

## ОТЗЫВ

на диссертацию Канимбуге Людмилы Салете «Особенности геологического строения, состава руд и благороднометалльной минерализации центральной части Хараелахского интрузива Норильского рудного района», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Диссертация Канимбуге Людмилы Салете посвящена проблеме становления Норильских рудоносных интрузивов, которая, несмотря на многолетние усилия российских и зарубежных ученых, до сих пор остаётся актуальной. Обычно эти объекты рассматриваются в рамках классической модели дифференцированного интрузива, разрез которого формируется благодаря гравитационной дифференциации с последовательным накоплением слоёв кумулатов от оливиновых к безоливиновым. Тела сплошных сульфидных руд в рамках этой модели рассматриваются как результат осаждения и накопления капелек сульфидной жидкости на дне магматической камеры. В последние годы всё чаще высказываются предположения, что формирование норильских интрузивов было многоактным с последовательным внедрением нескольких порций магмы. При этом обнаружить разные порции и закартировать их в объёме интрузии очень сложно, поскольку магмы различных порций очень близки по химическому и редкоэлементному составу. В диссертации Л.С. Канимбуге на примере Хараелахского интрузива показано, что его центральная часть сформировалась как минимум из двух порций силикатной магмы. При этом залежи сплошных сульфидных руд С-3 и С-4 образовались в результате более позднего внедрения ещё двух порции магматического расплава резко обогащенного сульфидной жидкостью. Таким образом, диссертация Л.С. Канимбуге представляет собой довольно хорошо обоснованный пример многоактного процесса формирования норильских рудоносных интрузий с отдельным, более поздним внедрением сульфидной магмы. Поэтому новизна и актуальность работы не вызывает сомнения. Важно отметить, что предложенная в диссертации модель противоречит общепринятой модели магматических проводников, которая разрабатывалась А. Налдреттом и его учениками для Норильских и других медно-никелевых месторождений. Поэтому данная диссертация также представляет интерес как альтернативный взгляд на генезис Норильских месторождений.

Диссертация имеет 130 страниц, состоит из 6 глав, введения, заключения, списка литературы (126 источников, включая 1 фондовый) и трех приложений с большим количеством оригинальных аналитических данных, включающих химический и редкоэлементный состав пород и руд, а также составы сульфидных минералов. Кроме того, составы породообразующих силикатных и оксидных минералов приведены в виде таблиц в тексте.

Материалы диссертации докладывались на 7 конференциях и были опубликованы в 12 работах, в том числе, в 4 статьях. Существенный личный вклад соискателя в проведенных исследованиях не вызывает сомнения.

Диссертация хорошо написана и отлично иллюстрирована. Структура диссертации логичная. Последовательно излагается история изучения, геологическое положение объекта, методика и результаты исследований, интерпретация полученных данных. Диссертация представляет собой хороший пример цельного научного исследования.

Промежуточные выводы и защищаемые положения выглядят в достаточной мере обоснованными.

В качестве большого плюса данной работы можно отметить системный подход и большое количество оригинальных аналитических данных. Для выполнения исследований был изучен керн 7 скважин, которые вскрывают значительный блок в центральной части Хараелахского интрузива. Из керна было отобрано 150 проб, изготовлено и изучено 220 шлифов и 60 аншлифов, сделано более 2,5 тысяч измерений составов минералов рентгеноспектральными методами, 74 определения состава руд пробирным анализом, 81 анализ состава пород методом РФА, 57 анализов методом- ИСП-МС и 72 анализа методом ИСП-АЭС. Такой выбор каменного материала и такой набор аналитических методов позволил получить уникальный объём систематических аналитических данных по значимому блоку Хараелахского интрузива. Этот массив данных позволил не только провести красивое исследование и получить интересные и вполне обоснованные результаты, но и сам по себе представляет большую ценность для дальнейшего изучения норильских интрузий как соискателем, так и другими исследователями.

При работе с текстом диссертации были выявлены следующие недостатки.

1. Имеется небольшое количество досадных ошибок и опечаток. В частности, на стр. 4 сказано, что «медистые» руды, локализуются в нижних экзоконтактной и эндоконтактной зонах интрузивов», хотя основная часть медистых руд Хараелахской интрузии находится в верхнем экзоконтакте. На стр. 8 сказано, что «Концентрации петрогенных элементов в образцах определены методом рентгеноструктурного фазового анализа», хотя это, скорее всего, рентгенофлуоресцентный анализ и т.д. Также есть несколько опечаток в заключении. Следует отметить, что ошибок и опечаток не много.
2. На стр. 7 (Новизна, п. 3) сказано, что «Установлена обратная зависимость температуры кристаллизации минералов благородных металлов от фугитивности серы...» Однако, в тексте нигде не приведены температуры кристаллизации минералов благородных металлов, и не сказано, как они определялись. Каким образом была установлена такая зависимость не ясно.
3. На стр. 21 есть ссылка на рис. 2.2.1, которого нет.
4. На стр. 24 сказано, что «В пределах Хараелахского интрузива выделяют более 15 интрузивных тел, различных по размеру и составу сульфидной минерализации». Эта фраза не корректная и запутывает читателя. Возможно, имелись в виду залежи сплошных сульфидных руд, для двух из которых в диссертации доказывается, что они являются результатом отдельного внедрения сульфидной жидкости. Даже если принять, что автор прав в отношении этих двух тел, то нет никаких доказательств, что другие сульфидные залежи образовались таким же образом и их тоже следует считать «отдельными интрузивными телами».
5. Есть серия замечаний по интерпретации автором пикритовых габбро-долеритов. Например, на стр. 35 написано: «Основное внимание уделено изучению состава пикритовых габбро-долеритов как продуктов наиболее примитивной мантии». В данном случае пикритовые габбро-долериты являются не отдельным продуктом плавления мантии, а результатом кристаллизационной дифференциации толеитовой магмы с отсадкой оливина. Если бы они были отдельной выплавкой, то их нужно было бы рассматривать как ещё одну порцию магмы, которая внедрилась в разрез Хараелахской интрузии.

6. Есть замечания по описанию плагиоклазов. Показаны широкие вариации состава плагиоклаза. Подчеркивается, что составы плагиоклазов охватывают весь изоморфный ряд от альбита до анортита. Однако, альбит и олигоклаз - это результат вторичных изменений основных плагиоклазов. Их не следует сравнивать с первичными плагиоклазами пород Хараелахской интрузии. Получилось, что для лейкогаббро характерны альбиты и олигоклазы, тогда как для других пород, в основном, битовнит и лабрадор. Между тем, первичный плагиоклаз в лейкогаббро - основной, на уровне битовнита и анортита. Такая формальная схема, в которой вместе показаны и составы свежих плагиоклазов в породах, и продукты вторичных изменений запутывает ситуацию и не даёт нормального представления о последовательности формирования пород. К большому сожалению, в работе не было сделано попытки найти и показать составы неизмененных плагиоклазов в лейкогаббро.
7. На рисунке 4.3.1. показано, что в нескольких видах пород встречаются хромиты. При этом в тексте говорится, что максимумы хромистости и магнезиальности характерны для хроммагнетита. Хромит нигде не описан, хотя это наиболее интересный с петрологической точки зрения и важный для интерпретации минерал. Вообще, шпинелиды описаны довольно неудачно. Было бы логично выделить следующие группы: собственно шпинелиды с высоким содержанием алюминия, хромиты, титаномагнетиты и магнетиты. Минералы из этих 4 групп образуются на разных этапах кристаллизации пород, хорошо различаются под микроскопом, и имеют важное петрологическое значение. Поэтому было бы правильно в описании и при работе с их составами уделить внимание описанию каждой группы. Однако в работе сделана попытка все шпинелиды описать вместе в одной рамке. Поэтому информация смешалась.
8. На рисунках 4.3.2б и 4.3.2в ильменит, очевидно представляет собой ламели в титаномагнетите. Однако, в описании нигде не упоминается про титаномагнетит со структурами распада, хотя именно он, наряду с хромитом, является основным минералом среди шпинелидов.
9. Есть замечания по оценке физико-химических параметров в разделе 6.3. В диссертации приводятся оценки степени частичного плавления мантии по шпинелидам по методике Ф.П. Леснова. Однако, применение методики не описано. Учитывая то, что шпинелиды в разделе 4.3 даже не разделены на группы, которые бы показывали ранние и поздние шпинелиды в процессе кристаллизации, не понятно, какие шпинелиды были использованы при расчете степени частичного плавления. В том же разделе продемонстрирован расчет фугитивности серы на разных уровнях разреза на основе отношения никеля и железа в пентландите. Эти расчеты показали, что в соседних скважинах РТ-101 и РТ-107 северной интрузивной ветви фугитивность серы повышается в противоположных направлениях. Очевидно, что фугитивность серы, в данном случае, задаётся флюидом и в одной интрузивной ветви должна вести себя одинаково. Каким образом получилось разнонаправленное повышение фугитивности не ясно. Возможно, данная методика расчета фугитивности серы не работает, поскольку на отношение железа и никеля в пентландите могут влиять и другие факторы. Создаётся впечатление, что эти расчетные методики не совсем подходят для данного случая, а автор применяет их, не задумываясь о корректности их работы.

Приведенные замечания не являются критичными для сделанных в диссертации выводов и защищаемых положений. Их следует рассматривать как рекомендации автору в

дальнейшей научной деятельности. Диссертационная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Канимбуе Людмила Салете, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Калугин Валерий Михайлович

кандидат геолого-минералогических наук (специальность «петрология, вулканология»), заведующий Лабораторией минералогии и геохимии никеля, кобальта и металлов платиновой группы Федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

Адрес:	117545 г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп.1
Сайт ФГБУ «ЦНИГРИ»	<a href="http://www.tsnigri.ru">http://www.tsnigri.ru</a>
e-mail:	kalugin@tsnigri.ru
Телефон:	8 (495) 315 56 90

Я, Калугин Валерий Михайлович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

14 ноября 2024 г.

Подпись ЗАВЕРЯЮ  
  
Секретарь

