

## **ОТЗЫВ**

**на диссертационную работу Чеботарева Дмитрия Александровича**

**«ПЕТРОГЕНЕЗИС И НИОБИЙ-РЕДКОЗЕМЕЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ  
ЧУКТУКОНСКОГО ЩЕЛОЧНОГО УЛЬТРАОСНОВНОГО КАРБОНАТИТОВОГО  
МАССИВА, ЗАПАД СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ»,**

**представленную на соискание ученой степени**

**кандидата геолого-минералогических наук**

**по специальности 25.00.04 - петрология и вулканология**

Диссертация Дмитрия Александровича Чеботарева представляет собой комплексное петрологической, геохимическое и минералогическое исследование одного из интереснейших объектов Западносибирской платформы - интрузивного щелочно-ультраосновного массива Чуктукон. В работе выполнено определение возраста и условий формирования пород массива и коры выветривания, а также исследована эволюция редкометальной и редкоземельной минерализации.

Представленная работа актуальна в научном и в практическом плане. Полученные геохимические характеристики – химический и изотопный состав (Rb-Sr, Sm-Nd системы), определение возраста пород разных фаз внедрения массива позволяют решать важные генетические проблемы образования и преобразования такого сложного, многокомпонентного месторождения, что также определяет научную новизну работы. Выполненные автором современными прецизионными методами микронзондовые исследования с высокой локальностью и корректным разделением спектральных линий элементов, определения возраста локальным методом SIMS SHRIMP-II, изучение микроэлементного состава пород и минералов ICP-MS, LA-ICPMS и др., позволили получить новые и оригинальные данные. Впервые на примере одного из крупных массивов Чадобецкого щелочно-ультраосновного комплекса показана связь щелочного и карбонатитового магматизма с Сибирской трапповой формацией. Впервые выявлена эволюционная последовательность формирования ниобий-редкоземельных ассоциаций в первично-магматических и постмагматическим образованиях, охарактеризован новый минеральный вид – риппит, в котором одна из главных структурных позиций содержит высокие количества ниобия.

Практическая значимость работы очевидна в силу того, что в коре выветривания к настоящему моменту открыты и разведаны запасы редких, редкоземельных металлов и марганца, являющихся стратегическим сырьем. По теме диссертации Д.А. Чеботаревым опубликовано достаточное число высококвалифицированных научных работ, результаты работ были представлены на ведущих научных конференциях.

Текст автореферата по большей части изложен хорошим научным языком, иллюстративная графика выполнена на хорошем уровне, литературные источники использованы в достаточном объеме.

Однако, к автореферату как самостоятельной публикации имеется ряд замечаний. В тексте работы отмечаются противоречия как с собственными, так и с литературными данными. В разделе актуальность показано, что: «.... только Чуктуконское месторождение рекомендовано к разработке, находится в экономически развитом регионе и хорошо изучено.» Однако, хорошо известно, что указанные для сравнения месторождения, Ловозерское - разрабатывается с ежегодной переоценкой запасов; Томторское - постоянно находится под контролем у государственных геологических служб и с 2022 г. планировалось начало добычи, а к 2024 г. строительство перерабатывающего комбината. Далее в автореферате встречается несоответствие о степени изученности объекта. По утверждению автора информация «.... о возрасте, минералогии и геохимии щелочных пород Чуктуконского массива практически отсутствует». Однако судя по многочисленным монографическим работам, диссертациям, статьям, производственным отчетам (Багдасаров, 1972; Капустин 1973, 1980; Цыкина, 2014, Быховский и др., 2000-2001; Лапин, Толстов, 1990-1991; Фролов и др., 2003, 2005; Лапин А.В. и др. 1990-1991; Чистов, 1987; Лапин, 1992), а также объяснительной записке к Государственной геологической карте РФ (Кириченко и др., 2012) район Чадобецкого поднятия, и Чуктуконский массив детально изучался с 70-х гг. прошлого века, в том числе и как крупнейшее месторождение по запасам ниобия и редких земель. И сегодня проводятся исследования в крупнейших научных и отраслевых институтах - ИГЕМ, МГРЭ, ВИМС и др., (Ломаев, Сердюк, 2011; Кузьмин и др., 2013; Мартиросян, Сычева, 2016, Слукин, 1990-2019 и др.). Во многих главах часто нет сопоставлений литературных данных с тем что сделано автором, примером могут служить описания составов пород, определение в них минералов и то, кем до автора они были исследованы, возможно такая информация есть в диссертационной работе.

Следующее замечание касается представительности каменного материала, использованного в работе. Материал был предоставлен автору геологическими службами и является образцами пород, взятыми из керна скважин, численно - 55 шлифов/аншлифов и 22 образца. Для анализа вещества, казалось бы, достаточно, но не ясно по каким породам и в каком количестве данный материал был отобран, сколько рассмотрено скважин, исследованы ли вертикальный/горизонтальный разрезы? Следовательно, судить о представительности изученного автором материала невозможно. Тем более, что цель работы очень масштабная - исследование петрогенезиса контрастных типов пород всего массива.

Следующее замечание касается сути работы. Для понимания генезиса массива, описываемого автором, читателю необходима четкость в понимании особенностей изученных



пород, а не просто их обобщённое и очень краткое описание. Возможно, эти данные более подробно представлены в диссертации. В автореферате совершенно не показано видовое разделение и последовательность образования карбонатитов Чуктуконского массива, хотя порядок формирования этих пород для массивов Чадобецкого поднятия известен - крупнозернистые кальцитовые карбонатиты - мелкозернистые кальцитовые карбонатиты - доломитовые карбонатиты - штаффелитовые брекчии, состав карбонатитов может и усложняться присутствием доломитовых и анкеритовых разновидностей (Кириченко и др., 2012), что в принципе типично для многих интрузивных комплексов мира. Из диссертации видно, что карбонат-содержащие породы айликиты образуются уже в первую фазу внедрения щелочно-ультраосновных пород, но среди пород второй фазы (в тексте они и неизменные, и первичные, и ранние) типизация и последовательность образования не приводится. Используемые термины - айликит и дамтьернит, не являются распространёнными и эти породы редко встречаются в интрузивных карбонатитовых массивах, в автореферате необходимо хотя бы кратко указать на основании каких состава/свойств автор выделяет эти породы. Раздел описания состава пород и последовательности их выделения безусловно важен, т.к. на него опираются геохронологические и геохимические выводы о глубинности формирования массива и источниках.

Замечания к описанию карбонатитов второй фазы внедрения и их магматической природе образования. Судя по составу макрокомпонентов, неизменные карбонатиты по-видимому являются породой близкой к мономинеральной, точнее об этом судить невозможно, т.к. отсутствует процентное содержание акцессорных минералов и последовательность их кристаллизации. Невозможно также понять, одна или несколько генераций кальцита присутствует в породе, в этом случае рассуждения о «магматическом карбонате» находятся в отрыве от общепринятого представления формирования карбонатитов классических интрузивных комплексов. Где прослеживается различный температурный режим для карбонатов разных генераций - от ранних (около 700 °C) магматических, к поздним (от 350 °C) гидротермальным, имеются критерии первичных и вторичных карбонатов, показана их частая перекристаллизация. При описании геохимии карбонатитов нет сопоставления их состава со средним составом кальцитовых карбонатитов мира. Да и вообще каких-либо сравнений с интрузивными карбонатитами провинции. От этого остается ощущение незавершенности исследования.

В геохронологической главе хотелось бы видеть описание характера выделения минералов в породах, по которым были получены возрастные данные, важно, что именно выбранные минералы характеризуют определённую стадию внедрения, они не были наложенными или унаследованными. Например, в породах третьей стадии внедрения, циркон мог попасть в отборку, и из ксенолитов.



Что касается одного из выводов автора о «обогащенности» источника первичного расплава для пород массива за счет карбонатного метасоматоза, обоснованное высоким содержанием несовместимых элементов в породах (Sr и Nb, La/Sm отношение), то это в принципе можно объяснить и широко развитыми для всех фаз внедрения наложенных процессов, в том числе преобразованием пород поздними гидротермальными растворами и вторичными флюидно-термальными воздействиями при формировании коры выветривания, о чем и автор сам упоминает и имеются литературные данные. Известно, что в зависимости от химической агрессивности метасоматизирующего компонента, варьировании окислительно/восстановительного потенциала, газово-флюидного режима и т.д., большинство несовместимых элементов мигрируют и способны к переотложению. К сожалению, в автореферате не приводятся данных о степени измененности пород, отобранных для химического анализа. Хорошо известно, что в интрузивных палеозойских массивах Кольского п-ва, высокие концентрации TR, Sr, Ba в ранних фазах связаны с повсеместной кристаллизацией в межзерновом пространстве ультраосновных и щелочных пород наложенных Sr-Ba-REE карбонатов, сульфатов и фосфатов.

Следующее замечание касается обоснования (рис.5) «общего и относительно однородного умеренного деплетированного мантийного источника» для пород массива согласно близости их изотопных данных. Выводы автора базируются только на изучении Rb-Sr и Sm-Nd изотопных систем, и слабо подкреплены изучением петрологии этих пород. Например, если рассмотреть рис.5, где вынесены для сравнения данные по Гулинскому массиву, и можно ожидать каких-то аналогий, однако Когарко Л.Н. для формирования пород Гулинского массива обосновывает несколько источников, для чего использует несколько изотопных систем и довольно обширный глубоко изученный петрологический материал. Еще один вывод автора о сходимости «геохимических характеристик ... пород Чуктуконского массива, Маймеча-Котуйской провинции и рассчитанного первичного расплава меймечитов» невозможно проверить, т.к. рис. 3в отсутствует, возможно подробнее описано в диссертации.

В геохимической и минералогической главах автореферата сказано об обогащенности редкими металлами карбонатитов второй стадии внедрения и «...минерализация формируется в результате внедрения карбонатитов.», однако мы не видим, как реализуется в породах указанное обогащение, за исключением рисунка 4, где приведенные к примитивной мантии концентрации редких металлов для всех пород массива, за исключением коры выветривания (где концентрации резко выше), имеют близкие вариации значений. Сравнивать на основе реальных концентраций невозможно из-за отсутствия в автореферате реальных значений. Согласно литературным данным, обогащенными являются измененные карбонатиты и коры выветривания по ним. Следовательно, один из выводов заключения

«Карбонатиты являются кальцитовыми разновидностями с богатой ниобий-редкоземельной минерализацией и оруденением» является плохо обоснованным.

К сожалению, в автореферате мы не увидели обобщенные данные по минеральному составу карбонатитов и последовательности их кристаллизации, с учетом степени распространенности минералов, а также отражением вклада автора в работе по изучению минералов TR, Nb, Sr и др. редких фаз.

Часть фраз из заключения вызвали недоумение, например, «Гидротермальное изменение карбонатитов приводит к изменению фторкальциопироксидов по принципу ионного обмена с замещением натрия, кальция и фтора вакансиями...» что является абсурдом. При ионном обмене вакансии не замещают ионы, они создаются в результате их выщелачивания и потери. Фраза «Процессы выветривания привели к изменению состава пироксидов на разновидности, обогащенные Sr...» также непонятна, возможно имелось в виду, что состав пироксидов мог изменяться с образованием новых разновидностей минерала.

В целом, автореферат соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям, в том числе по объему изученного материала, постановке цели и задач, полученным результатам. Соответствующие три защищаемые положения, приведенные в автореферате, могут быть приняты. Автор представленной работы, Дмитрий Александрович Чеботарев, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 - петрология и вулканология.

Старший научный сотрудник  
Лаборатории «Рудоносности  
щелочного магматизма» ГЕОХИ РАН  
кандидат геолого-минералогических наук

04.04.2020

*Асхотин* /Сорохтина Наталья Владиславовна

Адрес – ГЕОХИ РАН, ул. Косыгина 19, стр. 1, г. Москва, 119334

e-mail nat\_sor@rambler.ru

Подпись Сорохтинский В.В.  
Заведующий  
Зон. г. Иркутск  
Иркутск В.С.