

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.067.02 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и
минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук**

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 2 октября 2015 г. № 02/8

О присуждении Михно Анастасии Олеговне, гражданину РФ, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Особенности минералогии и флюидного режима образования карбонатно-силикатных пород Кокчетавского массива» по специальности 25.00.05 – «минералогия, кристаллография», принята к защите 29 июля 2015 г., протокол №02/5 диссертационным советом Д 003.067.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, д.3), Приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Михно Анастасия Олеговна, 1990 года рождения, в 2012 г. окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный университет». В 2015 году окончила очную аспирантуру при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

В настоящее время работает научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (лаборатория минералов высоких давлений и алмазных месторождений).

Диссертация выполнена в лаборатории минералов высоких давлений и алмазных месторождений № 451 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук, **Корсаков Андрей Викторович**, ведущий научный сотрудник лаборатории минералов высоких давлений и алмазных месторождений ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Официальные оппоненты: 1) **Добрецов Николай Леонтьевич**, академик РАН, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, научный советник при дирекции Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН; 2) **Сафонов Олег Геннадьевич**, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией литосферы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экспериментальной минералогии Российской академии наук, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (г. Иркутск) в своем положительном заключении, подписанными Киселевым Александром Ильичом,

доктором геолого-минералогических наук, ведущим научным сотрудником, и Резницким Леонидом Зиновьевичем, кандидатом геолого-минералогических наук, старшим научным сотрудником Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, указала, что представленная на рассмотрение диссертационная 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».

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации – 19 научных работ (общим объемом 7.3 печатного листа), из них опубликованы в рецензируемых научных изданиях – 4 работы.

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК:

1) **Михно А.О.**, Корсаков А.В. Прогрессивная зональность по К в клинопироксене ультравысокобарных неалмазоносных гранат-клинопироксеновых пород месторождения Кумды-Коль (Кокчетавский массив) // Доклады Академии Наук. – 2012. – Т. 447. – С.552-556. (Соискателем выполнены минералого-петрографические исследования, расчёт РТ-параметров и подготовлена большая часть текста.)

2) **Mikhno A.O.**, Korsakov A.V. K₂O prograde zoning pattern in clinopyroxene from the Kokchetav diamond-grade metamorphic rocks: Missing part of metamorphic history and location of second critical end point for calc-silicate system. // Gondwana Research. – 2013. – V. 23. – P.920-930. (Соискателем выполнены минералого-петрографические исследования, моделирование РТ-параметров и подготовлена большая часть текста.)

3) **Mikhno A.O.**, Schmidt U., Korsakov A.V. Origin of K-cymrite and kokchetavite in the polyphase mineral inclusions from Kokchetav UHP calc-silicate rocks: Evidences from Confocal Raman Imaging. // European Journal of Mineralogy. – 2013. – V. 25. – P. 807-816. (Соискателем выполнены минералого-петрографические исследования, исследование методом КР-спектроскопии, интерпретация полученных данных и подготовлена основная часть текста.)

4) **Михно А.О.**, Корсаков А.В. Карбонатитовый, силикатный и сульфидный расплавы: гетерогенность минералообразующей среды в породах сверхвысоких давлений Кокчетавского массива. // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56. – № 1-2. – С. 110-132. (Соискателем была выполнена большая часть исследований и подготовлена основная часть текста.)

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов (все положительные, все содержат замечания) от: 1. А.Л. Перчука, д.г.-м.н., зав. кафедрой петрологии геологического факультета (МГУ); 2. О.В. Авченко, д.г.-м.н., зав. лаб. (ДВГИ ДВО РАН); 3. В.С. Щукина, к.г.-м.н., директор (ООО «ПРОЭКС»); 4. А.В. Бобровым, д.г.-м.н., проф. кафедры петрологии геологического факультета (МГУ); 5. В.А. Печникова, к.г.-м.н., н.с. (ЦНИГРИ). В отзывах отмечено, что актуальность работы, а также достоверность полученных в ней результатов не вызывает сомнений. Автором получен большой объем новых данных о физико-химических условиях образования (определение РТ-параметров и реконструкция минералообразующих сред) ультравысокобарических карбонатно-силикатных пород Кокчетавского массива, что является существенным вкладом в развитие представлений о метаморфизме сверхвысоких давлений. Главными достижениями работы являются: диагностика калиевого кимрита в образцах карбонатно-силикатных пород (раннее калиевый кимрит наблюдался лишь в продуктах высокобарических экспериментов), находки клинопироксена с прогрессивной зональностью по калию, а также доказательство ультравысокобарической природы сульфидов в изученных образцах. Основные выводы и выдвинутые защищаемые положения вполне убедительно обоснованы и базируются на обширном фактическом материале.

Практическая ценность полученных автором данных состоит в применении их на учебных курсах петрологии, минералогии, геохимии и кристаллохимии.

Основные замечания и предложения касаются недостаточного подробного обсуждения модели формирования пироксена с прогрессивной зональностью по калию в результате изменения активности калия в расплаве, из которого он кристаллизовался (д.г.-м.н. О.Г. Сафонов.); недостаточно убедительно обоснована сингенетичность гранатов и клинопироксенов, составы которых использовались для определения РТ-параметров образования карбонатно-силикатных пород (д.г.-м.н. А.Л. Перчук); в работе неоднократно упоминается вторая критическая точка, однако не приводится определение этого понятия, а также не обсуждается ее роль в эволюции минералообразующей среды карбонатно-силикатных пород (академик Н.Л. Добрецов, д.г.-м.н. Сафонов); в автореферате слишком кратко освещена геология Кокчетавского массива, а в тексте диссертации отсутствует обсуждение проблем эксгумации (выведения на поверхность) пород Кокчетавского массива (академик Н.Л. Добрецов, к.г.-м.н. Щукин). Не достаточно подробно обсуждаются результаты исследований флюидных включений, нужно было рассмотреть условия сосуществования карбонатов и флюида и объяснить отсутствие в них CO_2 и CH_4 (д.г.-м.н. О.В. Авченко). К сожалению автор обходит стороной проблему образования алмазов в карбонатно-силикатных породах Кокчетавского массива. Не описаны взаимоотношения между алмазоносными и неалмазоносными породами Кокчетавского массива. Возражение вызывает утверждение о ультравысокобарической природе трещин в калийсодержащем клинопироксене, ведь на мантийных глубинах возможны лишь хрупкие деформации (к.г.-м.н. В.А. Печников).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Добрецов Н.Л. и Сафонов О.Г. являются высококвалифицированными компетентными специалистами в области минералогии, петрологии и генезиса пород сверхвысоких давлений. Оппоненты имеют ряд публикаций в соответствующей диссертации сфере исследования и способны объективно оценить данную работу.

Выбор ведущей организации (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук) обосновывается тем, что она имеет структурные подразделения (Лаборатория геологии и магматизма древних платформ, Лаборатория петрологии, геохимии и рудогенеза), хорошо известное своими достижениями в данной отрасли науки, направление научно-исследовательской деятельности которых полностью соответствует тематике рассматриваемой диссертации, и высококвалифицированные специалисты, несомненно, способны определить и аргументировано обосновать научную и практическую ценность данной диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: Разработана идея о том, что калийсодержащий клинопироксен с прогрессивной зональностью по распределению K_2O образовался на заключительном этапе прогрессивной стадии метаморфизма. На основании находок калиевого клинопироксена с прогрессивной зональностью исключена гипотеза мантийного образования карбонатно-силикатных пород Кочетавского массива. Экстремальные параметры метаморфизма этих пород в пределах Кумды-Кольского блока (Кокчетавский массив) оценивается в $T = 1000\text{--}1100\text{ }^\circ\text{C}$, $P \sim 6\text{--}7\text{ ГПа}$.

Показано, что флюидные, полифазные силикатные и карбонатные включения сосуществуют в одной ростовой зоне порфиробластов граната и клинопироксена. **Предложено,** что кристаллизация граната и клинопироксена происходила в присутствии

несмешивающихся силикатного и карбонатитового расплавов и преимущественно водного флюида.

Введены новые данные о находках природного калиевого кимрита. **Установлено**, что кокчетавит является продуктом дегидратации К-кимрита. Находки реликтов калиевого кимрита в породах сверхвысоких давлений в водонасыщенных условиях свидетельствуют об очень высоких скоростях эксгумации карбонатно-силикатных пород Кокчетавского массива.

Выявлено, что кристаллизация дочерних фаз флюидных и полифазных включений происходила во время ретроградной стадии метаморфизма.

Доказано, что сульфиды были стабильны в карбонатно-силикатных породах Кокчетавского массива в условиях, близких к пику метаморфизма. Наличие признаков декрипитации сульфидных включений наряду с экспериментальными данными свидетельствует в пользу существования сульфидного расплава при 6-7 ГПа, 1000-1100 °С.

Совместное нахождение полифазных силикатных включений и сульфидов и в одной ростовой зоне калиевого клинопироксена свидетельствует о том, что несмешивающиеся сульфидный и силикатный расплавы сосуществовали в условиях, близких к пиковым параметрам метаморфизма (6-7 ГПа, 1000-1100 °С).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие положения:

1) Находки калиевого клинопироксена с прогрессивной зональностью позволили реконструировать заключительную стадию прогрессивного этапа метаморфизма, а также исключить гипотезу мантийного образования карбонатно-силикатных пород. Пик метаморфизма для них оценивается в $T = 1000-1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P \sim 6-7\text{ ГПа}$.

2) Сосуществование флюидных, полифазных силикатных и карбонатных включений в одной ростовой зоне порфиробластов граната и клинопироксена свидетельствует о том, что кристаллизация этих минералов происходила в присутствии силикатного и карбонатитового расплавов и преимущественно водного флюида.

3) Находки реликтов калиевого кимрита ($\text{KAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$) в породах сверхвысоких давлений свидетельствует об очень высоких скоростях эксгумации.

4) Присутствие К-кимрита с кокчетавитом в качестве дочерних фаз расплавных включений наряду с экспериментальными данными по прокаливанию К-кимрита свидетельствует о том, что кокчетавит образуется путем дегидратации К-кимрита.

5) Находки сульфидных включений совместно с полифазными силикатными включениями в центральной зоне порфиробласта калийсодержащего клинопироксена указывают на то, что сульфиды присутствовали в карбонатно-силикатных породах Кокчетавского массива в условиях близких к пику метаморфизма. Наличие признаков декрипитации сульфидных включений, наряду с экспериментальными данными свидетельствует о существовании несмешивающихся сульфидного и силикатного расплавов в условиях близких к пику метаморфизма (6-7 ГПа, 1000-1100 °С).

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов исследования вещества, включая минералого-петрографические, геохимические, геотермобарометрические, криометрические и термометрические методы. Определение фазового состава пород и включений, а также химического состава минералов производилось методами электронной сканирующей микроскопии, КР-спектроскопии и конфокального КР-картирования. Температуры фазовых переходов во флюидных и полифазных включениях определялись с помощью криометрических и термометрических исследований. Определение редких сидерофильных и халькофильных элементов в сульфидах производилось методом LA-ICP-MS.

Изложенные и обоснованные в виде защищаемых положений новые данные, представленные в диссертационной работе, и их интерпретация вносят существенный вклад в расширение представлений о природе метаморфизма сверхвысоких давлений. В частности, полученные в работе новые данные о высокобарических минералах, а также флюидных и расплавных включениях в порообразующих минералах карбонатно-силикатных пород Кокчетавского массива важны для реконструкции РТ-трендов эволюции этих пород. В породах сверхвысоких давлений Кокчетавского массива были выявлены включения клинопироксена с прогрессивной зональностью по K_2O . Эти находки позволили реконструировать РТ-режим заключительной стадии прогрессивного этапа метаморфизма для пород алмаз-пироповой субфации метаморфизма. На этом основании была исключена гипотеза мантийного происхождения карбонатно-силикатных пород. В полифазных включениях в клинопироксене впервые в природе был диагностирован калиевый кимрит ($KAlSi_3O_8 \cdot H_2O$).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученные результаты данного диссертационного исследования могут послужить основой для построения геодинамических моделей субдукционно-коллизийных зон. **Выявление** природного калиевого кимрита в карбонатно-силикатных породах Кокчетавского массива может способствовать утверждению нового минерального вида. Материалы диссертации представляют интерес для использования в учебных курсах геохимии, петрологии, минералогии и кристаллохимии.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Результаты экспериментальных работ получены на современном сертифицированном оборудовании для минералого-петрографических, минералого-геохимических, геохимических и термобарогеохимических исследований: оптические поляризационные микроскопы Olympus; сканирующие электронные микроскопы JEOL JXM-6510LV и TESCAN MIRA 3 LMU JSM 6510LV; рентгеноспектральный микроанализатор (Jeol JXA-8100) в аналитическом центре ИГМ СО РАН (г. Новосибирск); КР-спектрометров T64000 Horiba Jobin Yvon и LabRam Horiba Jobin Yvon в аналитических центрах ИГМ СО РАН и НГУ (г.Новосибирск); высокоскоростного КР-спектрометра базе Confocal Raman Imaging alpha 300 R (WiTec Ltd) в г. Ульм, Германия; термокамеры THMSG600 (ИГМ СО РАН) и на микротермокамере оригинальной конструкции Н.Ю. Осоргина и А.А. Томиленко (Осоргин Н.Ю., Томиленко А.А. Микротермокамера / Авт. свидетельство № 1562816 СССР от 07.05.1990); масс-спектрометра с индукционно-связанной плазмой с лазерной абляцией Finnigan Thermo Element 2 в Университете г. Мюнстер (Германия). Полученные на разных приборах результаты хорошо согласуются друг с другом.

Теория построена на основе результатов комплексного минералого-петрографического, геохимического и термобарогеохимического изучения представительной коллекции карбонатно-силикатных пород Кокчетавского массива (3000 анализов на сканирующем электронном микроскопе и рентгеноспектральном микроанализаторе, 60 криометрических и термометрических опытов, 200 изображений в отраженных электронах, 150 индивидуальных КР-спектров, 20 КР-карт). **Идеи диссертации базируются** на общепринятых моделях и концепциях метаморфизма сверхвысоких давлений, процессов частичного плавления и полях стабильности высокобарических фаз. Результаты не противоречат ранее опубликованным экспериментальным данным по этой теме, являются научно обоснованными и аргументированными.

Установлена согласованность результатов диссертационной работы с данными литературных источников по указанной тематике, отражающих эволюцию метаморфических

пород сверхвысоких давлений [Шацкий и др., 1995; Перчук и др., 1996; Лаврова и др., 1999; Sobolev & Shatsky, 1990; Chopin & Sobolev., 1995; De Corte et al., 1998; Cartigny et al., 2001; Ogasawara et al., 2000; 2002; Zhu, 2003; Massonne 2003; 2011; Korsakov et al., 2004; 2009; 2011; Hwang et al., 2005; Korsakov & Hermann, 2006; Sobolev et al., 2011, Imamura et al., 2013; Shirey et al., 2013, Schertl & Sobolev, 2013; Stepanov et al., 2014 и др.], а также экспериментальными данными [Thompson et al., 1998; Perchuk et al., 2002; Harlow & Davies (2004); Литвин и др., 2005; Сафонов и др., 2005; Pal'yanov et al., 2007; Thompson & Schmidt, 2008; Kanzaki et al., 2012; Poli, 2012 и др.].

В ходе работ были **использованы** современные методики пробоотбора и пробоподготовки. Подготовлены и детально изучены 100 шлифов и 70 препаратов для исследований флюидных и расплавных включений. Проведено 60 термометрических и криометрических опытов с расплавными и флюидными включениями. Выполнено 3000 микрозондовых анализов и анализов на сканирующем электронном микроскопе породообразующих минералов и акцессорных минералов, рассчитаны Р-Т параметры образования карбонатно-силикатных пород. Получено 200 изображений в отраженных электронах. Методом КР-спектроскопии получено и расшифровано 150 индивидуальных КР-спектров породообразующих минералов и минералов-включений. Получено 20 КР-карт флюидных и твердофазных включений минералов.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в экспедиционных работах в 2011 и 2014 годах в разведочной штольне, расположенной на южном берегу озера Кумды-Коль, и ее отвалах, самостоятельном отборе образцов и проведении пробоподготовки полевого материала для лабораторных исследований. Автор провела комплекс минералогопетрографических, спектроскопических, термобарогеохимических исследований с помощью методов оптической и электронной сканирующей микроскопии, микрозондового анализа, КР-спектроскопии, конфокального КР-картирования, микротермометрии и микрокриометрии, а также выполнила обработку аналитических данных и расчет РТ-условий образования карбонатно-силикатных пород Кумды-Кольского блока (Кокчетавский массив). Основу диссертации составляют исследования, проведенные в период 2008-2015 гг. Совместно с авторами опубликованных работ проведена интерпретация полученных данных, написаны тексты статей и материалов тезисов. Соискатель принимал личное участие в апробации результатов исследований.

На заседании 2 октября 2015 года диссертационный совет принял решение присудить Михно Анастасии Олеговне ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 9 докторов наук по специальности 25.00.05, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 19, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета



Н.В. Соболев

Ученый секретарь диссертационного совета



О.Л. Гаськова

5 октября 2015 г.