

минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель по специальности 25.00.03 «геотектоника и геодинамика» - Буслов Михаил Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий лабораторией геодинамики и магматизма (№ 212) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Объектами исследования являются комплексы базит-ультрабазитовых и метабазитовые породы Курайской аккреционной зоны в юго-восточной части Горного Алтая, среди которых наиболее детально рассмотрены следующие ассоциации: ультрабазиты Чаган-Узунского массива, базальтовый комплекс юго-восточной части Чаган-Узунских офиолитов, комплекс габбро-диабазовых даек в ультрабазитах Чаган-Узунского массива, гранатовые амфиболиты в блоках серпентинитового меланжа и в отдельных тектонических пластинах, безгранатовые амфиболиты и гранат-пироксен-амфиболовые породы.

Актуальность исследований.

Ассоциации, формирование которых связано с развитием древних океанов, являются реперами важнейших геологических процессов. Они привлекают к себе пристальное внимание в связи с созданием геодинамических моделей эволюции складчатых областей. В этом отношении большое значение имеют древние аккреционные зоны, развивавшиеся на активных континентальных окраинах и содержащие разнообразные комплексы пород океанического и островодужного происхождения. Фактически данные аккреционные ассоциации могут концентрировать в себе фрагменты объектов, формировавшихся как в условиях открытого океана (базит-гипербазитовые комплексы срединно-океанических хребтов и внутриплитных океанических островов), так и в субдукционных структурах (островодужные магматические, метаморфические и осадочные комплексы). В результате, исследования древних аккреционных комплексов позволяют наиболее полно реконструировать историю развития складчатых сооружений.

В связи с этим аккреционные ассоциации в складчатых областях привлекают к себе самое пристальное внимание исследователей [Зоненшайн и др., 1990; Берзин и др., 1994; Симонов и др., 1994; Диденко и др., 1994; Берзин, Кунгурцев, 1996; Буслов, Ватанабе, 1996; Добрецов и др., 2004, 2005; Буслов, 2011, 2014; Буслов и др., 2013; Senger et al., 1993; Buslov et al., 2002; Dobretsov et al., 2004; Buslov, Cai, 2017].

В целом офиолитовые палеоокеанические базит-ультрабазитовые комплексы рассматриваются в огромном количестве публикаций [Пинус и др., 1958, 1984; Пейве и др., 1977; Петрология и метаморфизм ... , 1977; Савельев, Савельева, 1977; Колман, 1979; Офиолиты, 1981; Рифейско-нижнепалеозойские ... , 1985; Складчатые и др., 2016; Савельева, 1987; Гончаренко, 1989; Симонов, 1993; Самыгин, 2000; Книппер и др., 2001; Добрецов и др., 2001; Чернышов, 2001; Куренков и др., 2002; Гордиенко и др., 2007; Иванов и др., 2007; Леснов, 2015; Nicolas, 1989; Shervais, 2001; Khain et al., 2002; Moores, 2003].

Большое внимание уделяется также метаморфическим комплексам из аккреционных зон, формировавшимся в ходе преобразования палеоокеанических офиолитовых ассоциаций [Добрецов, 1974; Добрецов и др., 1991, 1992, 2002, 2004; Буслов, Ватанабе, 1996; Волкова и др., 2007; Гусев и др., 2012; Buslov et al., 2002; Ota et al., 2002, 2007; Dobretsov et al., 2004]. В частности метаморфические породы в основании офиолитовых разрезов известны давно [Петрология и метаморфизм... 1977; Колман, 1979; Метаморфизм и тектоника, 2001; Searle, Malpas, 1982; Nicolas, 1989; Soret et al., 2017; и др.]. При этом необходимо отметить, что условия образования этих комплексов, получивших название «метаморфическая подошва» [Метаморфизм и тектоника, 2001; Searle, Malpas, 1982; Soret et al., 2017; и др.], остаются во многом дискуссионными.

В целом, несмотря на значительный объем материалов по аккреционным зонам, многие проблемы, связанные с генезисом отдельных комплексов пород, входящих в их

состав, вызывают определенную дискуссию. В связи с этим, данная диссертационная работа направлена на выяснение условий формирования базит-ультрабазитовых и метаморфических комплексов Курайской аккреционной зоны (Горный Алтай), являющихся не только ключевыми объектами для реконструкции особенностей эволюции структур региона, но и обладающих перспективами на полезные ископаемые (хромиты, ртуть), что определяет актуальность исследований.

Наиболее важные результаты, полученные соискателем:

По геохимическим и минералогическим данным гарцбургиты Чаган-Узунского массива являются реститами со степенью частичного плавления 15-20 %, сформировавшимися в условиях срединно-океанического хребта и преобразованными под воздействием магматических и метаморфических процессов.

Базитовые и метабазитовые комплексы Курайской зоны являются фрагментами океанической коры. Базальтовые комплексы, окружающие Чаган-Узунский офиолитовый массив и габбро-диабазовые дайки, прорывающие его, соответствуют по составу OIB и OPB и являются продуктами внутриплитного магматизма. Протолитами для метабазитов послужили преимущественно базальты срединно-океанических хребтов типа N-MORB (реже E-MORB) и в отдельных случаях – базальты типа OIB.

Метабазиты Курайской зоны разделяются на две группы. Высокобарические комплексы (гранатовые амфиболиты в блоках серпентинитового меланжа и в отдельных тектонических пластинах) формировались при погружении в зону субдукции и эксгумации океанической коры. Высокотемпературные комплексы (гранат-пироксен-амфиболовые породы) совместно с безгранатовыми амфиболитами входят в состав «метаморфической подошвы», образовавшейся при давлениях 5.2-9 кбар и температурах 480-910°C.

По геолого-геохронологическим данным субдукционно-аккреционные процессы в Курайской зоне происходили в период 629-585 млн лет.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации:

Основой работы послужили материалы, полученные автором за период 2010 – 2017 гг. в ходе выполнения научно-исследовательских работ лаборатории геодинамики и магматизма Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск). В составе полевых отрядов ИГМ СО РАН, а также международных экспедиций, автором проведены детальные исследования Курайской аккреционной зоны (Горный Алтай), в результате которых были выяснены особенности геологического строения района и собраны представительные коллекции. Личный вклад автора состоит в непосредственном участии в подготовке образцов для петрографических, геохимических и геохронологических исследований, а также в проведении аналитических работ, и в последующих обработке и интерпретации полученных данных, написании текстов статей, тезисов и материалов конференций.

Степень достоверности и обоснованности результатов проведенных исследований.

Научные положения и выводы диссертационной работы Куликовой А.В. являются достоверными и обоснованными. Достоверность представленных результатов исследований основывается на высоком научно-методическом уровне и представительности исходных данных, а также корректном использовании общепринятых методик и на глубокой проработке научной литературы и её широком использовании.

В ходе полевых работ выполнялись маршруты с изучением разрезов, составлением геологических схем ключевых участков и отбором образцов горных пород (более 300 образцов) для выполнения различных видов лабораторных исследований. При обработке собранных коллекций использовались различные аналитические методы, имеющиеся преимущественно в ИГМ СО РАН и в ЦКП многоэлементных и изотопных исследований (г. Новосибирск). Составы пород (144 пробы) установлены с помощью рентгенофлуоресцентного анализа на рентгеновском спектрометре ARL-9900-XP фирмы

Thermo Electron Corporation в ИГМ СО РАН (г. Новосибирск, аналитик Карманова Н.Г). Содержания редких и редкоземельных элементов (61 проба) определены методом ICP-MS на масс-спектрометре Finnigan Element в ИГМ СО РАН (г. Новосибирск, аналитики Николаева И.В., Палесский С.В). Редкоэлементная характеристика ультрабазитовых пород выполнена методом масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на масс-спектрометре ELEMENT 2 в ЦКП ИГХ СО РАН (г. Иркутск). Выполнено более 700 микронзондовых анализов минералов на рентгеновском микроанализаторе «Camebax-Micro» в ИГМ СО РАН (г. Новосибирск, аналитик Хмельникова О.С). Выделение слюд и амфиболов метабазитовых пород проводилось в Аналитическом центре ИГМ СО РАН по стандартной методике магнитной сепарации. Определение $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраста минералов проводилось А.В. Травиным по монофракциям на оборудовании ИГМ СО РАН по методике ступенчатого прогрева, которая описана в работах [Травин и др., 2009; Травин, 2016]. Все результаты изотопного датирования в работе рассматриваются в 95% доверительном интервале ($\pm 1\sigma$). U-Pb датирование цирконов проводилось в Институте Геохимии г. Гуанчжоу (Китай) методом SIMS на высокоточном массспектрометре CAMECA IMS1280-HR, а также в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) на вторично-ионном масс-спектрометре SHRIMP II. Результаты исследований апробированы на российских и международных конференциях, а также опубликованы в рецензируемых журналах.

Научная новизна.

На основе геохимических и минералогических методов получены новые данные о формировании ультрабазитов Курайской аккреционной зоны в структурах срединно-океанического хребта и об условиях преобразования этих ультраосновных пород. Новые геохимические данные свидетельствуют о формировании габбро-диабазовых даек в гипербазитах и базальтов Чаган-Узунских офиолитов в результате действия плюмового внутриплитного океанического магматизма типа OPB и OIB. В результате детальных геохимических и минералогических исследований офиолитов из Курайской аккреционной зоны впервые определены протолиты и установлены высокие (до 9 кбар и до 860-910°C) параметры формирования «метаморфической подошвы», сложенной безгранатовыми амфиболитами и гранат-пироксен-амфиболовыми породами. С помощью современных изотопно-геохимических исследований (Ar-Ar) впервые установлен возраст целого ряда метаморфических комплексов и выделены этапы геодинамической эволюции Курайской аккреционной зоны.

Практическая значимость работы соискателя.

Составлены новые схемы геологического строения ключевых участков Курайской аккреционной зоны, которые могут быть использованы при геолого-съемочных и поисковых работах. Выяснение условий формирования базит-ультрабазитовых и метаморфических комплексов дает возможность более детально расшифровать генезис рудопроявлений, связанных с Чаган-Узунским гипербазитовым массивом.

Соответствие результатов работы научным специальностям.

Результаты работы соответствуют пунктам 1 (магматическая геология), 2 (магматическая петрология), 5 (палеовулканология), 6 (метаморфизм) паспорта специальности 25.00.04 и пунктам 6 (историческая геотектоника) и 9 (региональная геотектоника) паспорта специальности 25.00.03.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

Результаты и материалы диссертации изложены А.В. Куликовой в научных публикациях и представлены на совещаниях и конференциях. Соискателем по теме диссертации опубликовано 27 работ, включая 6 статей в рецензируемых журналах из списка ВАК.

Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на следующих совещаниях и конференциях: Международная научная студенческая конференция,

Новосибирск, 2013, 2014; Научно-практическая конференция «Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири», Новосибирск, 2014; Российско-Казахстанское международное научное совещание «Кореляция Алтаид и Уралид», Новосибирск, 2014; Конференция студенческого научного общества Геологического факультета СПбГУ «Геология в различных сферах», Санкт-Петербург, 2014; Сибирская научно-практическая конференции молодых ученых по наукам о Земле, Новосибирск, 2014, 2016, 2017; Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, 2015, 2017; Совещание «Геология и минерагения Северной Евразии», Новосибирск, 2017; Научное совещание «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)», Иркутск, 2015, 2016, 2017; IX Всероссийская конференция с международным участием «Петрология магматических и метаморфических комплексов», Томск, 2017; Совещание, приуроченное к 60-летию Института геологии и геофизики СО АН СССР «Геология и минерагения Северной Евразии», Новосибирск, 2017.

Основные публикации соискателя, в которых опубликованы материалы диссертации:

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК:

1. Куликова А.В., Буслов М.М., Травин А.В. Геохронология метаморфических пород Курайского аккреционного клина (юго-восточная часть Горного Алтая). Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 1049-1063.

2. Добрецов Н.Л., Буслов М.М., Рубанова Е.С., Василевский А.Н., Куликова А.В., Баталева Е.А. Среднепозднепалеозойские геодинамические комплексы и структура Горного Алтая, их отражение в гравитационном поле // Геология и геофизика. 2017. Т.58. № 11. С. 1617-1632.

3. Chen, M., Sun, M., Cai, K., Buslov, M.M., Zhao, G., Jiang, Y., Rubanova, E.S., Kulikova, A.V., Voytishchek, E.E. The early Paleozoic tectonic evolution of the Russian Altai: Implications from geochemical and detrital zircon U-Pb and Hf isotopic studies of meta-sedimentary complexes in the Charysh-Terekta-Ulagan-Sayan suture zone. // Gondwana Research. 2016. V. 34. P. 1-15

4. Chen, M., Sun, M., Buslov, M.M., Cai, K., Zhao, G., Kulikova, A.V., Rubanova, E.S. Crustal melting and magma mixing in a continental arc setting: Evidence from the Yaloman intrusive complex in the Gorny Altai terrane, Central Asian Orogenic Belt // Lithos. 2016.V. 252-253. P.76-91.

5. Cai, K., Sun, M., Buslov, M.M., Jahn, B.-M., Xiao, W., Long, X., Chen, H., Wan, B., Chen, M., Rubanova, E.S., Kulikova, A.V., Voytishchek, E.E. Crustal nature and origin of the Russian Altai: Implications for the continental evolution and growth of the Central Asian Orogenic Belt (CAOB) // Tectonophysics. 2016. V. 674. P.182-194.

6. Буслов М.М., Джен Х., Травин А.В., Отгонбатор Д., Куликова А.В., Чен Минг, Семаков Н.Н., Рубанова Е.С., Абилдаева М.А., Войтишек А.Э., Трофимова Д.А. Тектоника и геодинамика Горного Алтая и сопредельных структур Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 10. С. 1600-1627.

Избранные тезисы докладов на конференциях и совещаниях:

1. Куликова А.В., Симонов В.А., Волкова Н.И., Котляров А.В., Буслов М.М. Условия формирования гранатовых амфиболитов и пород эклогитового комплекса из офиолитов Горного Алтая // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып 9. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ. 2017. С. 271-276.

2. Куликова А.В., Буслов М.М., Травин А.В. Геохронология метаморфических пород палеосубдукционного канала Курайской аккреционно-коллизонной зоны Кузнецко-Алтайской островной дуги Сибирского континента (юго-восточная часть Горного Алтая) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы научного совещания. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2017. Вып. 15. С. 159-161.

3. Симонов В.А., Куликова А.В., Котляров А.В., Волкова Н.И. Океанический метаморфизм ультрамафитов из офиолитов Горного Алтая // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы научного совещания. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2017. Вып. 15. С. 249-251.

4. Симонов В.А., Куликова А.В., Волкова Н.И., Котляров А.В., Буслов М.М. Условия петрогенезиса «метаморфической подошвы» Чаган-Узунских офиолитов, Горный Алтай // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып 9. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ. 2017. С. 382-388

5. Куликова А.В., Буслов М.М. Структурное положение, состав и возраст плагиогранитных мигматитов Курайского аккреционного клина (юго-восточная часть Горного Алтая). Материалы V Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского. г. Санкт-Петербург. 2017. С. 76-78.

6. Kulikova A.V., Buslov M.M. Late Precambrian – Early Ordovician evolution of Kurai accretionary-collision zone (south – east part of Gorny Altai) // Materials of VIII International Siberian Early Career GeoScientists Conference. Novosibirsk. 2016. P. 239-240

7. Куликова А.В., Буслов М.М. Геодинамическая природа и возраст Чаган-Узунского офиолитового массива (юго-восточная часть Горного Алтая) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы начного совещания. Иркутск: Институт Земной коры СО РАН. 2016. Вып.14. С. 167-168.

8. Куликова А.В. Модель формирования Курайской аккреционной призмы: результат конвергенции палеоокеанический остров-островная дуга (юго-восточная часть Горного Алтая). Материалы IV-ой Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского. г. Санкт-Петербург. 2015. С. 27-30.

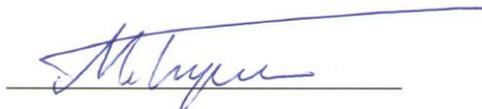
9. Куликова А.В., Буслов М.М. Метаморфические породы Курайской аккреционно-коллизонной зоны Кузнецко-Алтайской островной дуги (юго-восточная часть Горного Алтая): структурное положение, геодинамическая природа и возраст. // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы начного совещания. Иркутск: Институт Земной коры СО РАН. 2015. Вып.13. С. 136-138.

10. Куликова А.В. Эволюция Курайской аккреционно-коллизонной зоны Кузнецко-Алтайской островной дуги в венде-раннем ордовике, юго-восточная часть Горного Алтая. Материалы XIII конференции студенческого научного общества Геологического факультета СПбГУ «Геология в различных сферах». г. Санкт-Петербург. 2014. С.93-94.

Диссертация «Условия формирования базит-ультрабазитовых и метабазитовых комплексов Курайской аккреционной зоны (Горный Алтай)» Куликовой Анны Викторовны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям: 25.00.04 - «петрология, вулканология» и 25.00.03 – «геотектоника и геодинамика».

Заключение принято на расширенном заседании лаборатории геодинамики и магматизма (№ 212) ИГМ СО РАН. Присутствовало на заседании 27 человек (из них 7 докторов геолого-минералогических наук, 13 кандидатов геолого-минералогических наук, а также 7 м.н.с., аспирантов и студентов). Результаты открытого голосования по вопросу принятия заключения по диссертации Куликовой А.В.: «за» - 27 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 2018-1 от 07 февраля 2018 года.

Заключение оформил:



Буслов Михаил Михайлович,
доктор геолого-минералогических наук,
заведующий лабораторией геодинамики
и магматизма (№ 212) ИГМ СО РАН