

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор Института геологии и геохимии  
им. А.Н. Заварицкого УрО РАН,  
доктор геолого-минералогических наук  
Зедгенизов Дмитрий Александрович



30 декабря 2021 г.

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента доктора геолого-минералогических наук  
директора Института геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого  
УрО РАН Зедгенизова Дмитрия Александровича на диссертацию

**БАНУШКИНОЙ Софьи Викторовны**

**«ФАЗОВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ  
ПЛАВЛЕНИЯ В КВАРЦНОРМАТИВНОЙ ОБЛАСТИ СОСТАВОВ  
СИСТЕМЫ  $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  (CMAS) НА ОСНОВЕ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЧЕНИЯ  
ДИОПСИД – КАЛЬЦИЕВАЯ МОЛЕКУЛА ЭСКОЛА»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук  
по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Работа **С.В. Банушкиной** посвящена исследованию состава твердых растворов  
клинопироксенов и особенностей взаимодействия фаз в кварцнормативной области  
модельной системы CMAS. Ранние исследования продемонстрировали, что  
нестехиометричный минерал кальциевая молекула Эскола  $\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_2\text{O}_6$ , принадлежащий  
данной области составов, представляет ценность для геотермобарометрических  
разработок, тем не менее, как справедливо было замечено, конкретной количественной  
корреляции предложено не было, а многие вопросы остались открытыми. В этой связи  
понятен интерес диссертанта провести более тщательное экспериментальное  
исследование состава твердого раствора диопсид (Di) – кальциевая молекула Эскола

(CaEs) и особенностей плавления в широком интервале давлений – от атмосферного до 3,0 ГПа.

Принципиально **новым** является то, что диссертант установил взаимное сосуществование двух клинопироксенов в данном сечении - состав первого представлен серией Di-En-CaTs-CaEs, состав второго – твердым раствором Di-En (вместо предполагаемого твердого раствора Di-CaEs). Во-вторых, диссертантом предпринята достаточно удачная попытка разработать физико-химическую модель, непротиворечащую известным гипотезам, и построен кварцнормативный тренд эвтектической кристаллизации, выведенный на основе полученных экспериментальных данных. И наконец, в-третьих, проведенная экспериментальная оценка вязкости модельного расплава позволила соискателю сделать важный вывод о приблизительном количестве твердой фазы в расплаве, необходимом для свободного продвижения таких расплавов в магмоподводящих каналах.

Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения, список литературы содержит 193 наименования. В основе диссертации лежит большой объем фактического материала; анализы проведены многочисленными современными методами.

Представленные во **Введении** защищаемые положения сформулированы строго и понятно. Однако во втором положении, по моему мнению, при формулировке стоило опустить предложение «тренд, сформированный эвтектическими реакциями контролирует эволюцию кварцнормативных пород в пространстве», поскольку оно следует из полученных защищаемых результатов.

В **Главе 1** подробно раскрыта хронология ранних исследований, посвященных данной тематике и миналу CaEs, в целом. Соискатель проявил трудолюбие при изучении этого вопроса, смог выделить важные моменты.

**Глава 2** посвящена методике проведения экспериментальных исследований. Лаконично представлена последовательность действий, подробно описано оборудование, на котором проведены эксперименты, что также заслуживает отдельной похвалы.

В качестве замечания хотелось бы добавить следующее. После исторического обзора (в Гл.1) по составам клинопироксенов обозначается проблема и кратко приводятся этапы работы, касаемые экспериментов по исследованию твердых растворов. Затем следует вполне логичное описание экспериментальных исследований. Но на стр. 34 под пунктом 2.5 приводится описание методов исследования вязкости расплава. Тем не менее, в главе 1 об этом не было сказано ни слова. Возможно, стоило в Гл.1 выделить пару абзацев о необходимости исследования этого параметра.

**Глава 3** является наиболее значимой частью работы, т.к. в ней представлены результаты экспериментальных исследований. Следует отметить, что соискатель не только представил полученные данные, но и дополнительно поставив себе задачу в ходе эксперимента, чем же являются структуры в образцах, нашел решение. Этот факт характеризует диссертанта, как исследователя, способного к таким методам логики, как абстрагирование и обобщение.

На стр. 70 стоило подумать и высказать предположение, почему для CaTs-компонента положительная корреляция более отчетлива, чем для CaEs-компонента, и с чем это может быть связано.

В **Главе 4** приведены фазовые диаграммы, построенные по результатам экспериментального исследования с участием выделенных фаз.

Небольшое замечание. Стр. 74. В тексте фраза «Для интервала давлений 1,2-1,5 ГПа топология фазовых взаимоотношений принципиально не отличается от схемы при 1,0 ГПа». Опытов при данных значениях давления проведено 15 штук, поэтому либо стоило построить и привести в тексте эти диаграммы (при 1,2-1,5 ГПа), либо вообще не употреблять эту фразу.

В **Главе 5** подводятся итоги полученных результатов.

Несмотря на то, что работа С.В. Банушкиной экспериментальная, соискателю удалось сделать вывод, по результатам исследования, о возможных механизмах эволюции кварцнормативного состава к поверхности Земли. Показано, что плавление в CMAS-системе может контролироваться тремя трендами, два из которых получены ранее Н.В. Сурковым, а третий выведен на основе представленных в настоящей работе результатов. Несомненно, полученный результат имеет важное значение для фундаментальной петрологии и требует дальнейших исследований в данном направлении.

В качестве рекомендации. В будущем следует уделить больше внимания составу расплава, как именно он меняется с изменением (p, T)-параметров, хотелось бы видеть динамику его развития.

В **Главе 6** представлены экспериментальные результаты и расчетные данные по оценке вязкости диопсидового расплава. Соискателю удалось показать, что расплав диопсида в присутствии кристаллов оливина менее 20-30 мас.% имеет низкую относительную вязкость, которая обеспечивает высокую скорость продвижения таких магм. Несмотря на то, что измеренные значения относительной вязкости расплава оценочны, но даже приближенные оценки играют важную роль при изучении процессов, происходящих в мантии и земной коре.

По итогам работы С.В. Банушкиной получен колоссальный объем новых данных, проведено большое количество экспериментов, поэтому в качестве рекомендации, желательно опубликовать данные материалы в высокорейтинговых международных журналах, чтобы эти оригинальные исследования могли быть доступны мировому научному сообществу.

Таким образом, несмотря на отмеченные замечания и не критичные опечатки в тексте, представленная работа характеризует диссертанта, как исследователя, не только разбирающегося в фундаментальных петрологических проблемах, но и способного критически мыслить, ставить задачи и находить их решения.

Диссертация «ФАЗОВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПЛАВЛЕНИЯ В КВАРЦНОРМАТИВНОЙ ОБЛАСТИ СОСТАВОВ СИСТЕМЫ СаО-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> (CMAS) НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЧЕНИЯ ДИОПСИД – КАЛЬЦИЕВАЯ МОЛЕКУЛА ЭСКОЛА» является завершенной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9-14 "Положения о присуждении ученых степеней" от 24.09.2013 г., а соискатель БАНУШКИНА Софья Викторовна заслуживает присуждения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Текст автореферата полностью отражает содержание всей диссертационной работы.

доктор геолого-минералогических наук, директор Института геологии и геохимии им.

А.Н. Заварицкого УрО РАН

Зедгенизов Дмитрий Александрович

e-mail: zed@igm.nsc.ru



Д.А. Зедгенизов

*Зедгенизов Д.А. Зедгенизова заверено.  
учленом секретаря И.А. Тютинцев  
30.12.2021*