

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН Института земной коры  
СО РАН, доктор геолого-минералогических  
Гладков В. П.



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

о диссертации Михно А.О. «Особенности минералогии и флюидный режим образования карбонатно-силикатных пород Кокчетавского массива», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25. 00. 05. – минералогия, кристаллография

Исследования в области теоретической и экспериментальной петрологии показали чрезвычайно важную роль флюидов в мантийном и коровом магмообразовании, разнофациальном метаморфизме и рудогенезе. Прямые данные о компонентном составе флюидов обычно получают в момент извержений в областях современной вулканической активности. Другой, наиболее трудоемкий путь заключался в получении прямой информации о составе глубинных флюидов посредством изучения флюидных и расплавных включений в минералах. Главная цель диссертационной работы состояла в реконструкции метаморфической истории карбонатно-силикатных пород Кокчетавского массива. Для реализации сформулированной цели работы был решен широкий круг конкретных задач. К ним относится выявление минералого-петрографической специфики карбонатно-силикатных пород массива, определение их минерального состава, изучение флюидных и твердофазных включений в гранате и клинопироксене, позволяющие определить P-T условия и флюидный режим образования карбонатно-силикатных пород.

Использованные в работе методы исследования флюидных включений сводятся к следующему: изучение пород на сканирующем и электронном микроскопах, термометрические и криометрические опыты с расплавными и флюидными включениями для определения P-T параметров образования карбонатно-силикатных пород. Методом К-Р-спектроскопии получены и расшифрованы КР-спектры породообразующие минералы и минералы включений. В работе содержатся 20 КР-карт флюидных и твердофазных включений, представляющих солидную основу для интерпретации полученных данных.

Новизна работы заключается в следующем. Автором работы впервые в породах сверхвысоких давлений в Кокчетавском массиве были обнаружены включения

клинопироксена с прогрессивной зональностью по  $K_2O$ . Также впервые показано, что сульфидный расплав существовал в условиях, близких пику метаморфизма карбонатно-силикатных пород этого массива. На основе оригинальной аналитической базы впервые выполнена реконструкция P-T условий формирования карбонатно-силикатных пород Кокчетавского массива.

Основные защищаемые положения сформулированы в трех тезисах. Остановимся на их существовании и степени обоснованности.

*1. «В клинопироксенах из карбонатно-силикатных пород Кокчетавского массива зафиксирована прогрессивная зональность по содержанию  $K_2O$ . Кристаллизация клинопироксена с содержанием  $K_2O$  изменяющимся от 0.3 мас. % в центре до 0.64 мас. % в краевой части ядер клинопироксена началась при  $T = 960^\circ C$  и  $P = 5.5 ГПа - 7.3$  ГПа. Формирование этого клинопироксена произошло на заключительном этапе прогрессивной стадии метаморфизма силикатно-карбонатных пород Кокчетавского массива».*

Обоснование первого защищаемого положения содержится в 3-ей главе работы. В ней представлена детальная характеристика петрографических разновидностей алмазоносных и неалмазоносных пород и составы слагающих их породообразующих и акцессорных минералов. Структурные взаимоотношения минералов в породах, а также формы содержащихся в них флюидных включений проиллюстрированы высококачественными фотографиями. Показано, что первичный парагенезис минералов (гранат, клинопироксен, карбонат, флогопит) претерпел изменение на регрессивном этапе метаморфизма амфиболитовой и зеленосланцевой фаций. Обоснована одновременная кристаллизация в породах граната и клинопироксена. Впервые установлена прогрессивная зональность  $K_2O$  в клинопироксенах. Замечаний по данному защищаемому положению не имеется.

*2. «В составе продуктов раскристаллизации расплавных включений в порфиробластах клинопироксена карбонатно-силикатной породы Кокчетавского массива был обнаружен калиевый кимрит ( $KAlSi_3O_8 \cdot H_2O$ ) в одной ассоциации с кокчетавитом ( $KAlSi_3O_8$ ). Существование калиевого кимрита и кокчетавита в полифазных включениях происходило путем дегидратации калиевого кимрита при  $P < 4.5 ГПа$ .»*

Обоснование второго защищаемого положения содержится в четвертой главе диссертации «Флюидные и расплавные включения в породообразующих минералах». При изучении полифазных включений в гранате и клинопироксене на сканирующем микроскопе и методом КР-спектроскопии автором диссертации впервые был обнаружен калиевый кимрит в ассоциации с гексогональной полиморфной модификацией ( $KAlSi_3O_8$ ).

Проведенное изучение более 500 первичных полифазных включений в порфиробластах клинопироксена карбонатно-силикатных пород показало, что составы расплавов не претерпевали значительных изменений по мере роста гранатов и клинопироксенов. При этом составы расплавов для разных образцов гранат-клинопироксеновых пород заметно различаются по содержанию  $K_2O$  и  $CaO$ . Второе защищаемое положение достаточно обосновано и особых замечаний не вызывает.

*3. Находки включений пирротина, пирита и халькопирита в центральных зонах порфиробластов граната и калийсодержащего клинопироксена с нарушенными ламеллями калиевого полевого шпата указывают на то, что сульфидные минералы являются равноправными членами высокобарических ассоциаций в карбонатно-силикатных породах Кокчетавского массива в условиях, близких пику метаморфизма».*

Обоснование третьего защищаемого положения содержится в четвертой и пятой главах диссертации. Природа сульфидов в карбонатно-силикатных породах и вмещающих их гнейсов не имела однозначного толкования. В ранних публикациях их образование рассматривалось как результат наложения вторичных процессов на исходный минеральный парагенезис карбонатно-силикатных пород. Позднее были изучены гнейсы, в которых находились флюидные включения в ассоциации с алмазом и содержали халькопирит в качестве дочернего минерала. Некоторые исследователи предполагали возможное влияние сульфидов на кристаллизацию алмазов на основании находок сульфидных включений со следами декрипитации в гранатах. Однако P-T параметры устойчивости сульфидов и их агрегатное состояние до сих пор оставались неопределенными. Проведенные автором диссертации исследования восполнили этот пробел. Установлено, что включения пирротина и сфалерита сосуществуют с полифазными силикатными включениями в центрах порфиробластов клинопироксена с ламеллями. В ядрах калиевого клинопироксена с сульфидными ламеллями не деформированы. На этом основании сделан вывод о ультравысокобарической природе сульфидов. Отсутствие различий в редкоэлементном составе сульфидов матрикса и сульфидов-включений послужило основанием склоняться в пользу корового происхождения сульфидов карбонатно-силикатных пород Кокчетавского массива.

Весомым научным достижением автора диссертации является наиболее обоснованная на сегодняшний день реконструкция условий формирования карбонатно-силикатных пород, учитывающая данные других исследователей по этой теме. Она представлена графически в виде модели формирования различных генераций клинопироксена и P-T эволюции

карбонатно-силикатных пород Кокчетавского массива. Приведены свидетельства, что на пике метаморфизма существовали несмешивающиеся сульфидный и силикатный расплавы (6-7 ГПа, 1000-1100 °С).

Научные результаты проделанной работы можно квалифицировать как научное достижение в изучении высокобарических комплексов континентальной земной коры. Основные научные выводы диссертации опубликованы в разных научных изданиях, в том числе в ведущих отечественных, а также в зарубежных журналах.

Все вышеизложенное позволяет утверждать, что рассматриваемая работа по своему теоретическому уровню и практической значимости соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Михно Анастасия Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности «минералогия, кристаллография».

Отзыв ведущей организации подготовили:

Доктор геолого-минералогических наук А.И. Киселев

Кандидат геолого-минералогических наук Л.З. Резницкий

Отзыв заслушан и одобрен в качестве официального на заседании Ученого совета ИЗК СО РАН 10.09.2015 г. (протокол № 6).

Председатель Ученого совета д.г.-м.н.

Секреталь Ученого совета к.г.-м.н.

Гладкочуб Д.П.

Дорофеева Р.П.