

## **Отзыв**

**Официального оппонента на диссертационную работу Елены Александровны  
Хромовой «Возраст и петрогенезис пород щелочно-ультраосновного  
карбонатитового Белозиминского массива (Восточный Саян)», представленной на  
соискание степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности  
25.00.04- петрология, вулканология**

Интерес петрологов к карбонатитам обусловлен не только специфической их рудоносности на стратегические металлы, но и сложными особенностями их петрогенезиса. В настоящее время существует три главные точки зрения на механизм их образования: непосредственное выплавление из карбонатизированной литосферной мантии, фракционная кристаллизация карбонатизированной силикатной магмы, жидкостная карбонатно-силикатная несмесимость в процессе фракционирования магм с высоким содержанием CO<sub>2</sub>. При этом, несмотря на длительную историю изучения карбонатитов, вопросы, касающиеся природы, механизма и физико-химических параметров их образования, остаются предметом острой дискуссии. Особенно актуальным является исследование щелочных пород и карбонатитов белозиминского комплекса в южном обрамлении Сибирского кратона. С одной стороны с массивами этого комплекса (Белозиминским и Большетагнинским) связаны промышленные запасы ниобия. С другой стороны обоснование возраста, рифтогенной природы, синхронности карбонатитов и силикатных пород и петрогенезиса этой специфичной ассоциации крайне важны для глобальных геодинамических реконструкций в южном обрамлении Сибирского кратона в неопротерозойское время. В этом отношении рассматриваемая работа Е.А.Хромовой является актуальной и своевременной.

Диссертационная работа Е.А.Хромовой посвящена вопросам петрологии и рудоносности Белозиминского массива, который является эталонным для данного комплекса. В первой главе автор дал достаточно полный обзор по проблемам петрологии и рудоносности карбонатитовых ассоциаций Мира и России. Из этого обзора показана роль именно Белозиминского массива в решении вопросов генезиса высококалиевых щелочно-ультраосновных и карбонатитовых комплексов и их рудоносности. Вторая глава посвящена вопросам геологического положения, возраста, строения массива и соотношений силикатных и карбонатных пород. Эта глава носит в основном компилятивный характер, но в ней четко обобщены имеющиеся на сегодня данные. Оригинальными же являются данные по возрасту карбонатитов. Следует отметить, что в работе указано, что массивы комплекса приурочены к Урикско-Ийскому грабену, где поверхность Мохо приподнята на

4-5 км. Это подтверждает наряду с другими данными рифтогенную природу данной ассоциации. В этой же главе обсуждены данные о возрасте массивов белозиминского комплекса. Показано, что все имеющиеся корректные датировки получены только для силикатных пород, а по карбонатитом не было данных. Поэтому автором предприняты специальные исследования по датированию карбонатитов. Определение возраста Ar-Ar методом по флогопиту из кальцит-доломитовых карбонатитов соответствует  $645 \pm 6$  млн лет и может быть принят за время формирования карбонатитов. Это доказывает синхронность формирования силикатных пород и карбонатитов, что отражено в первом защищаемом положении. Результаты исследования Pb-Pb изотопных систем также подтверждают этот вывод. В то же время при расчетах изохроны было бы целесообразно рассчитать изохроны отдельно для силикатных пород и карбонатитов. Тем более что одна точка (2099-75-80) для карбонатитов сильно отстает и она по существу и задает наклон изохроны.

В работе справедливо указывается, что важность результата полученных исследований заключается в том, что образование Белозиминского массива, наряду с другими щелочными карбонатитовыми массивами, которые расположены по краю Сибирского кратона, и характеризуются близкими типами редкометальных месторождений (Алдан-Становой щит, Енисейский кряж, Восточный Саян), ложится в интервал 750-600 млн лет. Как считают некоторые авторы на период приходится на заключительный этап раскола суперконтинента Родиния. С такой трактовкой нельзя согласиться. В период 725 млн. лет в южном обрамлении Сибирского кратона активно проявился ультрамафит-мафитовый магматизм, с которым связаны медно-никелевые и платиновые руды. Это массив Йоко-Довырен с малосульфидным платинометальным и медно-никелевым оруденением. Родоначальная магма этого массива имела пикритовый состав. Аналогичные ультрамафит-мафитовые массивы проявлены в Алхадырском террейне Присаянья (Медек, Тартай) и в Восточном Саяне (Кингаш и Верхний Кингаш). Этот этап в Сибири сопоставляется с Франклинской LIP в Канаде (Поляков и др., 2013; Мехоношин и др., 2016). Именно с такими этапами магматизма сопряжены расколы континентов. Для южной Атлантики это этап 132 млн. лет (траппы Эдеко и Параны). Для северной Атлантики это этап 55 млн. лет (траппы Шотландии и Гренландии). Для трапповых этапов сопровождающихся высокими степенями плавления литосферной и астеносферной мантии карбонатиты не уместны. Напротив щелочно-ультраосновные комплексы юга Сибири проявились, как это справедливо показано на рис 2.5.3 сформировались в очень узком временном интервале и при этом все они отвечают не высоким степеням плавления литосферной мантии.

Главы 3 и 4 являются оригинальными и насыщенными новым фактическим материалом. Они посвящены минералого-петрографическим и изотопно-геохимическим особенностям силикатных и карбонатных пород Белозиминского массива. Надо отметить, что эта часть работы выполнена с использованием самых современных методов анализа, особенно это касается тонких минералогических исследований. Так в работе Е.А.Хромовой показано, что состав и поведение основных породообразующих минералов (клинопироксен, слюда, апатит и другие) в силикатных породах отражают процессы формирования пород Белозиминского массива за счет фракционной кристаллизации с возрастающей активностью кремния, щелочей и фугитивности кислорода. Для карбонатитов же показано, что смена раннего флюоркальциопирохлора карбонатитов на кенопирохлор и далее в гидропирохлор, замещающийся Fe-содержащим колумбитом, характеризует позднюю стадию эволюции карбонатитовой системы, обогащенную барием, ураном, железом, РЭЭ. В процессе эволюции карбонатитового расплава также происходило обогащение щелочами и летучими компонентами (F и H<sub>2</sub>O). Оба этих процесса нашли отражения во втором и третьем защищаемых положениях, к которым у рецензента нет претензий, поскольку они обосновываются фактическим материалом.

Из замечаний к этим разделам работы отмечу следующее. На многих диаграммах мельтейгиты и йолиты действительно образуют единые тренды, тогда как нефелиновые сиениты образуют отдельные кластеры. Например, по глинозему, натрию и титану. Также же это видно по поведению бария, стронция, рубидия и др. Возможно это можно объяснить флотацией нефелина, как это предполагается для некоторых щелочных комплексов. Диссертант согласно классификационной диаграмме (Woolley and Kempe, 1989) показывает, что кальцитовые карбонатиты относятся к кальциокарбонатитам, кальцит-доломитовые карбонатиты по своему составу варьируют от кальциокарбонатитов до феррокарбонатитов, а фигуративные точки анкеритовых карбонатитов ложатся в поле магнезиокарбонатитов и феррокарбонатитов. При этом предпочтение отдает минералогическому, а не геохимическому составу. Тогда как по петрохимии и геохимии по существу выделяются две группы карбонатитов.

В то же время следует отметить, что из работы мне понятно на каком этапе происходит разделение силикатной и карбонатной магм. Обычно это отражается в особенностях геохимии минералов. В частности для лампроитовых магм, в которых силикатно-карбонатная ликвация наблюдается при кристаллизационно-гравитационной дифференциации в шонкинитах (Рокосова и др., 2014; Чайка, Изох 2019) наблюдается падение содержаний стронция в апатитах, бария во флогопитах. Падение содержаний фтора

зарегистрировано Е.А.Васюковой в слюдяных лампрофирах чуйского комплекса Горного Алтая, что также связано с карбонатно-силикатной ликвацией. Для пород Белозиминского массива подобных особенностей в работе не отмечено. Это позволяет предполагать, что карбонатно-силикатная ликвация происходила в глубинной промежуточной камере, а процессы дифференциации этих магм происходили отдельно при малоглубинных (субвуликанических условиях), как это указано во второй главе. В то же время согласно последним экспериментам А.В.Арефьева и А.Ф.Щацкого для системы, которую авторы назвали пелитом, показано одновременное существование силикатного и карбонатного расплавов в мантии. Одновременное существование силикатного и карбонатного расплавов предполагается для камафигитовых ассоциаций и для ассоциаций с участием карбонатитов, альнеитов и альвикитов.

Оппонент считает, что все защищаемые положения диссертационной работы Е.А.Хромовой полностью обоснованы фактическим материалом, корректным и объективным анализом геологической, геохронологической, минералогопетрографической и изотопно-геохимической информации. Главным достижением диссертационной работы, определяющей ее новизну является доказательство одновременного внедрения силикатной и карбонатной и обоснование характера их эволюции.

Высказанные замечания не снижают уровня работы и зачастую связаны с дискуссионностью ряда проблем и интерпретаций фактического материала. Это не влияет на основные выводы работы соискателя. Все защищаемые положения диссертационной работы Е.А.Хромовой надежно обоснованы фактическим материалом полученным соискателем.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы. Основные положения работы отражены в 5 публикациях в рецензируемых журналах, в том числе за первым авторством. Это указывает на значительном личном вкладе соискателя в работе. Диссертация Е.А.Хромовой «Возраст и петрогенезис пород щелочно-ультраосновного карбонатитового Белозиминского массива (Восточный Саян)», представленной на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04-петрология, вулканология является научно-квалификационной работой, в которой решена проблема комагматичности силикатных и карбонатных пород Белозиминского щелочно-ультраосновного массива с карбонатитами и показана эволюция силикатной и карбонатной магм. Полученные данные имеют важное значение для реконструкции процесса

рудообразования, факторов оруденения и разработки поисковых критериев. Детальные минералогические исследования необходимы для составления эффективных технологических схем извлечения основных рудных и попутных полезных компонентов в случае эксплуатации данного месторождения.

Диссертационная работа Е.А.Хромовой соответствует всем критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Официальный оппонент,

Изох Андрей Эмильевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, профессор Новосибирского государственного университета, адрес 630090, Новосибирск-90, пр-т. Ак. Коптюга, 3, тел. +7 913- 060-32-40, izokh@igm.nsc.ru

Я, Изох Андрей Эмильевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

## Подпись

