

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
Институт земной коры




на правах рукописи

МЕДВЕДЕВ ВИКТОР НИКОЛАЕВИЧ

ГЕОЛОГИЯ И ПЕТРОЛОГИЯ ОФИОЛИТОВ ЮГО-ВОСТОЧНОГО  
САЯНА

Специальность 25 ~~0009~~<sup>0014</sup> – петрология, вулканология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

  
17 ЯНВ 2008

ИРКУТСК - 2007

Работа выполнена в Бурятском геологическом институте Сибирского  
отделения Российской Академии наук, г Улан-Удэ

Научный руководитель      член-корреспондент РАН  
Евгений Викторович Складов

Официальные оппоненты      доктор геолого-минералогических наук,  
Дмитрий Петрович Гладкочуб  
кандидат геолого-минералогических наук,  
Андрей Всеволодович Лавренчук

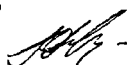
Ведущая организация      Институт геохимии им А П Виноградова  
СО РАН

Защита состоится 20 декабря 2007 г на заседании диссертационного совета  
Д003 022 02 в Институте земной коры СО РАН по адресу 664033, г Иркутск,  
ул Лермонтова, 128

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института земной коры  
СО РАН

Автореферат разослан 15 ноября 2007 г

Ученый секретарь диссертационного совета,  
Кандидат геолого-минералогических наук

 — Ю В Меньшагин

**Актуальность исследований** В настоящее время не вызывает никаких сомнений принадлежность офиолитов к коре океанического типа, а их формирование связывается с зонами спрединга открытых океанов, задуговых и междуговых бассейнов. Бесспорной является и индикаторная роль офиолитов в реконструкциях эволюции разноранговых складчатых систем. Офиолиты нередко являются наиболее древними образованиями складчатых поясов, а их положение фиксирует важнейшие сутуры. Но это ситуация на сегодня, когда с высокой степенью детальности петрологически и структурно изучены офиолиты разновозрастных складчатых систем всех континентов, а в пределах разнообразных современных океанических структур проведены разнообразные геофизические, литологические и петрологические исследования. Сложно даже представить то огромное количество разнообразных публикаций, рассматривающих разнообразные аспекты состава и строения конкретных офиолитовых комплексов (Колман, 1979, Nicolais, 1989, Куренков и др., 2002 и многие другие). В начале же 80-х в России активно продолжалась дискуссия о природе и генетической сущности офиолитов в рамках общего противостояния «фиксистов» и «мобилистов». Разрешение длительного противостояния было возможно только при детальном изучении «спорных» базит-ультрабазитовых ассоциаций в складчатых областях, одна из которых находится в юго-восточном Саяне. К началу наших исследований по ультрабазитам было опубликовано несколько крупных монографий (Колесник, 1966, Пинус, Колесник, 1966, Сутурин, 1978, Глазунов, 1981), в которых рассматривались, главным образом ультрабазиты и связанные с ними метасоматиты (родиниты). Базитовая часть офиолитового разреза была практически не изучена. Единственная публикация, в которой обосновывались офиолитовая природа базит-ультрабазитовой ассоциации юго-восточного Саяна (Ляшенко, 1980) и развитие многочисленных надвигов в пределах ее проявления была полностью лишена петрологического наполнения. В соответствии с этим **основными задачами исследований** были:

- детальное картирование опорных участков,
- выявление закономерностей состава и строения структурных единиц офиолитовой ассоциации,
- петрохимическое, геохимическое и минералогическое изучение структурных единиц, выявленных в процессе картирования,
- построение модели эволюции складчатых образований юго-восточного Саяна

**Научная новизна** В результате исследований удалось доказать аллохтонную природу базит-ультрабазитовых образований, выявить полный разрез офиолитовой ассоциации включающий ультрабазитовые рестины, переходный псидотит-пироксенит-

габбровый комплекс, расслоенные и массивные габбро, комплекс пластинчатых даек, эффузивы с перекрывающими кремнистыми осадками, а также выявить основные закономерности химического состава выявленных комплексов. По результатам исследований была опубликована серия статей (Скляров и др., 1984, Добрецов, 1985, Добрецов и др., 1985, 1986, Скляров, Добрецов, 1987, Медведев и др., 1989), а также коллективные монографии (Геология и метаморфизм, 1988, Геология и рудоносность, 1989). Предполагалось, что результаты геолого-петрологических исследований будут являться предметом защиты мною кандидатской диссертации, и работа по подготовке диссертационной работы была начата в конце 80-х годов. Был подготовлен черновой вариант диссертации, однако, в силу разных жизненных обстоятельств мне пришлось оставить научно-исследовательскую работу, переключившись на гораздо менее увлекательный, но более подходящий для нормальной жизни род деятельности. Все материалы были опубликованы в 80-х – начале 90-х годов, черновик диссертации пролежал до нового тысячелетия. Я все же решил довести дело до конца и подготовить диссертационную работу. За время «прогула» появились новые интересные публикации по офиолитам юго-восточного Саяна, в частности, монографии А.Б. Кузьмичева (2004), Е.В. Хаина и А.П. Федотовой (2003), результаты которых в какой-то степени учтены в предлагаемой работе. Однако, основная часть диссертации представляет собой продукт творчества конца 80-х годов.

В основу работы положены результаты полевых исследований 1981-1989 гг., во время которых были закартированы офиолиты на Оспинском, Харанурском, Ульзыгинском и Дунжугурском участках и отобраны пробы для петрологических исследований. Всего изучено более 700 шлифов, сделано более 150 химических анализов пород («мокрая» химия), а также определены некоторые элементы-примеси (спектральный анализ), кроме того, выполнено около 40 определений редкоземельных элементов (спектральный анализ с предварительным химическим обогащением). Проанализировано более 150 минералов (оливины, пироксены, амфиболы, плагиоклазы, хромиты) на модифицированном рентгено-спектральном микроанализаторе Cameca MS-46. Все анализы выполнены в Бурятском Геологическом институте СО АН СССР (г. Улан-Удэ), аналитики А.Б. Цыренова, Ю.Н. Каперская, Т.Н. Казанцева, Н.С. Карманов, С.В. Канакин.

#### **Защищаемые положения**

1. Базит-ультрабазитовая ассоциация юго-восточной части Саяна, включающая реститовые ультрабазиты, переходный перидотит-пироксенит-габбровый комплекс, габбро, комплекс пластинчатых даек и эффузивы, соответствует классическим офиолитам. Рассматриваемые офиолиты являются древнейшими фрагментами коры.

океанического типа в обрамлении Сибирского кратона, сохранившими первичную «стратификацию»

- 2 По своим геохимическим характеристикам габброиды и породы дайкового и эффузивного комплексов имеют островодужную специфику, характерную для супрасубдукционных офиолитов, сформировавшихся в периокеанической обстановке при участии субдуктирующей океанической плиты
- 3 Характерным признаком офиолитов является присутствие пород марианит-бонинитовой серии, встречающихся в габброидной части разреза (тела норитов и габбро-норитов), в комплексе пластинчатых даек (скрипы и поздние дайки), а также в нижних и самых верхних частях эффузивного разреза (массивные, подупечные и гороховидные лавы и лавобрекчии)

**Апробация, публикации** Результаты исследований отражены в 9 публикациях, в том числе в двух статьях в рецензируемых журналах (Геология и геофизика, Геохимия) и одной коллективной монографии, и апробированы на Всесоюзном семинаре «Геохимия магматических пород», Москва, 1988, Всероссийском совещании «Вулканизм в структурах земли и в различных геодинамических обстановках») Иркутск, 1992, а также совещаниях и семинарах Бурятского Геологического института СО РАН

Личный вклад диссертанта заключался в участии в картировании офиолитов и составлении геологических карт и схем, пробоподготовке ко всем видам анализа, петрографическому описанию базитовых и ультрабазитовых пород, определении составов минералов на микрозонде, построении разнообразных дискриминационных графиков и интерпретации петрохимических и геохимических данных. Во всех приведенных ниже публикациях доля личного вклада составляла от 20 до 90%

Общее научно-методическое руководство исследований офиолитов юго-восточного Саяна осуществлялось академиком Н Л Добрецовым. В геолого-картировочных работах, обсуждении их результатов, равно как и результатов аналитических исследований принимали участие академик М И Кузьмин, академик А Л Книппер, д-г-мн А Б Кузьмичев, д-г-мн Э Г Конников, д-г-мн Б А Литвиновский, д-г-мн А И Альмухамедов, д-г-мн А И Медведев, профессор Золтан Балла, к-г-мн А А Постников, к-г-мн Ф В Хаин, к-г-мн А А Федотова, к-г-мн А А Куликов, к-г-мн Н Ф Габов, к-г-мн Ю К Советов, к-г-мн А А Шафеев, к-г-мн Ю Н Каперская, геологи ПГО «Бурятгеология» А М Рогачев, Ю П Катюха, П А Рошкетаяев, В Г Скопинцев. Член-корр РАН Е В Складов осуществлял непосредственное руководство и геологическими работами, и обработкой аналитических данных, он же спровоцировал

возвращение к материалам после многолетнего перерыва Всем перечисленным коллегам автор искренне благодарен

## ГЛАВА 1.

### Основные черты геологического строения юго-восточного Саяна

Юго-восточная часть Восточного Саяна занимает окраинное положение в структуре палеозойд Центральной Азии и включает северный фрагмент Тувино-Монгольского террейна, Ильчирскую структуру, являющуюся окраинной частью Джидинской палеоокеанической зоны и Окинскую аккреционную призму (Кузьмичев, 2004) С северо-востока эти структуры по сложной зоне глубинных разломов граничат с выступом фундамента Сибирской платформы Тувино-Монгольский массив представляет собой один из нескольких докембрийских террейнов, которые входят в состав каледонской складчатой области В целом, массив охватывает, помимо, юго-восточной части Восточного Саяна, территории Западной Бурятии, Восточной Тувы и Северной Монголии

Юго-восточная часть Восточного Саяна расположена на стыке совершенно различных структур (рис 1), составляющих в совокупности складчатое обрамление Сибирской платформы и имеющих яркие индивидуальные черты геологического развития (Геология , 1988)

В юго-восточной части Восточного Саяна выделены (Геология , 1989) восемь основных формационных комплексов (групп формаций)

Два формационных комплекса являются составными частями палеомикроконтинента, слагают соответственно его фундамент и чехол шельфового типа Гретьин формационный комплекс представлен породами офиолитовой ассоциации и сходен с формациями островодужного четвертого комплекса Ильчирской структуры К этой группе формационных комплексов тяготеет пятая группа формаций Окинской структуры Шестая группа формаций объединяет стратифицированные образования и вулканические комплексы, образования, которых связано с процессами зарождения и развития верхнерифейско-нижнепалеозойской островодужной системы Палеоазиатского океана (сархойская палеоостровная дуга и сопряженный с ней дибинский бассейн) Седьмая группа представлена шельфовой, субплатформенной карбонатной надформацией венда-среднего кембрия и соответствует по объему боксонской серии Восьмой формационный комплекс представлен орогенными молассоидными пестроцветными отложениями, завершившими палеозойский этап развития Восточного Саяна

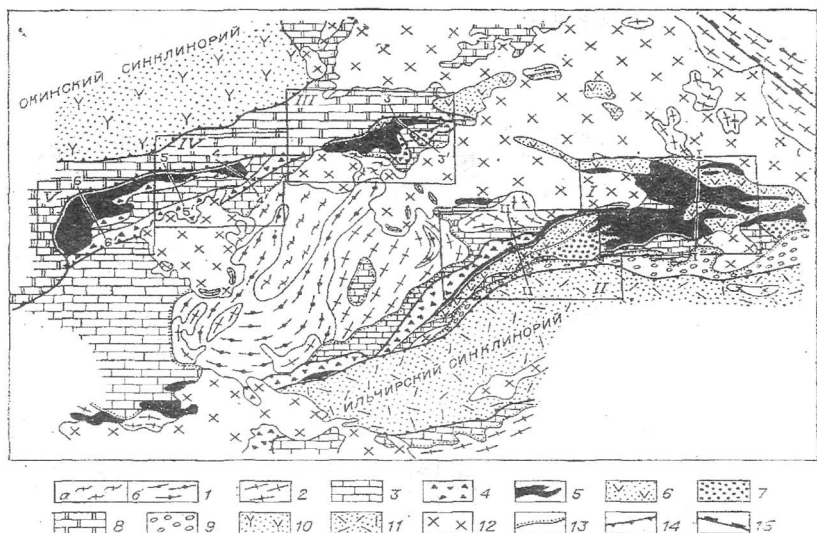


Рис. 1. Геолого-тектоническая схема юго-восточной части Восточного Саяна. (Добрецов и др., 1985)

1 – кристаллические породы Гарганской глыбы (а – гнейсы и диафориты, б – амфиболиты и гнейсы); 2 – плагиограниты и плагиогранито-гнейсы; 3 – карбонатные породы монгошинской свиты; 4 – ильчирская свита с олистостромовыми пачками; 5 – офиолиты; 6 – островодужная вулканогенно-осадочная толща (оспинская); 7 – флишиодная толща; 8 – фосфоритоносная карбонатная серия (боксонская, горлыкская); 9 – моласса (сагансайрская свита); 10 – вулканогенно-флишиодная серия (окинская); 11 – вулканогенно-карбонатно-терригенная толща (толтинская и барунгольская свиты); 12 – гранитоиды нерасчлененные; 13 – 15 – стратиграфические (13), надвиговые (14) и прочие (15) контакты. Показаны площади детальных карт и разрезов (рис. 2).

Выходы офиолитов в целом обрамляют образования Гарганской глыбы и во внешнем контуре офиолитовой дуги контактируют с палеозойскими толщами Окинской и Ильчирской зон, образуя две самостоятельные ветви – Ильчирскую (южную) и Боксон-Харанурскую (северную), на пересечении которых расположен наиболее крупный в регионе Оспинско-Китойский ультрабазитовый «массив». Южная ветвь от восточного выклинивания Оспинского участка на запад простирается на 150 км, северная (вместе с перемычкой, прорванной гранитоидами) – более чем на 170 км. В целом этот покров составляет не менее 200x50 км. В результате неоднократной интенсивной тектонической переработки офиолитов выходы последних в современной структуре локализованы в виде отдельных «массивов», представляющих собой пакеты тектонических чешуй разного порядка. В большинстве случаев внутри офиолитового покрова выделяются три чешуи (рис. 2): верхняя ультрабазитовая, средняя с полным разрезом офиолитов и нижняя олистостромовая и черносланцевая. Во всех изученных случаях в основании офиолитового

покрова закартированы зоны серпентинитового меланжа или меланжево-олистостромового комплекса.

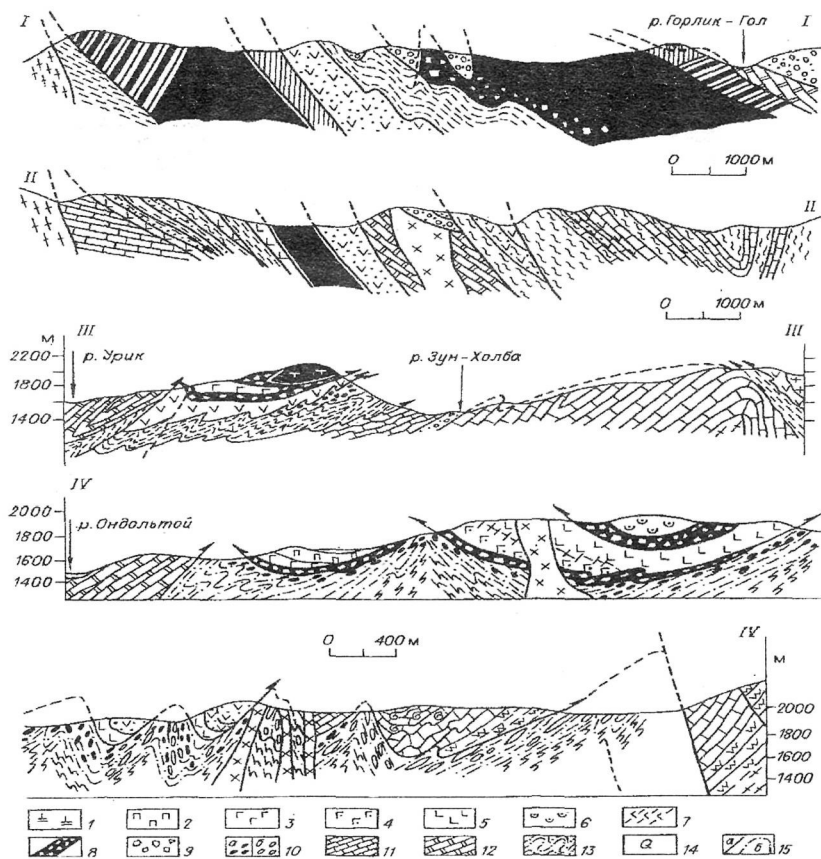


Рис. 2. Геологические разрезы офиолитов (линии разрезов I-I и II-II на III-III (3-3) и IV-IV (6-6) на рис. 1) (Добрецов и др., 1985).

1 – серпентинизированные перидотиты; 2 – кумулятивный комплекс; 3, 4 – нижние (3) и верхнее (4) габбро; 5 – микрогаббро и диабазы дайкового комплекса; 6 – метабазальты; 7 – амфиболиты; 8 – зоны меланжа; 9 – брекчии; 10 – олистостромы офиолито- (а) и карбонатно-кластовые (б); 11 – известняки монгошиинской свиты; 12 – доломиты боксонской серии; 13 – металавролиты и углистые сланцы ильчирской свиты; 14 – четвертичные отложения; 15 – надвиги (а) и прочие геологические границы (б).

Таким образом, территория юго-восточного Саяна представляет собой сложное складчато-надвиговое сооружение, в котором участвуют разнообразные докембрийские и раннепалеозойские формации. Офиолиты слагают покров, перекрывающий раннедокембрийскую Гарганскую глыбу с позднедокембрийским осадочным чехлом.

## ГЛАВА 2

### Состав и геологическое строение офиолитового покрова.

В пределах юго-восточной части Восточного Саяна реконструируется полный классический офиолитовый разрез, включающий реститовый дунит-гарцбургитовый комплекс, переходную зону перидотит-пироксенит-габбрового состава, отличающуюся сложным строением, нижние полосчатые габбро, комплекс верхних массивных габброидов, комплекс пластинчатых даек и перекрывающие их эффузивы. Офиолиты в свою очередь перекрываются турбидитами, насыщенными силлами различной мощности, которые по геологическим соотношениям не могут быть сильно оторваны во времени от формирования офиолитового комплекса. Наиболее крупные пластины реститовых гипербазитов, представленные в разной степени серпентинизированными дунитами и гарцбургитами, присутствуют в восточной части пояса. Реже встречаются жилы ортопироксенитов, верлитов и габбро.

Переходная зона в юго-восточной ветви офиолитового пояса характеризуется ритмически-полосчатым строением, обусловленным «переслаиванием» перидотитов, пироксенитов, габбро, апортзитов, хромититов, и во многом сходна со строением расслоенных гипербазит-базитовых плутонов типа Стиллутер, Бушвельд и др. В северо-западной ветви пояса среди кумулятов резко возрастает доля пироксенитов (главным образом вебстеритов). Здесь переходная зона большей частью имеет брекчлевидный облик, обусловленный прорыванием кумулятивной серии многочисленными ветвистыми, разнообразной формы и мощности жилами габбро, габбро-пироксенитов и пироксенитов.

Верхние изотропные габбро распространены, главным образом, в западной части пояса.

Габбро-диабазовый комплекс параллельных даек закартирован в западной части пояса. В нем установлены три генерации даек и вариации составов от пикритовых базальтов до бонинитов и андезитов (диоритов). Мощность даек варьирует от 1 до 4 м. В непрерывном офиолитовом разрезе на Дунжугурском участке (рис. 3) наблюдается постепенный контакт между «верхним» габбро и дайковым комплексом.

Эффузивные образования, достоверно отнесенные к офиолитовой ассоциации, распространены главным образом в северо-западной части Итьчирского пояса. В едином разрезе с дайковым комплексом они наблюдаются только на Дунжугурском и Улзытинском участках, в остальных случаях эффузивы тектонически отделены от остальной части офиолитового разреза. По структурно-текстурным особенностям выделяются эффузивы нескольких типов: афировые, порфировые, мидалекаменные.

массивные или подупечные лавы, иногда с «плавающими» полушками. В верхних частях разреза появляются пиллоу-брекчии, а также туффиты и гиалокластиты.

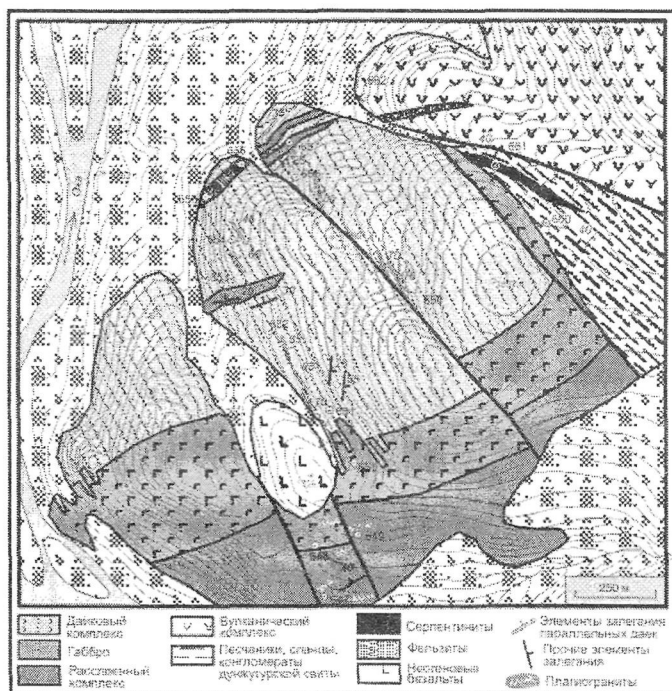


Рис. 3. Полный разрез офиолитов на правом берегу р. Ока (по А.Б. Кузьмичеву [2004], использовавшему геологическую основу Е.В. Сякорова и В.Н. Медведева)

Силловые комплексы, локализованные в верхнерифейской осадочно-вулканогенной толще, слагающей верхние горизонты разрезов офиолитовой ассоциации, отличаются широкими вариациями составов и мощностей отдельных силлов на различных участках. Основная масса силлов на Дунжугурском участке располагается в бассейне реки Боксон, где они слагают три четверти объема вмещающей их турбидитовой толщи. Силлы в большинстве случаев образуют плоскопараллельные пластины мощностью от 10 см до нескольких десятков метров, залегающие согласно с напластованием вмещающих пород турбидитовой толщи, но присутствуют и пологосекущие, ветвящиеся и линзовидные тела, кроме того, во вмещающих породах присутствует большое количество подводящих даек.

Важно подчеркнуть то, что офиолиты юго-восточного Саяна с возрастом более 1 млрд. лет являются в настоящее время древнейшими в обрамлении Сибирского кратона (Khain et al., 2002).

## ГЛАВА 3

### Петрология офиолитов юго-восточного Саяна

Реститовые метаперидотиты относятся к магнезиальному геохимическому типу по классификации О М Глазунова (1981), отвечая по всем параметрам альпинотипным (офиолитовым) ультрабазитовым комплексам складчатых областей

Переходная от реститовых ультрабазитов к габбро зона отличается значительными вариациями состава слагающих ее пород от дунитов через пироксениты и габбро-пироксениты до габбро и апортозитов. Ультраосновные породы кумулятивной зоны практически не отличается от метаперидотитов реститового комплекса. Пироксениты большей частью представлены вебстеритами с варьирующими соотношениями клино- и ортопироксена. Габбро, в том числе оливиновые и оливин-содержащие, и габбро-пироксениты юго-восточной части характеризуются пониженными содержаниями кремнезема и преобладанием СаО над MgO, т.е. имеют отчетливый эвкритовый уклон. Для северо-западной части специфичен «бонинитовый» тип габброидов с повышенными содержаниями SiO<sub>2</sub> и MgO, что выражается в появлении ортопироксена (баститовых псевдоморфоз по Орх) и отсутствии оливина.

«Верхнес» габбро по петрохимическим и геохимическим особенностям подразделяются на три группы, которые в дальнейшем, с некоторой степенью условности, будем называть габбро известково-щелочного типа (бонинитового), габбро марианитового типа и габбро эвкритового типа.

Первая группа включает в себя габбро и габбро-нориты с незначительным содержанием ортопироксена. Они характеризуются относительно высокими содержаниями кремнезема (от 47% до 57%), низкими (от 0,12% до 0,20%) и умеренными (от 0,20% до 0,50%) титана и низкими – хрома. По содержанию и поведению РЗЭ этой группе габбро свойственно преобладание легких лантаноидов над тяжелыми с отношением La<sub>n</sub>/Yb<sub>n</sub> (от 1 до 4), наличие как самариевого так и европиевого дефицита. Общий уровень нормированных концентраций редкоземельных элементов незначительно превышает хондритовый.

Вторая группа, марианитовое габбро, - это богатые ортопироксеном габбро-нориты, изредка встречаются разновидности, переходные к вебстеритам, или лейкократовые габбро-нориты с повышенным содержанием плагиоклаза и наличием первичного кварца. Эта группа характеризуется высокими содержаниями кремнезема (50 – 57%), магния (10 – 17%), хрома (410 – 870 г/т) и низкими - титана (0,09 – 0,16%), глинозема, кальция при сравнении с известково-щелочными габбро. Для этого типа габбро характерно незначительное превышение общего уровня редкоземельных элементов по отношению к

хондритам, преобладание легких лантаноидов над тяжелыми ( $L_n/Yb_n = 3.6 - 5.0$ ), наличие самариевого и европиевого минимумов, и V-образный тип распределения нормированных концентраций РЗЭ

К третьей группе отнесены OI-содержащие и «нормальные» габбро, характеризующиеся умеренными содержаниями  $SiO_2$  (47.32 – 52.68%), при постоянном преобладании CaO над MgO, низкой железистостью, очень низкими концентрациями титана и калия, таких как в верлитах и вебстеритах кумулятивного комплекса. Для них характерны максимальные количества меди, достигающие 190 г/т, стронция 210 – 330 г/т, повышенные – никеля и низкие ванадия (менее 50 г/т), тогда как концентрации остальных элементов варьируют в тех же пределах. Концентрации редкоземельных элементов данного типа габбро превышают хондритовые в 2–5 раз. Для них характерен V-образный тип графика. От предыдущих габброидов их отличают меньшие содержания легких лантаноидов и избыток европия.

Как отмечалось в главе 2, в пределах дайкового комплекса выделяются три генерации даек, причем две первые относятся к офиолитам и отражают специфику и характер эволюции офиолитов, а третья генерация более поздняя и связана с постофиолитовым этапом магматизма.

Диабазы первой генерации характеризуются повышенными содержаниями кремнезема и низкими концентрациями титана. На вариационных диаграммах наблюдается тренд уменьшения содержания кремнезема, титана, суммарного железа с ростом магнезиальности, характерной для известково-щелочных серий. Отличительной особенностью являются повышенные концентрации хрома. В целом распределение микропримесей в диабазах аналогично таковому в верхнем габбро известково-щелочного типа, незначительные отличия отмечаются в накоплении титана и уменьшении концентраций хрома, никеля в дайках.

Для описываемых пород характерной особенностью является преобладание легких лантаноидов над тяжелыми, причем отношения  $L_n/Yb_n$  не превышают 2.8. Следует отметить небольшие европиевые минимумы ( $Eu/Eu^* = 3.68 - 6.4$ ). Уровень содержания и распределения редкоземельных элементов имеет типичный «бонинитовый» характер, т.е. для кривых, нормированных по отношению к хондритам, характерна V-образная конфигурация, обусловленная обеднением промежуточными лантаноидами.

Вторая генерация даек представлена ортопироксеновыми порфиритами, по химическому составу соответствующими типичным марианит-бонинитовым породам. По петрографическому составу ортопироксеновые порфириты во многом сходны с габбро-порфиритами. Более подробно они описаны в главе 4.

Третья группа даек по петрохимическим и по геохимическим свойствам заметно отличается от пород марианит-бонинитовой и собственно офиолитовой серий. Им присущи высокая титанистость (11,7-32,0%  $TiO_2$ ), высокая или умеренная железистость (8-14%  $FeO$ ), умеренное содержание  $Al_2O_3=12-16\%$ , низкая или умеренная магнизиальность (3-8%  $MgO$ ), а также высокие содержания фосфора, колеблющиеся в широком диапазоне (0,3-0,69%  $P_2O_5$ ). По своему составу эта группа полностью перекрывается с силами турбидитовой толщи.

В офиолитовых эффузивах выделяются две серии пород. Первая, наиболее распространенная, по петрохимическому составу соответствует андезито-базальтам и андезитам, практически идентичным по составу диабазам и габбро-диабазам первой генерации дайкового комплекса. Андезито-базальты характеризуются V-образным типом распределения нормированных содержаний РЗЭ, при незначительном преобладании легких редких земель над тяжелыми, а также отрицательным наклоном кривых, отражающих обеднение тяжелыми лантаноидами. Следует отметить наличие европиевого минимума.

Эффузивные породы второй серии по составу соответствуют ортопироксеновым порфиритам из даек и отличаются от последних лишь слегка повышенной щелочностью и пониженной железистостью.

Силлы, представленные габбро-диабазами, отвечают низко и умереннокалиевым толеитам, их отдельные разности обогащены окислами Ti и Fe, чем резко отличаются от вулканитов офиолитовой ассоциации. Все разновидности пород силлов характеризуются низкими значениями Zr и Nb и пониженными концентрациями LILE. В непрерывном ряду Fe-Ti оливиновые габбро-диабазы – гиперстеновые габбро-диабазы – лейкогаббро-диабазы отмечено повсеместное уменьшение концентраций (в г/т) Cr (220 – 77 – 130), Ni (54 – 44 – 27), Co (43 – 40 – 29), Ti (13020 – 9480 – 7500), V (360 – 280 – 190). Отмеченная особенность связана по-видимому, с фракционированием и удалением из расплава оливина на ранних стадиях кристаллизационной дифференциации.

## ГЛАВА 4

### Марианит-бонинитовая серия в офиолитах Восточного Саяна

Бониниты – эффузивные породы, с фенокристаллами оливина и пироксена в стекловатой основной массе, содержащей до 60%  $SiO_2$  и обладают одновременно признаками ультраосновных и средних пород. Бониниты и геохимически близкие им породы были обнаружены в составе вулканогенных комплексов многих мезозойских, палеозойских и неопротерозойских офиолитов (Добрецов и др., 1986, Куренков и др., 2002, Симонов и др., 2002).

др, 1994, Bortolotti et al, 1996, Cameron et al, 1979, Coish et al, 1982, Crawford, Cameron, 1985, Khain et al, 2002, Sharaskin et al, 1980, Sun, Nesbitt, 1978 и многие другие)

В офиолитах Восточного Саяна марианит-бониниты формируют вторую генерацию даек, в эффузивном разрезе лавы бонинитового состава слагают самые верхние части разреза, встречаясь при этом в нижних и средних сегментах. Кроме того, габбро-нориты габбровой комплекса офиолитов по составу полностью идентичны дайковым бонинитам. Для марианит – бонинитовых пород характерна относительно постоянная железистость и низкие концентрации щелочей. От андезитобазальтов марианит-бонинитовая серия отличается высокими концентрациями хрома и никеля, тогда как количества меди, стронция и цинка варьируют в тех же пределах. Этим породам свойственны V-образные типы графиков нормированных содержаний РЗЭ (рис. 4) и явно выраженный дефицит свонция ( $Eu/Eu^* = 1.82 - 4.55$ ). Соотношение легких и тяжелых лантанондов ( $La/Yb$ ) колеблется от 3.13 до 10.00.

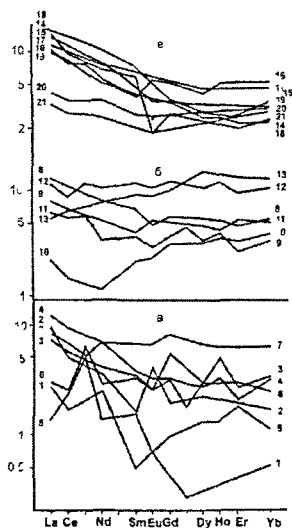


Рис. 4 График нормированных концентраций (средних) РЗЭ в породах офиолитовой ассоциации

Восточный Саян 1 – пироксениты, 2 – пироксеновое габбро, 3 – известково – щелочное габбро, 4 – марианитовое габбро, 8 – андезит-базальты дайкового и 9 – вулканического комплексов, 14 – марианиты в лавах, 15 – марианиты в дайках. Хантайширский офиолитовый комплекс 5 – пироксениты, 6 – пироксеновое габбро, 7 – междайковое габбро, 10 – пачки параллельных даек, 11 – подушечные лавы, 12 – толеитовые базальты островных дуг по (Балашов 1976), 13 – подушечные лавы Трудоса по (Kay P L, Senechal P G 1976). 16 – бониниты Тонга по (Шараськин и др, 1986), 17 – бониниты Хескота тип А по (Crawford A G, Cameron W E, 1985), 18 – бониниты Хескота тип В по (Crawford A G, Cameron W E, 1985), 19 – бониниты Кейт Вогель (Папуа - Новая Гвинея) по (Hickey R L, Frey F A, 1982), 20 – бониниты Марианской дуги по (Шараськин А Я, 1987), 21 – бониниты острова Бонин по (Шараськин А Я, 1987).

Анализ петро-гсохимических характеристик андезитобазальтовых и марианит-бонинитовых пород показал, что, несмотря на существующие различия, эти породы имеют общие геохимические свойства. При одинаковых значениях кремнезема им характерны высокие содержания хрома, которые «присущи исходным бонинитовым расплавам» (Кебезинская и др., 1987), это – низкая титанистость, щелочность, это – единые тренды геохимических элементов, это – близкие концентрации редкоземельных элементов, сходство V-образных типов графиков нормированных концентраций РЗЭ.

Уникальные условия проявления бонинитового магматизма связаны с необычными и достаточно кратковременными режимами субдукции на интраокеанических конвергентных границах. Предлагающиеся модели проявления бонинитового магматизма (Crawford et al., 1989, Deschamps, Lallemand, 2003 и другие) постулируют субсинхронное проявление толентового и бонинитового магматизма. Причем последний, хотя и связан с офиолитами, но проявляется уже на «постофиолитовой» стадии. Офиолиты юго-восточного Саяна имеют бонинитовую специфику, причем преобладающие вулканиты и субвулканиты андезитобазальтового состава дайкового и вулканического комплексов можно рассматривать в качестве дериватов родоначальной высокомагнезиальной бонинитовой (марианитовой) магмы. Соответственно, образование таких офиолитов могло происходить во фронтальной части островной дуги в мезо-неопротерозе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные материалы позволяют сделать следующие выводы:

1 В пределах юго-восточной части Восточного Саяна реконструируется полный классический офиолитовый разрез, включающий реститовый дунит-гарцбургитовый комплекс, переходную зону перидотит-пироксенит-габбрового состава, комплекс массивных габброидов, комплекс пластинчатых даек, эффузивы и перекрывающие турбидиты, насыщенные силами различной мощности.

Тела дунит-гарцбургитового сетчато-полосчатого комплекса не отличаются от типичных реститов по Р. Г. Колману (1979).

Переходная зона на некоторых участках характеризуется ритмически-полосчатым строением в северо-восточной части офиолитового пояса, в западной большей частью имеет брекчиевидный облик, обусловленный прорыванием кумулятивной серни многочисленными ветвистыми, разнообразной формы и мощности жилами габбро и габбро-пироксенитов.

Верхние амфиболизированные габбро в разрезах северо-западной части рассматриваемого района, более мелкозернистые, массивные, часто с такситовой неравномерно-зернистой текстурой

В габбро-диабазовом комплексе параллельных даек установлены три генерации даек. Мощность даек варьирует от 1 до 4 м. Самые ранние дайки представлены массивными амфиболовыми диабазами, габбро-диабазами и микрогаббро с односторонними зонами закалки. Эти дайки субпараллельны и, судя по характеру зон закалки, их образование происходит в узком временном интервале. Вторая генерация даек представлена ортопироксеновыми порфиритами, по химическому составу соответствуют типичным марнанитам – высокомагнезиальным разностям боннинитовой серии. Третья генерация даек представлена диабазами и габбро-диабазами. Эти дайки и силлы турбидитовой толщи, не только по петрографическим, но и по петрогеохимическим параметрам объединяются в одну группу.

Эффузивные образования находятся в едином разрезе с дайковым комплексом в СЗ части пояса. Выделяется две серии пород. Редко преобладают афировые (редко порфировые) андезитобазальты и андезиты. В нижней и самой верхней частях эффузивного разреза встречаются ортопироксеновые порфириты марнанитового состава.

Силловые комплексы локализованы в верхнерифейской осадочно-вулканогенной толще, слагающей верхние горизонты разрезов офиолитовой ассоциации и отличаются широкими вариациями составов и мощностей отдельных силлов на различных участках.

2. Реситовые метаперидотиты и дуниты относятся к магнезиальному геохимическому типу по классификации О.М.И. Лазунова (1981) и отвечают по всем параметрам альпинотипным ультрабазитовым комплексам складчатых областей (верхнемантийным образованиям).

В породах кумулятивного и реакционно-кумулятивного комплекса прослеживается широкий спектр составов, они отличаются от реситовых ультрабазитов более высокими железистостью и щелочностью. По содержанию и поведению элементов примесей кумуляты близки к реситовым ультрамафитам. В то же время более высокие содержания титана, слегка повышены лития, низки – хрома, никеля, кобальта, тогда как колебания количеств меди, стронция, цинка, свинца и ванадия незначительны.

«Верхнее» габбро по петрохимическим и геохимическим особенностям можно подразделить на три группы, отвечающих известково-щелочному (боннинговому), марнанитовому и эвкритовому типам.

Выделены три генерации даек, две из которых относятся к офиолитам (известково-щелочного и марнанитового состава) и отражают специфику и характер эволюции

офиолитов, а третья генерация более поздняя и связана с постофиолитовым этапом магматизма. Третья группа по составу заметно отличается от пород марнит-бошиштовой и собственно офиолитовой серий. Им присущи высокая титанистость, высокая или умеренная железистость, умеренное содержание алюминия, низкая или умеренная магнизиальность, а также высокие содержания фосфора. По своему составу эта группа полностью перекрывается с породами турбидитовой толщи.

Среди офиолитовых вулканитов по петрохимическим и геохимическим свойствам выделены две серии пород, соответствующие известково-щелочным сериям островодужного типа и марнитовой серии.

В породах офиолитовой ассоциации содержания практически всех элементов, от нижних частей разреза к верхним, изменяются последовательно, взаимосвязано и закономерно. В этом ряду происходит увеличение концентраций легкоплавких элементов – титана и ванадия и уменьшение тугоплавких – кобальта, хрома и никеля. Поведение и содержание микропримесей в субвулканитах и вулканитах характеризуют офиолиты Восточного Саяна как промежуточные между низкотитанистыми и очень низкотитанистыми по классификации Беккалувы и соавторов (Beccaluva et al., 1983).

3. Специфической особенностью офиолитов юго-восточного Саяна является присутствие пород бошиш-марнитовой серии. Бошишты выявлены практически во всех структурных единицах офиолитового комплекса и являются отличительной особенностью и составной частью офиолитового комплекса.

### Список публикаций по теме работы

- 1 Склярёв Е В, **Медведев В Н**, Куликов А А, Цой Л А Структурная позиция офиолитов обрамления Гарганской глыбы // Петрология и минералогия базитов Сибири М Наука, 1984, с 5-10
- 2 Добрецов Н Л, Конников Э Г, **Медведев В Н**, Склярёв Е В Офиолиты и олистостромы Восточного Саяна // Рифейско-нижнспалеозойские офиолиты Северной Евразии Новосибирск Наука, 1985, с 34-58
- 3 Добрецов Н Л, Конников Э Г, Склярёв Е В, **Медведев В Н** Марианит-бонинитовая серия в офиолитах Восточного Саяна // Геология и геофизика 1986, № 12
- 4 Склярёв Е В, Габов Н Ф, **Медведев В Н**. Офиолитовые комплексы и олистостромы Восточного Саяна // Эндогенные процессы и оруденение в Забайкалье Улан-Удэ Тр БГИ СОАН СССР, 1986, с 27-35
- 5 Геология и метаморфизм Восточного Саяна (Отв ред Н Л Добрецов, В И Игнатович) Новосибирск Наука, 1988, 192 с
- 6 Склярёв Е В, **Медведев В Н**. Родоначальные магмы офиолитов юго-восточного Саяна // Тез Всес Семинара «Геохимия магматических пород» М ГЕОХИ РАН, 1988, с 175
- 7 **Медведев В Н**, Каперская Ю Н, Казанцева Т И Особенности геохимии офиолитов Восточного Саяна // Геохимия, 1991, № 7, с 972-980
- 8 Склярёв Е В, Постников А А, **Медведев В Н** Петрологические индикаторы тектонической эволюции Центрально-Азиатского складчатого пояса // Магматизм, метаморфизм и рудоносность подвижных областей Улан-Удэ Тр БГИ СОАН СССР, 1991, с 27-46
- 9 Склярёв Е В, Постников А А, **Медведев В Н**, Актанов В И Силловые комплексы юго-восточного Саяна // Вулканизм в структурах земли и в различных геодинамических обстановках Тез Докл Всес Совещ, Иркутск, 1992, с 43-44

Подписано в печать 12 11 07 Формат 210x147 1/16

Бумага писчая белая Печать RIZO Усл печ л 1 6

Опечатано в типографии Института Земной коры

Тираж 100экз

Заказ № 445