

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Прокопьева Ильи Романовича
ПЕТРОГЕНЕЗИС И РУДОНОСНОСТЬ ЩЕЛОЧНЫХ КАРБОНАТИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ
СИБИРСКОГО КРАТОНА И СКЛАДЧАТОГО ОБРАМЛЕНИЯ,

представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук
по специальностям 1.6.3 – «Петрология, вулканология»; 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения».

Представленная к защите диссертационная работа общим объемом 328 стр. состоит из Введения, пяти глав, Заключение, списка использованной литературы (592 наименования) и 12 текстовых приложений. Диссертация проиллюстрирована 105 рисунками и 2 таблицами, размещенными в тексте. Остальные таблицы помещены в приложения (54 стр.)

Актуальность темы диссертации. В соответствии со Стратегией развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ в 2024 г., ниобий, тантал, цирконий, плавиковый шпат и редкоземельные металлы относятся к группе дефицитных видов стратегического минерального сырья. Поиски новых и переоценка известных месторождений указанных полезных ископаемых, связанных с карбонатитовыми комплексами, будут служить приоритетными направлениями геологоразведочных работ в долгосрочной перспективе. Отдельное внимание будет уделено разработке новых технологий обогащения и глубокой переработки руд. Все это определяет несомненную актуальность рассматриваемой диссертационной работы.

Степень обоснованности защищаемых положений.

К защите выдвинуты 4 положения, обоснование которых содержится в соответствующих 4-х главах диссертации.

Первое защищаемое положение посвящено магнезиокарбонатитам Центрально-Алданского района, модель формирования которых предполагает их непосредственное выплавление из карбонатизированной перидотитовой мантии (1-й генетический тип). Обоснование положения содержится на стр. 72–102 диссертации.

Возраст карбонатитов определен автором в 1.90–1.87 млрд лет для 3 объектов U-Pb методом датирования цирконов и вполне обоснован.

Автор утверждает, что изученные карбонатиты были сформированы в результате кристаллизации расплава, обогащенного Р, Fe и РЗЭ, а связанная с ними редкоземельная минерализация сформировалась при участии гидротермальных щелочно-хлоридных растворов. Это положение в первую очередь основано на минералогических наблюдениях: апатит и магнетит на всех объектах относятся к первично-магматическим минералам, а минералы редких земель — к более поздним. Дополнительным доказательством служит наличие в апатите расплавных включений, а в кварце с редкоземельной минерализацией — флюидных включений с галитом. При этом высокие содержания La, Ce и Nd в расплавных включениях позволили автору говорить о повышенном содержании РЗЭ в магнезиокарбонатитовых магмах.

Несмотря на то, что включения изучены только в карбонатитах Селигдара, полученные результаты автор распространяет на все интрузии Селигдарского типа. Но, принимая во внимание локализацию всех объектов в общей рудной зоне, близкий возраст и однотипный минеральный состав карбонатитов, подобный вывод можно считать обоснованным.

Во втором защищаемом положении изложены результаты изучения чадобецкого щелочного комплекса (2-й генетический тип, юго-западная часть Сибирского кратона). Объектом исследований служили ультраосновные лампрофиры (айлликиты). Утверждается, что исходный айлликитовый расплав был обогащен Ba, Sr, PЗЭ, Zr, Ta и Nb. Материалы, обосновывающие данный тезис, представлены на стр. 123-133 диссертации и в табл. 7.2. Вывод основан преимущественно на результатах LA-ICP-MS анализа расплавных включений (11 шт), и особых сомнений не вызывает.

Далее предполагается, что *эволюция айлликитового расплава привела к формированию рудоносных карбонатитов*. Во-первых, следует отметить, что карбонатиты чадобецкого комплекса в диссертации автором практически не охарактеризованы, их генетическая связь с лампрофирами только предполагается. Во-вторых, в рамках данной работы «эволюция» — слишком общий термин, обозначающий все процессы, служащие предметом исследований: и кристаллизационную дифференциацию, и несмесимость, и постмагматическую гидротермальную деятельность. В этой части второе защищаемое положение представляется недостаточно четко сформулированным. Возможно, в процессе защиты соискатель уделит данному вопросу отдельное внимание и раскроет суть своих представлений.

В третьем защищаемом положении обобщены результаты исследования карбонатитов массива Арбарастах (Алданский щит), которые также относятся ко 2-му генетическому типу. Автором установлено, что редкометалльная Ta-Zr-Nb минерализация на этом объекте сформировалась на магматическом этапе из щелочно-силикатно-карбонатного расплава, а Ba-Sr-редкоземельная минерализация образовалась при участии щелочно-карбонатных флюидов на гидротермальном этапе. Достаточно убедительное обоснование данного тезиса приведено на стр. 162-191 диссертации и включает главным образом результаты минералогических исследований: минералы Zr и Nb относятся к первично-магматическим, минералы Ba-Sr с редкими землями — к постмагматическим. Расплавные включения в клинопироксене карбонатитов по данным LA-ICP-MS характеризуются высокими содержаниями всех указанных элементов, что не вносит дополнительной ясности в решение вопроса о последовательности и причинах их концентрации. Вторичные кристалло-флюидные включения, которые можно отнести к постмагматическим образованиям, обнаружены только в одном образце. В целом защищаемое положение можно считать в достаточной мере обоснованным. Но опять же необходимо дополнительно объяснить, почему карбонатиты названы продуктами эволюции айлликитового расплава и в чем заключается эта эволюция.

Четвертое положение посвящено результатам исследований карбонатитов Западного Забайкалья, Центральной Тувы и Южной Монголии, которые относятся 3-му генетическому типу (стр. 199-235 диссертации). На основании данных, полученных при изучении многочисленных флюидных включений в минералах карбонатитов, автором убедительно доказано, что рудная Fe-F-Ba-Sr-REE минерализация щелочных карбонатитовых комплексов данного типа на всех объектах сформировалась из щелочных рассолов-расплавов фторидно-/сульфатно-/хлоридно-/карбонатного состава на магматическом этапе и их производных — водно-солевых флюидов на гидротермальном этапе.

Таким образом, все защищаемые положения диссертации в достаточной степени обоснованы, высказанное к ним замечание имеет, прежде всего, дискуссионный характер.

Замечания по представлению и оформлению материала

1. В качестве одной из главных целей работы служило определение физико-химических условий эволюции рудоносных карбонатитовых комплексов. Именно поэтому исследованиям расплавных и флюидных включений в диссертации уделено особое внимание. Фазовый и элементный состав включений определен самыми современными методами — LA-ICP-MS, SEM, КР-спектроскопией.

Во вводной части работы указано, что в процессе исследований проводились также эксперименты по нагреву и охлаждению включений, методом термо-криометрии определялись температуры гомогенизации, концентрации растворов, состав солей и газов, а также плотности фаз (давление в системе).

В диссертации, однако, обсуждаются только эксперименты по нагреву включений. Определены температуры гомогенизации, концентрации солей рассчитаны по температурам плавления галита-сильвина. Возможности криометрии не использованы, плотности флюидов и давления не определены. Единственная попытка оценки давления (рис 37. на стр.102) неудачна, т.к. в качестве температуры зарождения расплава принята температура гомогенизации расплавных включений, т.е. температура кристаллизации породы.

Данный пробел рекомендуется восполнить в процессе дальнейших исследований.

2. Текст диссертации содержит много опечаток и грамматических ошибок.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается аналитическими данными, полученными на современном высокоточном оборудовании и полностью представленными в диссертации в табличной форме. Результаты интерпретации этих данных опубликованы в 50 статьях в ведущих отечественных и зарубежных рецензируемых журналах. Этот уровень апробации позволяет не сомневаться в достоверности выводов диссертанта.

Научная новизна. Впервые на основе минералогических характеристик и данных по составу расплавных и флюидных включений определены условия образования карбонатитов трех генетических типов и связанного с ними редкометалльно-редкоземельного оруденения. Для каждого типа карбонатитов установлены закономерности в распределении рудогенных элементов между расплавами, флюидами и минералами на магматическом и гидротермальном этапе развития рудно-магматических систем.

Научная и практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в том, что на основании совокупности полученных автором фактических данных выявлено сходство процессов эволюции магм и флюидов при становлении однотипных карбонатитовых комплексов в разных геодинамических обстановках и в различные геологические эпохи, что доказывает их связь с фундаментальными факторами и является основой для научно обоснованного прогноза сопряженного с карбонатитами оруденения.

В научный и информационный оборот введен большой массив минералогических, петрологических, геохимических и термобарогеохимических данных, использование которого будет способствовать дальнейшему развитию научных и прикладных исследований не только в области петрологии и рудоносности карбонатитов, но и в направлении совершенствования общей теории зарождения и эволюции мантийных магм и связанного с ними оруденения.

Установленные минералогические, петрологические и термобарогеохимические особенности разнотипных карбонатитов могут быть использованы при оценке потенциальной рудоносности щелочных карбонатитовых комплексов в других регионах нашей страны, при разработке и совершенствовании технологий обогащения редкометалльно-редкоземельных руд.

Результаты диссертационного исследования рекомендуется включить в курс петрологии ВУЗов, а также использовать при планировании и проведении поисково-оценочных работ на редкие и редкоземельные металлы.

Полнота публикаций соискателя в научной печати

Материалы диссертации полностью изложены в научных публикациях, в числе которых 50 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК. Результаты исследований многократно обсуждались на всероссийских и международных совещаниях и конференциях.

Автореферат отражает основное содержание и выводы диссертации.

Заключение

Диссертационная работа И.Р.Прокопьева является завершённой научно-квалификационной работой, в которой полностью решены поставленные перед соискателем задачи: выполнено геологическое изучение карбонатитовых комплексов, уточнены временные интервалы их становления, определен вещественный состав пород и руд, установлена последовательность минералообразования, выявлены особенности состава и генезиса рудных минералов, определены физико-химические условия образования расплавов и растворов в щелочно-карбонатитовых системах.

В диссертации решена научная проблема обоснования факторов, определяющих рудоносность щелочных карбонатитовых комплексов и распределение редких и редкоземельных элементов в системе расплав–флюид–минерал. Достигнутый результат имеет важное значение для обеспечения нашей страны дефицитными видами стратегического минерального сырья.

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.6.3 – «Петрология, вулканология» (пункты 1, 2, 3), и паспорту специальности 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения» (пункт 1).

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, установленным в п. 9-14 Постановления правительства РФ "О порядке присуждения учёных степеней" от 24.09.2013 N 842 в ред. от 25.01.2024 (вместе с "Положением о присуждении учёных степеней"), а ее автор Прокопьев Илья Романович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальностям 1.6.3 – «Петрология, вулканология» и 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

Оппонент: Кряжев Сергей Гаврилович

Подпись ЗАВЕРЯЮ



Секретарь



26 мая 2025 г.

Сведения об оппоненте:

Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»).

Почтовый адрес: 117545, Москва, Варшавское шоссе, д.129, корп.1

Телефон 8-(495)-315-43-65 доб. 278. *E-mail:* kryazhev@tsnigri.ru

Должность: Начальник отдела минералогии и изотопной геохимии

Ученое звание: старший научный сотрудник.

Ученая степень: доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 (1.6.10) – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Я, Кряжев Сергей Гаврилович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку, в том числе на размещение сведений на сайте ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С.Соболева СО РАН.