

Ладогалиты и тенсбергиты могут представлять интерес в качестве нового, потенциального типа комплексных магматических месторождений стронций-барийсодержащего полевошпатового, редкоземельно-титанитового и апатитового сырья. При лабораторных технологических исследованиях получены апатитовый, стронций-барийсодержащий полевошпатовый, редкоземельно-титанитовый, биотит-флогопитовый и амфибол-пироксеновый концентраты. Прогнозные ресурсы руды оцениваются в несколько миллиардов тонн. Кроме того, требуется изучение потенциальной золотоносности интрузивных ладогалитов, содержание золота в которых достигает 0,1 г/т, а также установленной алмазонасности ладогалитовых диатрем, структурно-тектоническая позиция которых определяется Балтийско-Беломорской системой долгоживущих рифтогенных разломов, приуроченных к зоне сочленения Балтийского щита и Восточно-Европейской платформы, в северо-восточном продолжении которой известны алмазные кимберлиты и кимберлитовидные породы (Кимозеро в Заонежье, Ненокса на Онежском полуострове, месторождения алмазов Золотицкое им. Ломоносова и им. Гриба в Архангельской области).

ЛИТЕРАТУРА

1. Хазов Р.А., Попов М.Г., Бискэ Н.С. Рифейский калиевый щелочной магматизм южной части Балтийского щита. С.-П.: Наука. 1993. 218 с.

РЕКОНСТРУИРУЕМЫЙ СОСТАВ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ СЕВЕРО-ЛАДОЖСКОГО СВЕКОФЕННСКО-РИФЕЙСКОГО СВОДА

Хазов Р.А.

Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск

Представления о составе мантии земли базируются на использовании целого ряда источников информации. Основным источником знаний о вещественном составе глубинных слоев литосферы являются ксенолиты (нодулы), выносимые на поверхность базальтовыми магмами, кимберлитами и лампроитами. С полным основанием к ним могут быть причислены ладогалиты [2], а также геофизические данные по Приладожью [3]. По результатам электро- и сейсморазведочных исследований Северо-Ладужский блок обладает уникальными структурно-вещественными параметрами. По данным МОВЗ он ограничивается падающими навстречу друг другу под углами 60°-40° Приозерским и Рускеальско-Салминским рифтообразующими разломами Балтийско-Беломорской рифтогенной системы [3]. Пространство между ними насыщено внутририфтовыми разломами, также падающими навстречу друг другу. Рифтообразующие разломы имеют явную тенденцию к сочленению в верхней мантии на глубинах 100-120 км. Геометрические размеры (150 км по профилю) и асимметричная форма Северо-Ладужского свода в виде наклонной (сдвинутой на север) призмы позволяет получить представления о динамических напряжениях, испытываемых сводом в процессе формирования. Глубинный (мантийный) характер разломов подтверждается раннерифейскими проявлениями ладогалит-тенсбергитового щелочнокалиевого магматизма, приуроченного к апикальной части свода с деструктурированной архейско-нижнепротерозойской корой, пространственно расположенного между Выборгским и Салминским массивами гранитов рапакиви, прорывающими нормально-слоистый («кратонный») сейсмический тип земной коры [3].

В соответствии с представлениями о гетерогенности мантии, являющейся следствием метасоматизма, и учитывая результаты экспериментальных работ [4-6], комплексное геолого-геофизическое изучение делает возможным установление вещественного состава мантии и роли глубинных флюидов, типа «KREEP» (калий, редкоземельные элементы, фосфор, а также Sr, Ba, F и др.) в становлении Северо-Ладужского мантийно-корового свода.

Сопоставление составов пород ладогалитовой серии с составом гипотетической мантии под континентами [1] позволяет ориентировочно оценить, какими элементами и в какой степени обогащаются или обедняются деплетированная мантия и породы в процессе их формирования (дифференциации): резкое обогащение – K, Rb, Ba, Sr, TR, а также заметное – Na, Ca, Al, Ti, Nb, Zr при обеднении – Mg, Cr, Ni, Co [2].

Исходя из глубинных включений, соответствующих по минеральным парагенезисам флогопитовому клинопироксениту с апатитом, а также апатитовому глиммериту с отмечаемым несомненным геохимическим родством их с вмещающими ладогалитами, реконструируемая модель представляется следующим образом. Благодаря флюидному метасоматозу потоками вещества типа «KREEP» алмазсодержащие перидотиты и эклогиты, имеющие в своем составе оливин, гранат, ортопироксен, клинопироксен, близко соответствующие гранатовым перидотитам-вебстеритам, преобразуются соответственно в апатитовые глиммериты и во флогопитовые с апатитом клинопироксениты.

Отсутствие в ладогитовых диатремах глубинных включений – нодулей и мегакристов амфибола, шпинельсодержащих пород дает основание, исходя из экспериментов [4, 6], предполагать, что процесс метасоматоза происходил в субсолидусных (деформация слюды) условиях при давлении не менее 30 кбар. Отсутствие же оливина, пироба, ортопироксена в глубинных включениях свидетельствует об интенсивности процесса метасоматоза и об их практически полном замещении.

Состав метасоматизированной мантии Северо-Ладожского свода был ориентировочно смоделирован первоначально [2] в двух вариантах из состава и количественного соотношения трех главных минеральных фаз (флогопит-магнезиальный биотит, клинопироксен, апатит), слагающих глубинные включения и мегакристы с последующим уточнением состава (третий вариант), вычисленного как среднее из составов 12 нодулей. Из первоначально полученных двух гипотетических составов метасоматизированной мантии, первый соответствует оливиновому мелалейцититу (угандиту), второй – близок мелилитолиту и оливиновому мелилититу и их рудным (апатитовым) аналогам. Представлялся наиболее вероятным первый, хотя не исключался и второй вариант. Однако, третий вариант оказался близко соответствующим ранее рассматриваемому во втором варианте (табл.). При этом необходимо иметь в виду, что соотношение протопород (перидотитов, вебстеритов, эклогитов), слагающих мантию до метасоматоза и представленных апоперидотитовыми апатит-глимеритами и апатит-слюдистыми клинопироксенитовыми нодулями остается не установленным и поэтому состав метасоматизированной мантии Северо-Ладожского свода может рассматриваться только как модельно гипотетический.

Модельный состав метасоматизированной мантии Приладожья

Окислы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	48,06	35,11	2		40,05		37,4		38,26	39-46	35-37	36-38
TiO ₂	0,72	3,75	–	Срх-50%	2,08	Срх-45%	2	Срх-47,6%	1,85	2-6	1,5-4	1-5
Al ₂ O ₃	7,58	13,84	–	Phl-45%	10,19	Phl-45%	9,7	Phl-40%	9	8-12	8-15	6-10
Fe ₂ O ₃	2,91	4,08	0,43	Ар-5%	3,36	Ар-10%	3,2	Ар-12,4%	3,95	2-9	8-15	5-9
FeO	5,03	12,27	–		7,69		7,75		7,19	4-10	2-7	6-10
MnO	0,16	0,17	0,05		0,15		0,15		0,12	0,2-0,3	0,1-0,3	0,2-0,3
MgO	12,85	13,95	0,25		12,3		12		11,07	8-18	5-12	10-13
CaO	18,83	1,35	50,54		11,99		14,15		15,41	8-14	12-20	13-17
Na ₂ O	1,53	0,25	0,2		0,94		0,8		0,91	1-3,5	1,5-5	1-3
K ₂ O	0,36	8,17	0,12		3,97		3,85		3,53	3-6	1-5	1-3
H ₂ O	0,19	0,66	0,26		–		–		0,22	–	–	–
ппп	1,45	3,15	0,78		–		–		–	–	–	–
P ₂ O ₅	0,18	0,88	40		2,4		4,45		5,23	0,5-1	0,2-2	0,6-1
BaO	0,06	2,29	0,32		1,05		1,05		0,82	–	–	–
SrO	0,12	0,05	1,13		0,2		0,2		0,37	–	–	–
TR	–	–	1,5		0,075		0,15		0,2	–	–	–
F	–	1,5	3,33		0,88		1,05		1,03	–	–	–
Cl	–	–	0,27		0,014		0,028		0,035	–	–	–

Примечание: 1 – клинопироксен (Срх), среднее содержание (в масс.%) из 15 анализов; 2 – барий-титанистый флогопит – Mg биотит (Phl), среднее содержание (в масс.%) из 14 анализов; 3 – апатит; 4-9 гипотетическая флюидизированная (метасоматизированная) мантия Приладожья; 4,5 – I вариант; 6,7 – II вариант; 8,9 – III вариант, вычисленный как среднее из составов 12 нодулей; 10 – оливиновый мелалейцитит (угандит); 11 – мелилитолит; 12 – оливиновый мелилитит

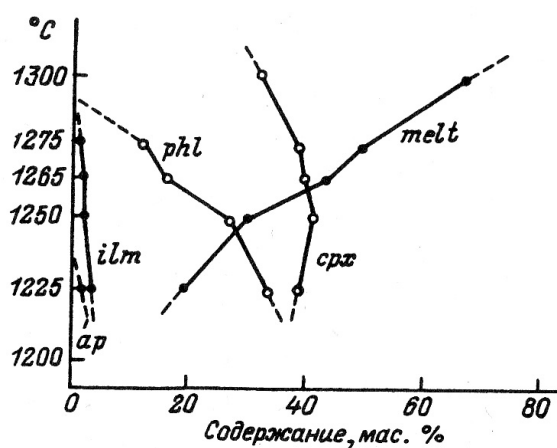


Рис. 1. Содержание минеральных фаз из расплава в эксперименте при давлении 30 кбар [6]

срх – клинопироксен; phl – флогопит; ар – апатит; ilm – ильменит; melt – расплав

Продолжающийся процесс метасоматоза (флюидизации) в соответствии с экспериментальными исследованиями [5] приводит к понижению, тем более в условиях аплифта, температуры солидуса и к появлению расплавов (в нашем случае ладогалитовых) с различной степенью выплавления, как в эксперименте [6], в котором при давлении 30 кбар и температурах от 1225 до 1300°C получаются частичные (20, 30, 49 и 67%) выплавки из «угандийского» нодуля (рис. 1). Минеральный средний состав нодуля (клинопироксен – 51,5%, флогопит – 37%, апатит – 2%, титаномagnetит – 3,5%, сфен – 4% и акцессории – перовскит, кальцит, оливин, стекло), практически, мало чем различается с рассматриваемыми нодулями флогопит-клинопироксенового состава в ладогалитах, в которых только в несколько большем количестве (5-10%) присутствует апатит (табл.).

По аналогии химических составов угандитов и ладогалитов и их нодулей, ладогалиты своим источником также имели флюидизированную мантию, сравнимую с составом среднего нодуля.

Экстраполируя результаты эксперимента [6], с учетом температуры кристаллизации, полученной по мегакристам клинопироксенов до 1350-1400°C, был рассчитан химсостав 100% выплавки, который, также как и 67% выплавки очень близко соответствует составам невоитов и меланолодогитов (рудных, диатремовых и интрузивных), являющихся ультрабазитовыми членами ладогалит-тенсбергитовой серии пород. Об этом же свидетельствуют высокие (нормированные по хондриту) содержания редкоземельных элементов в ладогалитах и тенсбергитах, особенно легких La, Ce, Sm, Eu, значительно превышающих содержания их в щелочных базальтах, а также в кимберлитах и, частично, в лампроитах (рис. 2). Известно, что их высокие содержания требуют специфических условий для образования исходных магм, предопределяя их выплавление либо из сильно обогащенного этими элементами источника, либо из менее обогащенного, но при очень низкой степени (1-2%) плавления.

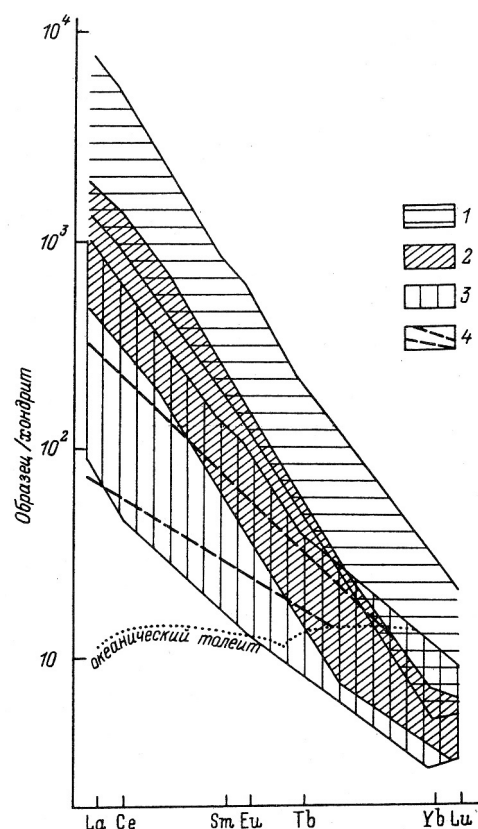


Рис. 2. Нормированное по хондриту распределение редкоземельных элементов в ладогалитах, лампроитах Западного Кимберли, кимберлитах и щелочных базальтах [2]

1 – поле ладогалитов, 2 – поле лампроитов, 3 – поле кимберлитов, 4 – поле щелочных базальтов

ЛИТЕРАТУРА

1. Лутц Б.Г. Химический состав континентальной коры и верхней мантии Земли. М., 1975. 167 с.
2. Хазов Р.А., Попов М.Г., Бискэ Н.С. Рифейский калиевый щелочной магматизм южной части Балтийского щита. С.-П.: Наука, 1993. 218 с.
3. Хазов Р.А., Шаров Н.В., Исанина Э.В. Глубинное строение и металлогения Приладожья //Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 2004. С. 55-74
4. Эдгар А.Д., Арима М. Экспериментальное изучение калиевого метасоматоза с использованием модели пиролитовой мантии и его значение для выявления генезиса высококалийных магм //Международный геологический конгресс. М. 1984. Т. 9. С. 246-258
5. Kushiro J. Stability amphibole and phlogopite in the upper mantle. Waschingon. Carnegie Inst. 1970 Year Book 68. P. 245-247
6. Lloyd F.E., Arima M., Edgar A.D. Partial melting of a phlogopite-clinopyroxenite nodule from south-west Uganda: an experimental study bearing on the origin of highly potassic continental rift Volcanics Contrib //Miner. Petrol., 1985. V.91. №4. P. 321-329

РТ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ АЛМАЗОНОСНЫХ ПРОТОПОРОД И МАГМЫ ЛАДОГАЛИТОВ ПРИЛАДОЖЬЯ

Хазов Р.А.

Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск

Одна из сложнейших проблем изучения калиевых щелочных пород, в том числе и ладогалитов, это установление их генезиса. Для ее решения необходимо определить, с какими процессами связано их образование, выяс-