

Состав и термодинамические параметры верхнемантийных метасоматизирующих флюидов (восточная Антарктика) по результатам изучения включений

Соловова И.П.¹, Козарко Л.Н.^{2*}

¹Институт геологии рудных месторождений (ИГЕМ РАН), Москва, Россия. solovova@igem.ru

²Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН Москва, Россия

Объектом нашего исследования явились деформированные ксенолиты гранат-шпинелевых лерцолитов из мезозойских щелочно-ультраосновных тел оазиса Джетти (восточная Антарктика). Изотопно-геохимическое исследование этих ксенолитов (Беляцкий, Андронников, 2009) показало, что в интервале 1.5 – 1.2 млрд лет мантийный субстрат был метасоматизирован, в результате чего происходило интенсивное обогащение мантийного источника и выплавление магм щелочных вулканитов. В свете сказанного особое значение приобретает изучение состава и эволюции флюидов в мантии и определение продуктов их взаимодействия с мантийными перidotитами. Обнаружение в порообразующих минералах флюидных включений свидетельствует о присутствии на больших глубинах фазы свободного флюида, а находки сульфидов, основных концентратов переходных и драгоценных металлов (Ni, Cu, Pt, Pd и Au) предполагают высокие содержания S.

Минералы изученных ксенолитов содержат сосуществующие первичные высокоплотные флюидные и сульфидные включения. Следы частичной потери вещества (гало) вокруг вакуолей появляются при их частичной разгерметизации при декомпрессии. Следовательно, оцененные по включениям РТ-параметры отвечают минимальным значениям.

Сульфидные включения представляют собой изолированные одно- и двухфазные каплевидные обособления, группирующиеся в кластеры. Их составы на графике Ni – M/S образуют два разнонаправленных тренда, с положительной и отрицательной зависимостью. Согласно экспериментальным исследованиям (Ballhaus et al., 2001) сульфидные включения представляют собой сосуществующие сульфидный расплав и Ni-обогащенный моносulfидный твердый раствор (*mss*) (рис. 1). Коэффициент распределения Ni ($D_{Ni,mss/melt}$) позволил оценить минимальную температуру стабилизации двухфазной сульфидной ассоциации в интервале 1060-920°C.

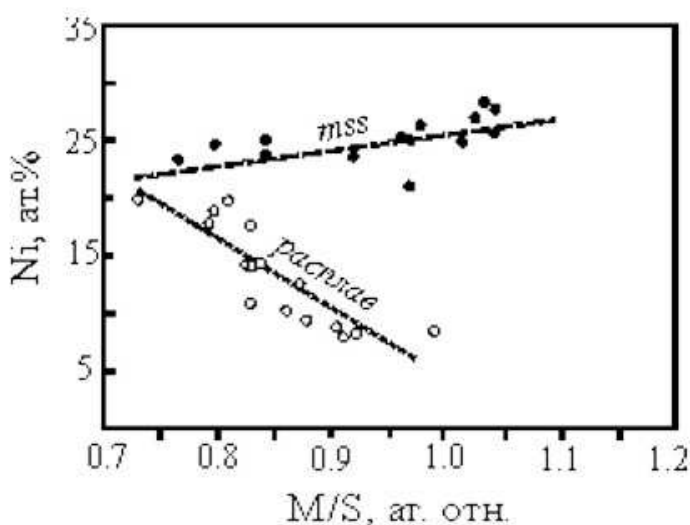


Рис. 1. Два тренда эволюции составов сульфидов включений.

Исследование флюидных включений термобарогеохимическим и Raman-спектроскопическим методами показало, что флюид имеет многокомпонентный состав - CO₂, N₂, H₂S и H₂O, мольные доли которых определены как ~ 0.70 CO₂, 0.15-0.2 N₂ и 0.1 H₂S. Криометрически установлено присутствие H₂O. Наше изотопно-геохимическое исследование газов подтвердило мантийное происхождение флюида (Буйкин и др., 2014).

Используя результаты проведенных исследований включений и экспериментально определенные поля существования *mss* + сульфидный расплав, солидуса перidotит-0.9CO₂ + 0.1H₂O, и положение изохор 0.8CO₂+0.2N₂ флюида, исходные температура и давления воздействия метасоматизирующего вещества на мантийный субстрат оценены как 1270-1280°C и ~2.2 ГПа (рис. 2).

Несмотря на относительно небольшой вклад N₂, H₂S и H₂O в общий бюджет глубинных флюидов, эти летучие играют важную роль в процессах мантийного метасоматоза, что отражается на геохимических особенностях выплавляемых магм. Не только H₂O, но другие компоненты переносят заметные количества рудообразующих металлов и REE. Так, H₂S-содержащий флюид в присутствии H₂O способен транспортировать Zr, Ti и REE. С метасоматозом связано появление в ксенолитах межзерновых прожилков стекла с погруженными в него новообразованными кристаллами клинопироксена, оливина, шпинели, Ва-Ti- флогопита, S-содержащего хлорапатита, генримейерита, кальцита и доломита (Kogarko et al., 2007).

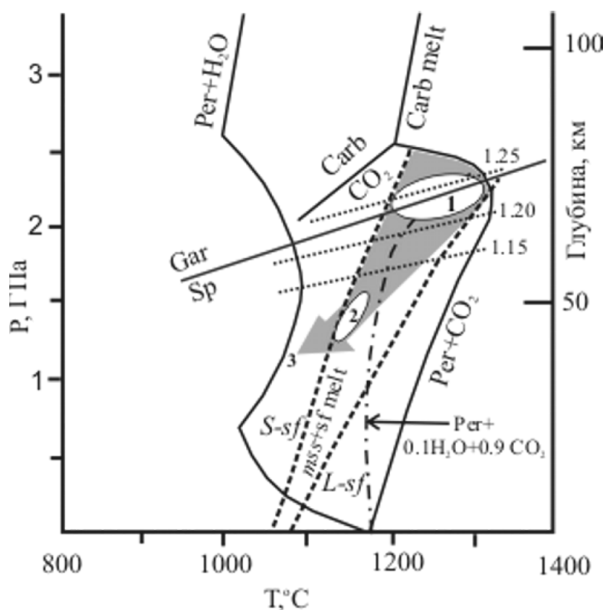
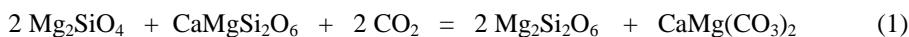
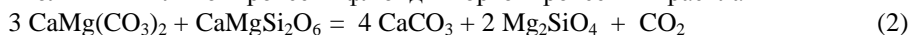


Рис. 2. Температура и давление эволюции сульфидно-флюидной ассоциации. Линия пунктир с точкой – солидус перидотит- $0.9\text{CO}_2 + 0.1\text{H}_2\text{O}$. $L\text{-sf}$ – ликвидус и $S\text{-sf}$ – солидус сульфидной системы (штрих-линии), $mss+sf\ melt$ – поле сосуществования моносульфидного твердого раствора и сульфидного расплава. Точечный пунктир – изохоры флюида состава $0.8\text{CO}_2+0.2\text{N}_2$. 1 – исходные РТ-параметры сульфидно-флюидной ассоциации, 2 – РТ-параметры изученных частично декрепитированных включений, 3 – область существования межзерновых сульфидных агрегатов.

Активный карбонатный метасоматоз мантийного перидотита, вызвавший развитие кальцита и доломита в метасоматических зонах, происходил согласно приведенным реакциям:



оливин клинопироксен флюид ортопироксен расплав



расплав клинопироксен кальцит оливин флюид

Метасоматический характер сульфидной минерализации исследованного нами мантийного материала подтверждается повышенными концентрациями халькофильных и сидерофильных элементов (Cu – в 1.5 раза по сравнению с содержанием в мантии (Palme, O'Neill, 2003), Ag – в 83 раза, As – в 8 раз, Au – в 2.5 раз и Ir – в 1.7 раз), а привнесённый характер сульфидов – очень высокой концентрацией серы в исследованном ксенолите (1400 ppm, что в 7 раз выше по сравнению с содержанием серы в мантии).

Литература

1. Беляцкий Б.В., Андронников А.В. Возраст верхней мантии района озера Бивер (восточная Антарктика): Sm-Nd изотопная систематика мантийных ксенолитов // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. № 2. С. 118-138.
2. Буйкин А.И., Соловова И.П., Верховский А.Б., Когарко Л.Н., Аверин А.А. PVT- параметры флюидных включений и изотопный состав C, O, N, Ag в ксенолите гранатового лерцолита из района Оазиса Джетти, восточная Антарктида // Геохимия. 2014. № 9. С. 867–884
3. Ballhaus C., Tredoux M., Späth A. Phase Relations in the Fe–Ni–Cu–PGE–S System at Magmatic Temperature and Application to Massive Sulphide Ores of the Sudbury Igneous Complex // J. Petrol. 2001. V. 42 (10). P. 1911–1926
4. Kogarko L.N., Kurat G., Ntaflos. Henrymeyerite in the metasomatized upper mantle of eastern Antarctica // Can. Miner. 2007. V. 45. P. 497-501
5. Palme H., O'Neill H. Cosmochemical Estimates of Mantle Composition // In Treatise on Geochemistry, Geochemistry of the Mantle and Core. Elsevier. 2003. V. 2. P. 1–35

Работа проведена при финансовой поддержке НИР и грантов РФФИ.