

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института природных ресурсов,
экологии и криологии СО РАН
к.г.н.



И.Е. Михеев

«*И.Е. Михеев*» 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию *Хромовой Елены Александровны*

«Возраст и петрогенезис пород щелочно-ультраосновного карбонатитового Белозиминского массива (Восточный Саян)», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – петрология, вулканология

На отзыв представлена компьютерная рукопись диссертации объемом 186 стр., состоящая из Введения (стр.3 – 12), 4-х глав (стр. 13 – 108), Заключения (стр.112), списка литературы из 281 названия (стр. 113 – 144) и двух приложений с табличными данными результатов анализов горных пород и минералов (стр.145 – 186).

Во введении обоснована актуальность исследования, обусловленная необходимостью изучения щелочных карбонатитовых комплексов, которые с одной стороны, представляют собою уникальные минеральные объекты, процессы образования которых недостаточно изучены, и с которыми связаны месторождения редких, в том числе, редкоземельных, химических элементов, с другой. Автором исследованы особенности петрологии, минералогии и возраста Белозиминского карбонатитового массива, казалось бы, хорошо изученного. Однако, минералогия, а, следовательно, и минералого-геохимические особенности относительно редких горных пород, каковыми являются мельтейгиты, ийолиты, а также и сами карбонатиты, требовали изучения современными методами с целью уточнения их минерального состава и химического состава самих минералов. Актуальность заключается также в возможности прослеживания эволюции щелочных магм, а также понимания процессов и механизма возникновения рудоносных комплексов, ассоциирующих с щелочными магмами, в том числе и карбонатитов.

Целью выполненного исследования было геохронологическое, минералого-петрографическое и геохимическое изучение рудогенерирующих и рудоносных массивов, а также самого ниобиевого и редкоземельного оруденения.

Фактический материал и методы исследований соответствовали поставленным задачам. Особенностью и положительным фактором, обеспечившим получение надежных результатов, явилось использование современных методов анализа, в частности, LA ICP-MS, обеспеченных современными программами, используемыми в Германии. Измерения изотопного состава неодима и стронция, а также свинца выполнено в лучших лабораториях.

В существенной мере решены следующие задачи:

- а) выявлены петролого-геохимические, минералогические и изотопно-геохронологические особенности щелочных пород и карбонатитов;
- б) изучен макро-и микроэлементный состав главных породообразующих, второстепенных и акцессорных минералов, слагающих горные породы и руды;
- в) определен возраст карбонатитов;
- г) получены новые данные об источниках вещества горных пород и руд Белозимского массива.

Все это определило новизну полученных результатов, заключающихся в том, что

- 1) впервые выявлена эволюция химического состава и структуры основного носителя ниобия – пироклора;
- 2) детально изучены минералы-носители РЗЭ;
- 3) определены примеси редких элементов в породообразующих и акцессорных минералах и прослежена изменчивость их состава во времени;
- 4) получены данные об Lu-Hf изотопном редкоэлементном составе циркона из карбонатитов;
- 5) определен возраст карбонатитов Белозиминского массива и построена Pb-Pb геохронология для главных горных пород.

Главными достижениями автора являются новые данные, полученные в результате изучения химического состава породообразующих и рудных минералов, слагающих горные породы комплекса. Прежде всего это относится к клинопироксенам, для которых выявлена обогащенность РЗЭ, ванадием и цирконием. Кроме того определено повышение их щелочности в ряду диопсид-геденбергит-эгирин.

Особое внимание уделено вариациям и эволюции состава главного рудного минерала – пироклора. Изучена зональность в распределении главных строящих его химических элементов. Показано, что в нем преобладают легкие РЗЭ. При этом минимальные содержания их присущи пироклору из сиенитов. Установлен такой ряд в их образовании: фторкальциопироклор → кенопироклор → гидропироклор, в котором снижается содержание кальция, натрия и фтора, а возрастает – ОН-группы. Детально

изучен цирконолит, находящийся во включениях в пироклоре, отнесенный к его обедненному РЗЭ аналогу – лаахиту.

Получены новые данные о составе и типохимизме слюд, перовскита, титанита, циркона, карбонатов и апатита. Детально изучены фторкарбонаты РЗЭ и монацит.

В работе впервые получены Lu-Hf изотопные данные и вариации их отношений. Особенностью циркона карбонатитов Белозиминского массива является тренд возрастания содержаний тяжелых РЗЭ, нормированных к хондриту. Это свидетельствует о возможном их накоплении в остаточном минералообразующем флюиде-расплаве ко времени формирования циркона в карбонатитах. Наиболее ярко это проявлено для кальцит-доломитовых карбонатитов, характеризующихся максимальным значением празеодимового минимума. Это же относится к циркону и титаниту из нефелиновых сиенитов.

В результате полученные Lu-Hf-изотопные данные для циркона показали, что «...первичные расплавы для пород, слагающих Белозиминский массив, формировались из гетерогенного умеренно деплетированного мантийного источника» (стр.111). Это один из основополагающих выводов диссертации.

Особо следует отметить, что автором выявлены неизвестные ранее в Белозиминском массиве редкие минералы: кассит, бурбанкит, норсетит, фторкальциопироклор, кенопироклор, гидропироклор, олекминскит, шортит, эйтелит, франклинит, фергусонит-(Ce), баотит, а также близкие по составу, но точно не определенные моговидит, эвеслогит. Два последних следовало бы детально изучить с целью поиска возможных новых минеральных видов.

Результаты изучения петрохимических и геохимических особенностей горных пород Белозиминского массива подтвердили вывод об условиях образования карбонатитов.

Анализ всех полученных автором новых данных свидетельствует об обоснованности защищаемых положений в целом.

Результаты исследований автора в необходимой мере опубликованы в 5 статьях в рецензируемых журналах, в том числе в двух иностранных, а также апробированы в 7 материалах конференций.

Практическое значение работы заключается в том, что полученные новые данные о химическом и минеральном составе рудовмещающих горных пород, а также о строении, формах и размерах рудных минералов, их химической специализации, могут быть использованы при разработке технологических способов обогащения и переработки руд, а

также разработки факторов и критериев поисков и разведки подобных месторождений. Они могут быть использованы и при разработке технологий их отработки.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация написана хорошим литературным языком, логично выстроена и легко читается. Приведенные графики свидетельствуют об умении обрабатывать и представлять аналитические данные.

Тем не менее, как и всякая исследовательская работа, рассматриваемая диссертация имеет ряд недостатков и упущений.

1. В первой главе «Карбонатиты и связанные с ними месторождения», где дан обзор проблемы, нет заключения, в котором следовало бы определить, что еще не изучено и что определило тему диссертации.

2. Первое защищаемое положение сформулировано упрощённо. На самом деле, как показано автором, образование самих карбонатитов является продуктом остаточных расплавов и поэтому относится к заключительной, более поздней стадии формирования всей системы Белозиминского массива. Поэтому синхронность здесь весьма относительна. Это следовало бы оттенить и в Заключении к диссертации (стр. 112), недостаточно полно отражающем результаты исследования и его научное и практическое значение.

3. Формулировка третьего защищаемого положения существенно уже полученных результатов, которые дают возможность более широкого их обобщения.

4. В списке сокращений, используемых для обозначения минералов (стр. 12), некоторые из них отсутствуют, что затрудняет их восприятие на рисунках.

5. Следовало бы внимательно откорректировать подписи к некоторым рисункам и обозначениям на них. Например, на рис.3.1.2а написано: «неоднородный перовскит в ассоциации с магнетитом»), а магнетит на нём не указан; далее: «в) структура распада в магните» вместо в магнетите. Такие примеры не единичны.

Однако эти замечания не снижают общей научной сущности диссертации.

Оценивая работу, в целом отметим её высокую значимость для решения проблемы как условий и процессов образования карбонатитов, так сырьевой базы связанных с ними редких и редкоземельных металлов.

Диссертация *«Возраст и петрогенезис пород щелочно-ультраосновного карбонатитового Белозиминского массива (Восточный Саян)»*, является завершённой научно-квалификационной работой, по теоретическому уровню, новизне, теоретической и практической значимости соответствует «Положению о порядке присуждения ученых степеней» в части кандидатских диссертаций, а ее автор *Хромова Елена Александровна*,

достойна ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности
1.6.3 – петрология, вулканология.

Доктор геолого-минералогических наук,
профессор,

главный научный сотрудник

Лаборатории геохимии и рудогенеза

ФГБУН Институт природных ресурсов,

экологии и криологии СО РАН, г. Чита,

672014, ул. Недорезова, д.16а

Юргенсон Георгий Александрович

Я, Юргенсон Георгий Александрович, автор отзыва, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

Юргенсон Георгий Александрович

24 августа 2023 г.

Отзыв утвержден на Ученом совете ИПРЭК СО РАН, протокол №09 от 24августа 2023 года.

