

Оценка условий кристаллизации кортландитов Камчатки по составам амфиболов

А. Г. Симакин, О. Ю. Закревская, Т. П. Салова
Институт Экспериментальной Минералогии РАН, Черноголовка

simakin@iem.ac.ru

В Срединном хребте Камчатки обнаружены месторождения сульфидно-никелевых платиносодержащих руд. Эти руды локализованы в амфибол-содержащих ультраосновных породах – кортландитах. Нами определено давление формирования этих магматических пород, с помощью недавно откалиброванного амфиболового барометра. Давление оценивалось по содержанию октаэдрического алюминия в структуре амфибола. По результатам микрозондовых анализов рассчитывалось экстраполированное асимптотическое содержание Al^{VI}_{max} при нулевом содержании многозарядных катионов, также занимающих октаэдрическую позицию М. Параметр Al^{VI}_{max} является функцией давления. Барометр откалиброван по нашим экспериментальным и литературным данным.

Для определения давления формирования кортландитов, мы использовали как данные наших анализов, так и литературные данные. Наши оценки давления (около 8 кбар) совпадают с максимальным давлением, согласно анализу метаморфических парагенезисов вмещающих пород в 6.3–8 кбар. Столь высокое давление отвечает глубине становления кортландитов – 24–27 км. Установленная большая глубина кортландитов в эоценовое время противоречит представлениям некоторых геологов и является важным маркером при геодинамических реконструкциях истории Камчатки.

Ключевые слова. Амфибол, кортландиты, гео-барометр, толеитовая магма

Ссылка: Симакин, А. Г., О. Ю. Закревская, Т. П. Салова (2012), Оценка условий кристаллизации кортландитов Камчатки по составам амфиболов, *Вестник ОНЗ РАН*, 4, NZ9001, doi:10.2205/2012NZ_ASEMPG.

Большая часть территории Камчатки сформировалась в результате аккреции островных дуг: Ачабая-Валагинской в Эоцене и Кроночской в Плиоцене. Коллизия островных дуг с северо-восточным краем Азии вызвала всплеск магматизма, как гранитного (52 млн. лет назад [Luchitskaya, et al., 2008], так и базит-ультрабазитового (эоцен, [Конников, и др., 2010; Селянгин, 2009]) типа. Базит-гипербазитовые комплексы относятся к концентрически-зональным дунит-клинопироксенит-габбровым [Селянгин, 2009] и малым и средним телам кортландит-пироксенит-габбро-норитовой формации [Селянгин, 2007].

Ультрабазит-базитовых интрузии кортландитового типа группируются по краю Срединного метаморфического выступа Камчатки, в зоне вытянутой в меридиональном направлении примерно на 300 км, при ширине от 30 до 50 км. С ними связано известно около 50 средних и мелких интрузивных тел, несущих медно-никелевое оруденение. По масштабам проявления наиболее крупные из них выделены в 2 зоны: Дукук-Кувалорог-Квинумскую и Шанучскую (рис.1). Кортландиты – это особый тип интрузивных пород, содержащих 60-70% магматической роговой обманки. Генезис кортландитов не установлен, не смотря на то, что наличие воды (на что указывает магматический амфибол) в исходном для кортландитов высокомагнетиальном пикрито-базальтовом расплаве, каким-то образом связано с образованием сульфидных медно-никелевых руд. Для реконструкции петрологических механизмов формирования кортландитов необходимы оценки *PT*-параметров и летучести кислорода в родоначальной магме. В данной работе обсуждаются результаты применения нового амфиболового гео-барометра [Симакин, и др., 2012] к кортландитам Камчатки.

Для изучения условий формирования кортландитов, нами был использован, откалиброванный ранее по нашим и литературным данным новый амфиболовый геобарометр [Симакин, и др., 2012]. Основное преимущество данного барометра по сравнению с множеством других существующих геобарометров состоит в том, что используется амфибол – один из наиболее типичных минералов для базит-гипербазитовых систем. Ранее предложенные геосенсоры, на основе амфибола, применимы лишь для дацит-риолитовых систем (за исключением последней модели [Ridolfi, et al., 2010]), точность определения давления по

СИМАКИН И ДР.: ОЦЕНКА УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

которой сомнительна). Суть предложенного метода заключается в использовании корреляции давления и экстраполированного к нулевому содержанию многозарядных катионов ($\text{Fe}^{3+} + \text{Ti}^{4+} + \text{Cr}^{3+}$) содержания октаэдрического алюминия $\text{Al}^{\text{VI}}_{\text{max}}$. Рассчитанный по результатам микрозондовых анализов амфиболов [Симакин, и др., 2009] параметр $\text{Al}^{\text{VI}}_{\text{max}}$ пропорционален давлению при $P=2\text{--}12$ кбар и фиксированной $T=950\text{--}1100^\circ\text{C}$, т.е. в интервале характерном для высокотемпературных амфиболов и андезито-базальтов нормальной щелочности.

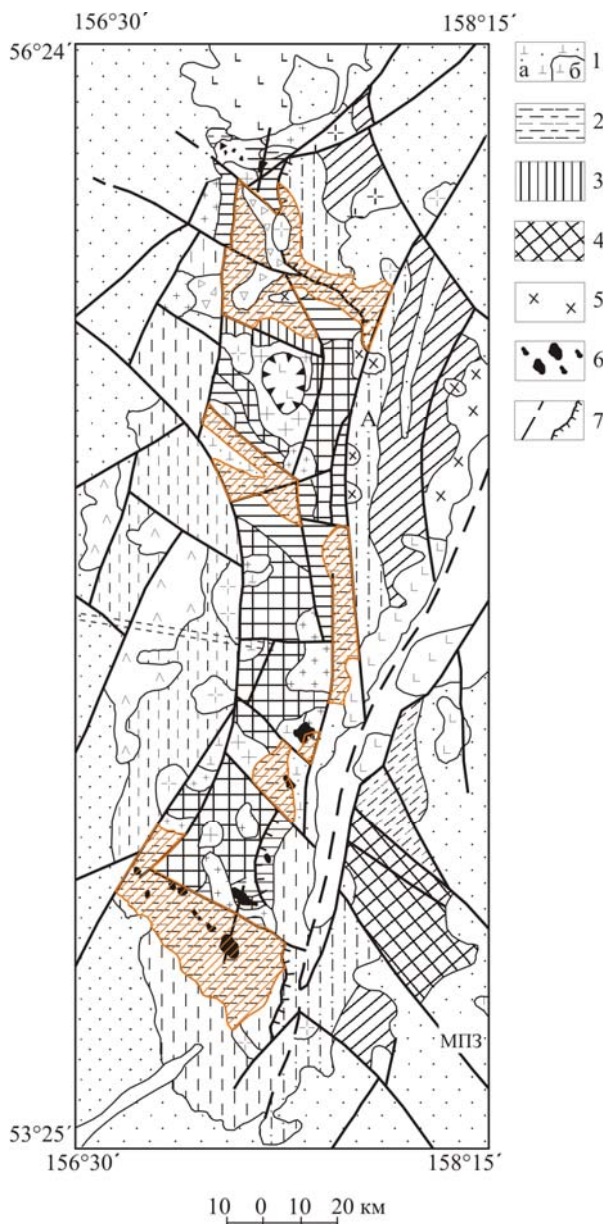


Рис. 1 Геологическое строение Срединно-Камчатского массива и положение никеленосных интрузивов в его структуре [Селянгин, 2009 с изменениями].

1,а – алисторская и химкинская свиты, б – комагматичные им субвулканические интрузивы; 2 – хейванская свита (выделена оранжевой штриховкой); 3 – андриановская свита; 4 – Ганальский массив; 5 – левоандриановский интрузивный комплекс; 6 – кортландит – ортопироксенит – габбро-норитовые интрузивы дукусского комплекса (а – на карте, б – крупные тела на разрезах, штриховка отражает общее положение расслоенности); 7 – разломы: а – крутопадающие, б – надвиги;

Для определения давления формирования кортландитов, мы использовали как данные наших анализов, так и литературные данные (табл. 1).

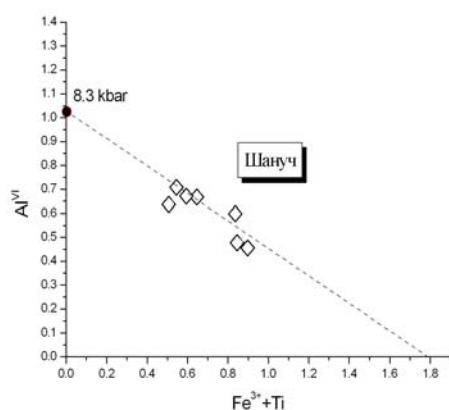
Наша оценка давления около 8 кбар для Шануча совпадает с максимальным давлением, согласно анализу метаморфических парагенезисов вмещающих пород в 6.3–8 кбар [Селянгин, 2009]. Столь высокое давление отвечает глубине становления кортландитов – около 28 км.

СИМАКИН И ДР.: ОЦЕНКА УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

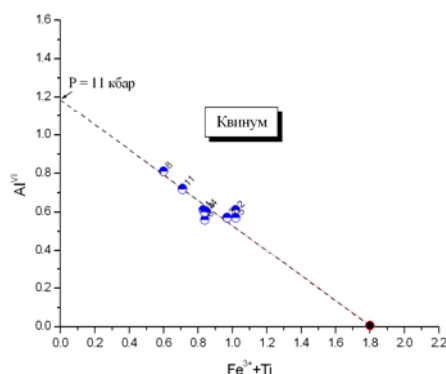
Мощность литосферы (коры и мантийной литосферы) резко увеличивается в период коллизии, за счет чего достигаются высокие РТ параметры метаморфизма. В настоящее время мощность коры в центре Камчатки составляет 38–40 км [Levin, et al., 2002b], что отвечает максимальной мощности коры при коллизии в 65–70 км, что близко к глубине эклогитового перехода 80 км.

Таблица 1. Представительные составы Са-амфиболов Шанучского рудного узла (Камчатка) [Селянгин, 2003]

Окислы	1	3	8	9	10	11	12	13	17
SiO ₂	52.37	44.30	45.79	45.51	53.20	53.63	43.42	44.07	45.64
TiO ₂	-	1.17	1.85	1.55	0.15	-	2.80	2.16	2.45
Al ₂ O ₃	30.04	13.16	11.39	11.84	3.46	29.22	12.74	12.63	12.31
FeO	0.10	15.34	11.86	13.60	11.47	0.23	11.19	15.18	9.91
MnO	0.06	0.07	0.09	0.10	0.01	-	-	0.13	0.09
MgO	-	10.54	13.71	11.95	15.56	0.03	13.22	10.30	13.32
CaO	12.14	11.87	10.70	10.74	12.32	11.71	11.21	11.21	10.61
Na ₂ O	4.56	1.23	1.92	1.38	0.35	5.42	1.65	1.72	1.65
K ₂ O	0.07	0.64	0.57	0.55	0.09	0.16	0.67	0.83	0.58
Cr ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04
Сумма	99.34	100.35	99.95	99.27	98.68	100.40	98.96	100.26	98.87
Окислы	21	24	27	34	35	37	40	42	
SiO ₂	42.44	41.34	45.43	44.86	55.07	45.25	45.33	45.33	
TiO ₂	2.56	1.98	1.39	1.31	-	2.42	3.85	3.85	
Al ₂ O ₃	13.83	15.17	12.84	13.16	1.22	13.39	11.26	11.26	
FeO	14.73	18.34	11.14	8.93	17.58	8.50	8.78	8.26	
MnO	0.06	0.12	0.03	0.02	0.69	-	-	-	
MgO	10.08	7.59	1.35	14.47	20.11	14.18	14.2	15.76	
CaO	11.43	11.34	11.29	11.28	1.83	11.36	11.28	10.97	
Na ₂ O	1.55	1.36	1.60	1.76	0.07	1.37	1.83	2.19	
K ₂ O	0.67	0.79	0.43	0.54	0.04	0.57	0.41	0.51	
Cr ₂ O ₃	-	-	0.09	0.17	-	0.36	0.7	0.26	
Сумма	99.36	100.01	99.64	98.56	98.68	99.53	99.72	99.73	



а)



б)

Рис.2 Оценка давления по составу амфиболов для кортландитов Дукукского комплекса а) Шануча по данным работы [Селянгин, 2003] б) Квинум по нашим данным

Медно-никелевые месторождения генетически связаны с высоко-магнезиальными базитовыми магмами. В качестве исходных для кортландитов предложены высокомагнезиальные толеитовые магмы [Селянгин, 2009], которые относят к N-MORB типу. Такие магмы возникают при высокой степени плавления сухой мантии в условиях срединно-океанических хребтов. Высокие степени плавления протолита достигаются за счет адиабатической декомпрессии. Декомпрессионное плавление возможно не только в срединных хребтах, но и в любых восходящих мантийных течениях: как в суперплюмах (Норильск), так и

СИМАКИН И ДР.: ОЦЕНКА УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

в локальных течениях, например в области тектонических окон в зонах субдукции [Levin, et al., 2002a]. Представляется, что в зонах аккреции, локальные восходящие мантийные течения могут быть связаны с процессом перестройки зоны субдукции, сопровождающимся деляминацией старой плиты [Luchitskaya, et al., 2008] и началом погружения новой.

В рамках этой интерпретации происхождение кортландитов можно связать с ассимиляцией сухими пикро-базальтами осадочные породы, содержащие химически связанную воду (в составе слюды), которые в зоне коллизии были погружены на большую глубину и нагреты до параметров амфиболитов. Давление формирования амфиболов, найденное нами близко, а для месторождения Квинум выше, максимального давления окружающих метаморфических пород. Фиксируемая по амфиболам в кортландитах, низкая исходная летучесть кислорода хорошо коррелирует с их малой намагниченностью в отличие от магнитных вулканитов [Сидоров, 2006], содержащих магнетит. Представляется, что низкая летучесть кислорода обусловлена высоким содержанием графита в ассимилированных сланцах хейванской свиты [Селянгин, 2009]. Наличие графита подразумевает буферирование летучести кислорода на уровне C–CO₂. При переходе к гидротермальной стадии, вероятно в ходе эксгумации глубинных комплексов с понижением общего давления, происходящей после деляминации субдуцируемой океанической плиты, происходил рост летучести кислорода, фиксируемый по составу амфиболов.

Работа была поддержана грантом РФФИ №10-05-00046-а и №10-05-00697-а.

Литература

Конников, Э. Г., В. А. Полетаев, О. Ю. Закревская, Е. Г. Сидоров, Э. К. Ибрагимова (2010). Геохимическая специфика ультраосновных лав Срединного хребта Камчатки, *ДАН*, №435 (4), сс. 1–5.

Селянгин, О. Б. (2003). Петрология никеленосных базитов Шанучского рудного поля, Камчатка, *Вестник КРАУНЦ Науки о Земле*, №2, сс. 33–55.

Селянгин, О. Б. (2007). Новые данные о строении и эволюции никеленосного интрузива Кувалорог, Южная Камчатка, *Вестник КРАУНЦ Науки о Земле*, №1 (9), сс. 111–126.

Селянгин, О. Б. (2009). О тектонической позиции никеленосных интрузивов Срединно-Камчатского массива, *Вестник КРАУНЦ Науки о Земле*, №13, сс. 123–138.

Сидоров, М. Д., В. А. Степанов (2006). Геофизические поля и никеленосность камчатского срединного массива, *Вестник КРАУНЦ Науки о Земле*, № 2 (18), сс. 140–150.

Симакин, А. Г., и др. (2009). Кристаллизация амфибола из водонасыщенного по экспериментальным данным при $P=2$ кбар, *Петрология*, №17 (6), сс. 1–16.

Bindeman, I. N., V. I. Vinogradov, J. W. Valley, J. L. Wooden, B. A. Natalin (2002). Archean protolith and accretion of crust in Kamchatka: SHRIMP dating of zircons from Sredinny and Ganal massifs, *Journal of Geology*, vol. 110, P. 271–289.

Levin, V., N. Shapiro, J. Park, M. Ritzwoller (2002a). Seismic evidence for catastrophic slab loss beneath Kamchatka, *Nature*, vol.418 (15), 763–767.

Levin, V., J. Park, M. Brandon, J. Lees, V. Peyton, E. Gordeev, A. Ozerov (2002b), Crust and upper mantle of Kamchatka from teleseismic receiver functions, *Tectonophysics*, vol.358, p. 233–265.

Luchitskaya, M. V., A. V. Solov'ev, J. K. Hourigan (2008). Two Stages of Granite Formation in the Sredinny Range, Kamchatka: Tectonic and Geodynamic Setting of Granitic Rocks, *Geotectonics*, vol.42 (4), p. 286–304.

Ridolfi, F., A. Renzulli, M. Puerini (2010). Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanoes, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, vol.160, p. 45–66.

Simakin, A. G., O. Yu. Zakrevskaya, T. P. Salova (2012). Novel amphibole geo-barometer with application to mafic xenoliths, *Earth Science Research* (in Press).