранитоидов Купчинского плутона (Юго-Западное Забайкалье) // Вопросы магматической геологии Сибири. Новосибирск, Наука, 1978, с. 49—80 (Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 402).

Дистанова А.Н. Строение плутонов и особенности состава раннепалеозойских гранитоидов Каахемского района Восточной Тувы // Магматические комплексы складчатых областей юга Сибири. Новосибирск, Наука, 1981, с. 24—63 (Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 509).

Дистанова А.Н. Петрохимические особенности раннепалеозойских комплексов гранитоидов Восточной Тувы и Юго-Западного Забайкалья // Минералогия и петрохимия интрузивных комплексов Сибири. Новосибирск, Наука, 1982, с. 102—119 (Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 455).

Дистанова А.Н. Гранитоидные ассоциации раннего палеозоя Восточной Тувы // Плутонические формации Тувы и их рудоносность. Новосибирск, Наука, 1984, с. 107—135.

Дистанова А.Н., Телешев А.Е. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм каледонид Алтае-Саянской складчатой области (особенности проявления и эволюция) // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (8), с. 817—832.

Добрецов Н.Л. Эволюция структур Урала, Казахстана, Тянь-Шаня и Алтае-Саянской области в Урало-Монгольском складчатом поясе (Палеоазиатский океан) // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (1—2), с. 5—27.

Добрецов Н.Л. Основы тектоники и геодинамики. Новосибирск, Изд-во Новосиб. ун-та, 2011а, 492 с.

Добрецов Н.Л. Раннепалеозойская тектоника и геодинамика Центральной Азии: роль раннепалеозойских мантийных плюмов // Геология и геофизика, 2011б, т. 52 (12), с. 1957—1973.

Добрецов Н.Л., Буслов М.М. Позднекембрийско-ордовикская тектоника и геодинамика Центральной Азии // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (1), с. 93—108.

Довгаль В.Н., Богнибов В.И., Широких В.А. О главных факторах повышения щелочности пород раннепалеозойской формации гранитоидных батолитов Кузнецкого Алатау // Раннепалеозойские гранитоидные формации Западного Забайкалья и Кузнецкого Алатау. Новосибирск, Наука, 1975, с. 23—48.

Изох А.Э., Туркина О.М., Поляков Г.В. Этапы островодужного магматизма южного обрамления Сибирского кратона: проблема индикаторных магматических формаций // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы научного совещания по программе фундаментальных исследований (г. Иркутск, 20—23 октября 2003 г.). Иркутск, Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2003, с. 110—113.

Изох А.Э., Шелепаев Р.А., Лавренчук А.В., Бородин Е.В., Егорова В.В., Васюкова Е.А., Гладкочуб Д.П. Разнообразие кембро-ордовикских ультрабазит-базитовых ассоциаций Центрально-Азиатского складчатого пояса как отражение процессов взаимодействия плюма и литосферной мантии // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы научного совещания по программе фундаментальных исследований (г. Иркутск, 10—14 октября 2005 г.). Иркутск, ИЗК СО РАН, 2005, т. 1, с. 106—108.

Коптев-Дворников В.С. Явления гибридации на примерах некоторых гранитных интрузий палеозоя Центрального Казахстана // Тр. ИГН АН СССР. Вып. 148. Петрографическая серия. М., 1953, № 44, с. 112—155.

Кривенко А.П., Поляков Г.В., Богнибов В.И., Балыкин П.А. Габбро-монцодиоритовая формация Кузнецкого Алатау // Базитовые и ультрабазитовые комплексы Сибири. Новосибирск, Наука, 1979, с. 5—96.

Кузнецов Ю.А. О главных формах гранитоидного магматизма и механизме образования гранитоидных тел // Геология и геофизика, 1966 (6), с. 3—15.

Кузнецов Ю.А. Основные типы магмоконтролирующих структур и магматические формации // Геология и геофизика, 1970 (9), с. 3—24.

Кузнецов Ю.А., Изох Э.П. Геологические свидетельства интрателлурических потоков тепла и вещества как агентов метаморфизма и магмообразования // Проблемы петрологии и генетической минералогии. Т. 1. М., Наука, 1969, с. 7—20.

Кузнецов Ю.А., Богнибов В.И., Дистанова А.Н., Сергеева Е.С. Раннепалеозойская гранитоидная формация Кузнецкого Алатау. М., Наука, 1971, 351 с.

Левицкий В.И., Резницкий Л.З., Ковач В.П., Котов А.В., Конев А.А., Сандиминова Г.П., Елизарова М.В. Святоноситы — индикаторы внутриплитных обстановок в Байкальской провинции // Современные проблемы формационного анализа, петрология и рудоносность магматических образований (Тез. докладов Всероссийского совещания, г. Новосибирск, 16—19 апр. 2003 г.). Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003, с. 193—194.

Летников Ф.А. Геохимия гранитоидных комплексов полихронного Зерендинского плутона (Северный Казахстан) // Геохимия, 2005, № 7, с. 691—711.

Летников Ф.А., Савельева В.Б. Проявление процессов эндогенной флюидизации в Приольхонье // Иркутск, ИЗК СО РАН, 2006, с. 212—216.

Поляков Г.В. Палеозойский магматизм и железоруденение юга Средней Сибири. М., Наука, 1971, 308 с.

Поляков Г.В., Богнибов В.И. Раннепалеозойский перидотит-пироксенит-габброноритовый комплекс салаирид ЮВ Тувы // Базитовые и ультрабазитовые комплексы Сибири. Новосибирск, Наука, 1979, с. 118—126.

Поляков Г.В., Изох А.Э. Научное наследие академика Ю.А. Кузнецова и актуальные проблемы формационного анализа магматических образований // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (12), с. 1235—1242.

Поляков Г.В., Кривенко А.П., Богнибов В.И. Корреляция состава базитовых и гранитоидных комплексов раннего палеозоя в различных структурах салаирид АССО // Магматические формации Сибири. Новосибирск, Наука, 1977, с. 3—14.

Пономарева А.П. Высокотемпературный щелочной метасоматоз как причина и следствие формирования магматических формаций повышенной щелочности // Систематика магматических формаций. Новосибирск, Наука, 1987, с. 177—209.

Романовский Н.П., Малышев Ю.Ф., Горошко М.В. Палеозойский гранитоидный магматизм восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса и формирование крупных месторождений // Тихоокеанская геология, 2008, т. 27, № 2, с. 46—62.

Руднев С.Н. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озерной зоны Западной Монголии: Автореф. дис. ... д.г.-м.н. Новосибирск, ИГМ СО РАН, 2010, 32 с.

Руднев С.Н., Владимирова А.Г., Пономарчук В.А., Бибикина Е.В., Сергеев С.А., Магуков Д.И., Плоткина Ю.В., Баянова Т.Б. Казахский полихронный гранитоидный батолит (Восточная Тува): состав, возраст, источники и геодинамическая позиция // Литосфера, 2006, № 2, с. 3—33.

Руднев С.Н., Изох А.Э., Борисенко А.С., Шелепаев Р.А., Орихаша Ю., Лобанов К.В., Вишневский А.В. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Бумбатхаирханского ареала Озерной зоны Западной Монголии (геологические, петрохимические и геохронологические данные) // Геология и геофизика, 2012, т. 53 (5), с. 557—578.

Самаркин Г.И., Самаркина Е.И. Геодинамика развития гранитоидного магматизма эвгеосинклинальной зоны Южного Урала // ДАН, 1994, т. 336, № 5, с. 655—658.

Сергеева Е.С. Саксырский (Сырский) гранитоидный плутон (Кузнецкий Алатау) // Раннепалеозойские гранитоидные формации Западного Забайкалья и Кузнецкого Алатау. Новосибирск, Наука, 1975, с. 5—23.

Сергеева Е.С., Кузнецов Ю.А. Улень-туимский гранитоидный комплекс // Раннепалеозойская гранитоидная формация Кузнецкого Алатау / Ред. Ю.А. Кузнецов. М., Наука, 1971, с. 9—77.

Серых В.И. Гранитоидные комплексы Улатау-Кокчетавской зоны // Магматические комплексы Казахстана. Алма-Ата, Наука, 1982, с. 45—68.

Телешев А.Е. Возраст палеозойских гранитоидных ассоциаций Восточной Тувы и Восточного Саяна // Плутонические формации Тувы и их рудоносность. Новосибирск, Наука, 1984, с. 150—162 (Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 592).

Телешев А.Е., Дистанова А.Н. Типы палеозойских гранитоидных ассоциаций Восточной Тувы и их возраст // Петрология и рудоносность магматических формаций Сибири. Новосибирск, Наука, 1983, с. 183—198.

Уайлд С.А. Доказательства локального анатексиса в высокотемпературном контактовом ореоле диоритов интрузивного комплекса Глен-Леднок, Комри, Шотландия // Петрология, 1995, т. 3, № 3, с. 228—247.

Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов. М., Научный мир, 2001, 606 с.

Хаин В.Е., Сеславинский К.Б. Историческая геотектоника. Палеозой. М., Недра, 1991, 380 с.

Шатагин К.Н. Возраст и происхождение гранитоидов Зерендинского батолита в Северном Казахстане по результатам Rb-Sr изотопного исследования // ДАН, 1994, т. 336, № 5, с. 674—676.

Ящук В.И. Геологическое строение и условия образования Кутурчинского гранитоидного плутона (Восточный Саян) // Магматические формации Сибири и Дальнего Востока / Ред. Ю.А. Кузнецов. М., Наука, 1971, с. 214—223.

Alibon A., Cox S., Smillie R. Granitoids of the Dry Valleys area, Southern Victoria Land: geochemistry and evolution along the Early Paleozoic Antarctic Craton // New Zealand J. Geol. Geophys., 2010, p. 299—316.

Barnes C.G., Yoshinobu A.S., Prestvik T., Nordgulen O., Karlsson H.R., Sundvoll B. Mafic magma intraplatting: anatexis and hybridization in arc crust, Bindal Batholith, Norway // J. Petrol., 2002, v. 43, p. 2173—2190.

Dumicz M., Don Jorsy, Kozlovsky K. Granitoidy salairskie Altaju mongolskogo w regione Kobdo (Mongolia) // Rozn. Polsk. Towarz. Geol., 1969, v. 39, № 4, p. 609—635.

Hutton D.H.W. Igneous emplacement in a shear zone termination: the biotite granite at Strontian, Scotland // Geol. Soc. Amer. Bull., 1988, v. 100, № 9, p. 1392—1399.

Foster D.A., Gray D.R., Bucher M. Chronology of deformation within the turbidite-dominated Lachlan orogen: implications for the tectonic evolution of eastern Australia and Gondwana // Tectonics, 1999, v. 18, p. 452—485.

Franz G., Lucassen F. 600 Ma of crustal evolution in the Central Andes: a site of crustal growth or destruction at an active continental margin // 6th International Symposium on Andean Geodynamics (Barcelona), 2005, Extended abstracts, p. 281—285.

Gamkrelidze I.R., Shengelia D.M. Pre-Alpine geodynamics of the Caucasus, suprasubduction regional metamorphism and granitoid magmatism // Bull. Georgian National Acad. Sci., Tbilisi, 2007, v. 175, № 1, p. 57—65.

Gordienko I.V., Mironov A.G. Geodynamic and metallogenic evolution model of Riphean and Vend-Paleozoic island arcs, marginal volcano-plutonic belts and paleobasins in zone of Siberian continent and Paleo-Asian ocean interaction // Large igneous provinces of Asia, mantle plumes and metallogeny. Abstracts of the International Symposium. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2007, p. 21—24.

Izokh A.E., Polyakov G.V., Shelepaev R.A., Vrublevsky V.V., Egorova V.V., Lavrenchuk A.V., Borodina E.V. Early Paleozoic large igneous province of the Central Asia mobile belt // Large igneous provinces of Asia, mantle plumes and metallogeny. Abstracts of the International Symposium. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2007, p. 30—32.

Maas R., Nicholls I.A., Greig A., Nemchin A. U-Pb zircon studies of mid-crustal metasedimentary enclaves from the S-type Deddick Granodiorite, Lachlan Fold Belt, SE Australia // J. Petrol., 2001, v. 42, p. 1429—1448.

Pankhurst R.J., Pidgeon R.T. Inherited isotope systems and the source region pre-history of early Caledonian granites in the Dalradian Series of Scotland // Earth Planet. Sci. Lett., 1976, v. 31, Iss. 1, p. 55—68.

Whalen J.B., Chappell B.W. Opaque mineralogy and mafic mineral chemistry of I- and S-type granites of the Lachlan fold belt, Southeast Australia // Amer. Miner., 1988, v. 73, p. 81—296.

*Рекомендована к печати 14 августа 2012 г.
Г.В. Поляковъм*

*Поступила в редакцию
19 июня 2012 г.*