

ГЕОДИНАМИКА И ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ПРЕДОСТРОВОДУЖНЫХ ОФИОЛИТОВЫ ДИАПИРОВ

Юркова¹ Р.М., Воронин² Б.И.

*Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва,
e-mail: bivrmrzb@mtu-net.ru*

Обсуждение заявленной темы основано на материалах изучения всех комплексов офиолитов во фронтальных частях островных палеодуг в пределах северо-западной активной континентальной окраины Тихого океана: Сахалин, Камчатка, Корякский хребет, хребет Ширшова, остров Карагинский, Охотское море. Рассмотрены различные геодинамические типы палеодуг: 1) зрелая приматериковая (п-ов Мамет на Камчатке, готерив-баррем); 2) развитая приокеаническая (хр. Кумроч на Камчатке, кампан-палеоцен); 3) примитивная приокеаническая (Восточный Сахалин, альб-сантон, п-ов Карагинский, маастрихт-палеоцен).

Формирование офиолитового диапира связано с мантийной серпентинизацией дунит-гарцбургитовых ультрабазитов в восстановительных условиях в результате образования анионов (ОН) за счёт окиси углерода и водорода при участии никелиевого катализатора по схеме: $2\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + \text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6 + 4\text{CO} + 12\text{H}_2 \xleftarrow{\text{Ni}} \text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8 + 4\text{CH}_4$. Образование антигорита в условиях мантийной серпентинизации на глубинах 40-50 км подтверждено экспериментальными, термодинамическими данными ($T=450-600^\circ\text{C}$, $P=13-16$ кбар), характеристиками изотопного состава водорода и кислорода и расчётами баланса вещества [Юркова, 2002]. Термобарические условия мантийной серпентинизации совпадают с данными, транслируемыми субокеанической геотермой [Рингвуд, Мак-Грегор, Бойд, 1968]. В матийном антигорите установлены высокие содержания водорода и метана (230-20 ммоль/кг. породы соответственно). Серпентинитовые слои литосферной мантии на глубинах 40-50 км по данным Г.Буалло [1985] характеризуются пониженными скоростями прохождения продольных сейсмических волн: 7.8-7.9 км/с вместо 8.1-8.2 км/с в выше- и нижележащих слоях. Подъём диапиров приурочен к области перехода примитивная островная дуга-желоб над сейсмофокальной зоной. Эта зона по данным Л.М.Балакиной [1987] представляет область дифференцированных, преимущественно субвертикальных перемещений литосферных масс. Область наиболее интенсивных движений такого рода в литосфере (опускание в тыловой части дуги и поднятие во фронтальной) располагается под островным склоном желоба, что приводит к подъёму слоев с мантийной сейсмической меткой (8.2 км/сек) и обеспечивает здесь наиболее высокую сейсмичность. На глубине 40-50 км. наблюдается резкое выполаживание зоны Заварицкого-Беньоффа, трассируемой очагами землетрясений [Буалло, 1985]. В этой области проявлены силы растяжения и скольжения и тем самым предопределён срыв верхних частей литосферной мантии с подъемом диапира или колонны диапиров флюидонасыщенных пластичных серпентинитов.

Диапировые внедрения серпентинизированных ультрабазитов во фронтальных частях островных дуг над сейсмофокальной зоной, с формированием слоев глубинного (25-30 км) биметасоматоза, подтверждаются исследователями для Марианской островодужной системы [Maekawa et al. 2001].

Диапировые внедрения офиолитов выходят на поверхность на полуострове Шмидта (Северный Сахалин) с образованием большой (1.5-2.0 км) воронки взрыва газов (ручей Тарычах). Судя по данным аэромагнитной и гравиметрической съёмок массив ультрабазитов п-ова Шмидта имеет, почти вертикальное залегание и уходит корнями до верхней мантии [Сычѳв, 1966; Корнев, 1990]. Продолжение диапира или колонны диапиров в акватории Охотского моря фиксируется зонами интенсивных (2000 гамм) положительных магнитных аномалий. С магнитной аномалией совпадает гравитационная аномалия в редукции Буге интенсивностью 88 мкг [Сычѳв, 1966]. Верхние границы магнитовозмущающих тел основного и ультраосновного состава залегают на глубинах до 10 км, что сопоставимо с

глубинами дна глубоководных желобов, в частности Марианского, связанного с примитивной островной дугой. Нижние границы магнитных аномалий фиксируются при пересчёте на высоту 30 км. Часть кромок уходит в верхнюю мантию.

Серпентинитовые диапиры в результате адиабатического всплывания разогретого пластичного глубинного вещества к поверхности, сопровождаемое декомпрессией и интенсивным плавлением при растяжении свода поднимающегося диапира, были последовательно пронизаны полициклическими разноглубинными магматическими комплексами в следующей последовательности.

1. Внедрение в псевдоморфно серпентинизированные ультрабазиты по дайкоподобным каналам ультраосновной магмы лерцолитового состава. В дунит-гарцбургитовых ультрабазитах продолжалась серпентинизация в восстановительных условиях. Со стадией серпентинизации гипербазитов Корякского хребта, протекавшей при воздействии восстановительных флюидов, связано образование сплавов с платиноидами составов Fe-Ru-Os-Ir, Ni-Ru-Os-Ir, Pt-Cu-Ni-Fe, а также сульфидов и сульфоарсенидов платиноидов и большого комплекса самородных металлов (Ru, Os, Ir и др.) [Дистлер и др., 1986]. На контакте магматических тел с серпентинитами возникли высокотемпературные ($T=900^{\circ}\text{C}$) биметасоматические слои, состоящие из оливина, бронзита, диопсида.

2. Формирование полосчатой серии пород при полициклическом внедрении по дайкоподобным каналам основной (габброноритовой) магмы в лерцолитовые, верлитовые, аподунит-гарцбургитовые серпентинитовые полосы в условиях растяжения свода диапира. Предполагается динамическая кристаллизация магмы с образованием пироксенитов. Интервалы глубин от 20-30 до 10-12 км. Лерцолиты, чередующиеся с габброноритами, верлитами и пироксенитами, в полосчатом комплексе сложены энстатитом (% 88.0En; 10.5Fs; 1.5Wo) или низкожелезистым бронзитом (% 83.5En; 16.0Fs; 0.5Wo), диопсидом (% 46.0En; 3.0Fs; 51.0Wo) и оливином. Оливин в породах полосчатого комплекса отличается от оливинов дунит-гарцбургитового комплекса более высоким содержанием фаялитовой молекулы (16.5%). Хромшпинелиды в лерцолитах (и верлитах) представлены низкохромистыми высокоалюминиевыми разностями $(\text{Mg}_{0.67}\text{Fe}^{2+}\text{O}_{0.32})_{0.99}(\text{Al}_{1.61}\text{Cr}_{0.39})_{2.0}\text{O}_4$, отвечающими по составу плеонасту и плеонастцейлониту. Сходные по составу шпинель и энстатит содержатся в лерцолитах, драгированных в разломе Яп на продолжении Япского желоба [Геология дна..., 1980]. В этих условиях были сформированы разнотемпературные биметасоматические слои: 1) апогабброноритовые ($T=900^{\circ}\text{C}$), состоящие из бронзита, диопсида и паргаситовой роговой обманки; 2) аполерцолитовые ($T=550-700^{\circ}\text{C}$), для которых характерны диопсид, паргаситовая роговая обманка, андрадит, герцинит; 3) апосерпентинитовые, включающие лизардит, пентландит, хромшпинелид. Габбронориты, экранированные серпентинитами в субсолидусном состоянии, были перекристаллизованы в условиях гранулитовой метаморфической фации ($T=830-880^{\circ}\text{C}$). В результате возникли следующие ассоциации минералов: анортит, бронзит-гиперстен, диопсид-салит, магнетит. Экранирование серпентинитами способствовало сохранению в перекристаллизованных породах наиболее высоких содержаний европия (0.226 г/т) и относительно низких отношений изотопов стронция (0.70384), характерных для комплексов островных дуг. В зонах локально повышенных температур ($T=700-800^{\circ}\text{C}$) и давлений ($P>5$ кбар) полистадийно в условиях динамотермального метаморфизма были сформированы гранатовые амфиболиты и эклогитоподобные породы в виде полосовидных и линзовидных тел ориентированных субсогласно с полосчатостью.

Данные по исследованным офиолитовым ассоциациям показывают, что положительная аномалия европия (Рис. 1) связана с коровыми габброноритовыми магматическими и метаморфическими флюидами, которые участвовали в процессах высокотемпературного (700°C) преобразования (оливинизации) уже серпентинизированных ультрабазитов на глубине 30-20 км в условиях подъёма офиолитового диапира.

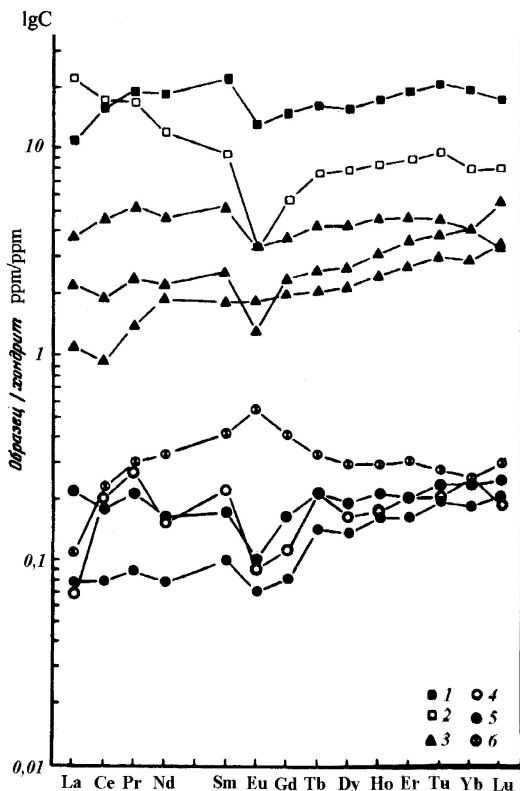


Рис. 1. Распределение содержаний РЭЗ (г/т) в породах офиолитовой ассоциации (по данным А.А.Пейве, 1984). Породы: 1 – базальт, 2 – кератофир, 3 – габбронорит, 4 – гарцбургит, 5 – дуниты, 6 – регенерированный дунит.

3. Формирование силлово-дайкового комплекса (комплекс параллельных даек островодужного типа) в условиях рассредоточенных и разноглубинных растяжений свода диапира. Рассеянные серии полудаек пересекали бортовые участки поднятия, в том числе протрузии серпентинированных ультрабазитов. Глубины до 5 км. Именно в этот период сформированы апогаббровые и аподиабазовые термальные и динамотермальные амфиболиты ($T=550-700^{\circ}\text{C}$, $P>5$ кбар) и основная часть родингитов. Габбронориты подверглись наложенным зеленокаменным изменениям и окварцеванию с образованием метасоматических плагиогранитов, а ультрабазиты полосчатой серии – наложенной гидрогермальнометасоматической серпентинизации и хлоритизации. В контактово-реакционных слоях

серпентинитов с полудайками, интродуцированными альбититами и плагиогранитами, сформировалась золоторудная минерализация [Юркова, Воронин, 2008].

4. Формирование спилит-кератофирового вулcano-плутонического комплекса в непостоянной во времени и пространстве геодинамической обстановке при сочетании условий растяжения и блоковых подвижек в связи со взбросо-сбросовыми и сдвиговыми нарушениями, с тенденцией образования поднятия. Основные породы, в том числе из пакетов дайка в дайке, имеют бонинитовую петро- и геохимическую специализацию [Юркова, Воронин, 2006]. Появление кислых магм увязывается с преобразованием основной магмы флюидами (метамагматизм). При формировании кислого расплава флюиды служили источником кремнезема и щелочей, вероятно в форме элементоорганических соединений. В поздне- и послемагматические стадии флюиды способствовали перераспределению петрогенных и рассеянных элементов (Si, K, Cr, Ni, V и др.) как внутри интрузивных тел, так и во вмещающих породах, что привело, в частности, к образованию гибридных пород, метасоматических плагиогранитов, альбитовых амфиболитов и пропилитов с вкрапленными железо-медными с хромом сульфидными рудами $0,95\text{CuFeS}_2, 10\text{CrS}$.

Установлено, что между породными ассоциациями контрастной вулcanoплутонической серии и дайковым комплексом существует пространственная и генетическая связь. Генетическая связь определяется тем, что в вулканической толще, надстраивающей дайковый комплекс, присутствуют пакеты полудаек и дайки диабазов, характерные для дайкового комплекса. Они служили подводными каналами для расплава при формировании лав основного состава. Автомагматическое брекчирование основных лав, формирование гиалокластитов можно предполагать в результате обогащения флюидами конечных порций расплава, поднимающегося по дайковым каналам.

Спилитизация оценивается как растянутый во времени процесс, который начинается в позднемагматическую стадию при преобразовании флюидами кристаллических фаз и расплава и унаследованно продолжается в пневматолито-гидротермальные стадии постмагматического изменения пород. Спилитизация протекает в условиях только определенного геодинамического режима, в частности при растяжении коры над сейсмофокальной зоной. Она часто не получает полного завершения из-за нарушения флюидно-породного равновесия в результате изменения геодинамической обстановки

растяжения сбросово-сдвиговыми деформациями. В последнем случае активизируются процессы кислого магматизма.

Формирование офиолитовой ассоциации в целом происходило в единой флюидонасыщенной магматическо-метаморфической геотермальной системе. Это способствовало активному преобразованию магмы, пород и углеводородных флюидов. При этом серпентиниты экранировали углеводородные флюиды от рассеивания, создавая природную автоклавную ситуацию. Флюидное сверхдавление обеспечило подъём диапира при гидроразрыве перекрывающих слоёв. В условиях повышенных давления и температуры по схеме разветвлённо-цепных реакций, открытых Н.Н.Семёновым, могли образоваться гомологи метана: этан, пропан, бутан, пентан, гексан и др. по реакции типа $2\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2$ (Озол, 2006). Эти углеводороды, взаимодействуя при каталитической активности тонкодисперсных серпентинитов и железо-никелевых соединений (тэнит, пентлацит, магнетиты) в условиях постоянно повышенных температур ($T > 350^\circ\text{C}$) вследствие политадийного разноглубинного магматизма, формировали все групповые компоненты нефти: нормальные алканы, изоалканы, нафтены, ароматические углеводороды. Сравнительно высокие температуры обеспечивались передачей тепла при тепловом излучении от большого числа интрузий и конвекцией при движении магматических флюидов в проницаемой зоне. Убедительные экспериментальные и термодинамические свидетельства abiогенного образования всех групповых компонентов нефти (из H_2 , CO , CO_2) при температурах $200\text{--}500^\circ\text{C}$ и широком диапазоне давлений на бифункциональных катализаторах показаны в работах И.И.Кулаковой, А.П.Руденко [2003], К.Г.Ионе с соавторами (2006). Экспериментальные данные подтверждают также возможность нахождения тяжёлых углеводородов (ТУВ) в верхней мантии (Зубков, 2009).

Офиолитовые сутуры отгораживают кайнозойский нефтегазовый бассейн Северного Сахалина и часть акватории Охотского моря с залежами нефти, газа и газогидратов. С подъёмом офиолитового диапира связана нефтегазоносность Северного Сахалина и Охотского моря.

Литература

- Балакина Л.М. Сейсмогенные движения в фокальных зонах на примере Курило-Камчатской дуги / В кн.: Строение сейсмофокальных зон. – М.: Наука, 1987. С.198–209.
- Буало Г. Геология окраин континентов. – М.: Мир, 1985. – 155 с.
- Геология дна Филиппинского моря / под редакцией А.В.Пейве. – М.: Наука, 1980. – 261 с.
- Дистлер В.В., Крячко В.В., Лапутина И.И. Эволюция парагенезисов платиновых минералов в альпинотипных гипербазитах // Геология рудных месторождений. 1986. № 5. С. 16-33.
- Кулакова И.И., Руденко А.П. Свидетельства в пользу abiогенного происхождения нефтяных углеводородов // Генезис нефти и газа. – М.: ГЕОС, 2003. С. 170-171.
- Рингвуд А.Э., Мак-Грегор И.Д., Бойд Ф.Р. Петрографический состав верхней мантии // Петрология верхней мантии. – М.: Мир, 1968. С. 272-277.
- Сычёв П.М. Особенности строения и развития земной коры Сахалина и прилегающих к нему акваторий. – М.: Наука, 1966. – 124 с.
- Юркова Р.М. Мантийно-коровая серпентинизация ультрабазитов как источник углеводородных флюидов // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности М.: ГЕОС, 2002. С. 98-107
- Юркова Р.М., Воронин Б.И. Подъём и преобразование мантийных и углеводородных флюидов в связи формированием офиолитового диапира // Генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: ГЕОС, 2006. С. 56-67.
- Юркова Р.М. Воронин Б.И. Золоторудная минерализация в родингитах // Проблемы геологии рудных месторождений, минералогии, петрологии, геохимии. М.: ИГЕМ РАН, 2008. С. 377-380.
- Maekawa H., Yamamoto K., Teruaki J., Ueno T., Osada Y. Serpentinite seamounts and hydrated mantle wedge in the Jzu-Bonin and Mariana forearc regions // Bull. Eanhq. Res. Inst. Univ. Tokyo. 2001. V. 76. P.355-366.