

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата геолого-минералогических Д.А. Орсоева на диссертацию Марфина Александра Евгеньевича «**Возраст и генезис сульфидной минерализации Октябрьского месторождения, Талнахский рудный узел**», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – Петрология, вулканология

Диссертационная работа Марфина Александра Евгеньевича посвящена изучению микроэлементного состава сульфида меди и железа – халькопирита из трех основных типов медно-никелевых руд Октябрьского месторождения Норильского рудного района, а также выявлению возрастных соотношений прожилково-вкрапленного оруденения с Харахлахским интрузивом, с которым связаны вкрапленные руды и мощные залежи массивных сульфидов.

Актуальность и практическая значимость работы определяются тем, что исследования рудно-магматических систем и, в частности, медно-никелевого оруденения, связанного с расслоенными ультрабазит-базитовыми комплексами, продолжают оставаться одним из важнейших направлений в области рудной петрологии и минералогии. Несмотря на многочисленные работы, проводившиеся в течение длительного времени как в нашей стране, так и за рубежом, и очевидные успехи в познании природы медно-никелевых руд, многие вопросы, касающиеся их генезиса, времени и места процессов рудообразования при становлении интрузивных тел, а также конкретных механизмов концентрирования рудного вещества, остаются открытыми и дискуссионными. В этом смысле норильские месторождения остаются прекрасным полигоном для отработки и решения многих вопросов в области петро- и рудогенеза.

Выявление генетических аспектов сульфидного рудообразования на примере Октябрьского месторождения, анализ физико-химических условий формирования медно-никелевых руд является необходимым направлением исследований в разработке стратегии поисков и разведки ЭПГ-Cu-Ni руд как в норильском рудном, так и в других перспективных районах. В связи с этим изучение таких объектов приобретает важнейшее значение, что и определяет практическую и научную значимость оригинальных исследований, изложенных в работе А.Е. Марфина.

Достоинством рецензируемой работы и ее научной новизны являются то, что для всего многообразия медно-никелевых руд и их сульфидной триады (группа пирротина, пентландит и халькопирит) соискателем для исследований выбран состав халькопирита, как показатель генетических особенностей руд месторождения. В результате чего предложена на основе статистических построений модель разделения халькопирита по содержанию Cd, Pb, Se и Te для разных типов руд. Следует отметить и первые для изучаемого объекта определения возраста одновременно по четырем минералам – титаниту, перовскиту, гранату и апатиту из пород эндо-

и экзоконтактных зон кровли Хараелахского массива, а также температуры метаморфизма в кровле по содержанию Zr в титаните.

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы из 158 наименований. В 7 приложениях помещены результаты изучения микроэлементного состава халькопирита и титанита из разных типов руд, а также U-Pb датирования апатитов, перовскита, титанита, граната. Общий объем составляет 122 стр. включая 35 рисунков и 6 таблиц. В основу диссертации положен каменный материал, собранный автором в период работы рудничным геологом на месторождении и представленный образцами вмещающих пород и типов руд. Проведено изучение необходимого количества шлифов и аншлифов, выполнены определения составов сульфидов и породообразующих минералов с применением сканирующих электронных микроскопов, а определения концентраций элементов-примесей в халькопирите с помощью метода LA ICP MS. Этим же методом получены U-Th-Pb геохронологические данные для титанита, перовскита, граната и апатита. Для обработки результатов был использован пакет современных компьютерных программ.

В **первой главе**, написанной по литературным источникам, автором приводятся характеристика траппового пермо-триассового магматизма. При этом из обзора упущена монография Н.А. Криволицкой (2014), в которой на большом оригинальном материале изучена туфолавовая толща Норильского района и показано, что ее породы были сформированы в две стадии – рифтогенной и собственно трапповой.

Основное содержание главы относится к обсуждению временных соотношений вулканических и интрузивных массивов норильского района. Последнее обстоятельство имеет важное значение для выявления вулканоплутонических ассоциаций и критериев поиска потенциально рудоносных базитовых интрузивов. В настоящее время эта проблема остро стоит перед производственными организациями в связи с отработкой богатых руд на норильских месторождениях. Положительным моментом литературного обзора является констатация факта о недостаточном количестве геохронологических данных, касающихся возрастных определений непосредственно медно-никелевых руд. Объясняется это, в первую очередь, определенными погрешностями в Re-Os и Pt-He датированиях сульфидов и платиноидов.

В этой же главе кратко изложены существующие гипотезы образования медно-никелевого оруденения в базитовых массивах норильского района. Здесь соискатель привел практически все основные и «экзотические» гипотезы. Поскольку большинство из них в той или иной степени имеют близкое наполнение, то, на наш взгляд, лучше было бы их объединить в группы. Например, магматическая и гидротермально-метасоматическая, а внутри каждой группы более подробно дать характеристику конкретной гипотезы. При этом показать роль не только отечественных исследователей, но и зарубежных, вклад которых в изучении крупнейших месторождений мира в последние годы представляется весьма существенным. И еще, в выводах

по этой главе важно было отметить вклад в развитие какой гипотезы может внести диссертант в результате своих исследований.

Во **второй главе** описывается геологическое строение Хараелахского интрузива и связанной с ним сульфидная минерализация Октябрьского месторождения. Следует отметить, что соискатель не ограничился только магматическими породами, но и подробно описал метаморфические и метасоматические образования, поскольку с ними, главным образом, связаны прожилково-вкрапленные руды месторождения. Надо было показать на схеме массива (рис. 2.1) привязку геологического разреза (рис. 2.2) и ареалы распространения вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд, а для полноты картины охарактеризовать минеральный состав сульфидной части и описать взаимоотношения рудных минералов как между собой, так и с силикатными фазами во всех типах руд. В дальнейшем по тексту (4 глава) это стало бы подспорьем при изложении результатов по халькопириту. Все эти данные рассмотрены в публикациях Д.М. Туровцева, А.П. Лихачева, В.В. Рябова, С.Ф. Служеникина, Э.М. Спиридонова, Д.А. Додина и др. исследователей.

Третья глава посвящена фактическому материалу и аналитическим методам, использованные в работе. К сожалению диссертант не указал количество исследованных образцов и их привязку. Понятно, что основной объем образцов был отобран из керна скважин, но местоположение хотя бы части скважин можно было отметить на геологической схеме. Тем более, в современных публикациях, особенно в зарубежных журналах, это является необходимым атрибутом для иллюстрации достоверности проводимых исследований.

Особый акцент в этой главе сделан на описание современных методов, примененных для изучения состава халькопирита и получения U-Pb возраста. Большая часть аналитического материала была получена на современной приборной базе в известных зарубежных лабораториях, что позволяет надеяться на достаточно надежный источник информации. Полученные численные значения были статистически обработаны с построением диаграмм кластерного анализа и классификационного «дерева».

В **четвертой главе** изложены результаты изучения микроэлементного состава халькопирита, главного минерала сульфидных руд месторождения, с помощью метода LA ICP-MS. Было проанализировано большое количество его зерен на 14 элементов-примесей из трех типов руд (вкрапленные, массивные и прожилково-вкрапленные). Однако из текста главы и из приложения № 1 неясно сколько образцов при этом было использовано.

Тем не менее вызывает одобрение критический подход к выбору статистических методик обработки данных. В результате выбор построения дерева классификации позволил соискателю разделить халькопирит из различных типов руд с достоверностью ~ 86 % и показать, что данный метод работает, по крайней мере, для Октябрьского месторождения. На основе анализа особенностей сульфидных ассоциаций и полученных статистических критериев по

микроэлементному составу халькопирита сделан вывод о том, что прожилково-вкрапленные руды относительно вкрапленных и массивных имеют иной механизм своего происхождения. Эти данные легли в основу **первого защищаемого положения**.

В **пятой главе** излагаются результаты датирования по минералам эндо- и экзоконтактных зон месторождения по четырем образцам. Необходимо при этом отметить, что геохронологические исследования предваряются детальным петрографическим описанием пород с выделением минералов, по которым выполнены U-Pb изотопные исследования методом LA ICP MS. Эта глава оставляет наиболее благоприятное впечатление, но тем не менее, во-первых, кроме микроэлементного состава надо было поместить в работе и полные анализы исследуемых минералов (граната, перовскита, титанита и апатита), рассчитать кристаллохимические формулы и выявить однородны ли их зерна или не однородны, во-вторых, как и в случае с халькопиритом, желательно было показать на геологической схеме привязку всех четырех изученных проб. Вызывает вопрос и описание взаимоотношения халькопирита с гранатом и утверждение об их принадлежности к одной парагенетической ассоциации. Все это затрагивает более широкую проблему, когда сформировались прожилково-вкрапленные сульфиды - одновременно с контактово-метаморфическими породами или они являются более поздними, наложенными образованиями.

Результаты U-Pb датирования четырех минералов послужили основой для формулировки **третьего защищаемого положения** с утверждением о совпадении их возраста (в пределах погрешностей измерений) с возрастом самого Хараслахского массива.

В **шестой главе** на основе полученных результатов рассматриваются с привлечением литературных данных генетические аспекты формирования медно-никелевого оруденения Октябрьского месторождения. При этом диссертант пришел к выводу о генетической связи вкрапленных и массивных руд, а происхождение прожилково-вкрапленных связано с процессами контактового метаморфизма и метасоматического перераспределения вещества в кровле массива, что не противоречит концепции «проточной камеры» предложенной В.А. Радько (1991, 2016). В подтверждение этого соискатель приводит определения температуры контактового метаморфизма (720-820°C) с помощью геотермометра, основанного на содержании Zr в титаните. Следует заметить, что использованный образец, судя по описанию, представлен контактом габбродолерита с пироксеновым роговиком, поэтому непонятно из какой породы проанализирован титанит. Тем не менее температурные данные легли в основу **второго защищаемого положения**. Представляется, что его формулировка больше похожа на констатацию факта, чем на защищаемое положение.

В подразделе 6.4. обсуждается роль мантийного и корового источника в обогащении рудогенными компонентами магматического расплава для норильских интрузивов. Диссертант справедливо отмечает, что если коровый источник серы принимается практически всеми

исследователями, то на время и место обогащения утяжеленным изотопом серы нет единого мнения. В этом смысле хотелось бы отметить одну из последних гипотез, которую предложила Н.А. Криволуцкая (2015). По ее мнению, источником норильских магм были породы нижней коры, а не магмийные расплавы.

Заключение представляет собой очень краткие основные выводы по результатам выполненных исследований.

Кроме выше изложенных замечаний можно отметить и ряд технических. Так, например, рис. 4.2, 4.3, 5.4 не совсем хорошего качества, а два рисунка имеют один номер – 4.3, отсутствуют некоторые ссылки в списке литературы и т.д.

Диссертационная работа написана хорошим научным языком. Стиль изложения лаконичный и простой. Автореферат соответствует тексту диссертационной работы. Основные положения диссертации опубликованы в 13 печатных работах, в том числе в 2 рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Представленные материалы докладывались на различных конференциях и совещаниях. Оценивая работу в целом, следует признать, что, несмотря на высказанные замечания, которые скорее носят дискуссионный характер, рассматриваемая диссертация выполнена на высоком научном уровне, хорошо иллюстрирована. Она является законченным научным исследованием и отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор **Александр Евгеньевич Марфин** заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04- петрология, вулканология.

Орсоев Дмитрий Анатольевич
канд. геол.- мин. наук, старший научный сотрудник
лаборатории геодинамики
Геологического института СО РАН (ГИН СО РАН)
Адрес: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а
magma@ginst.ru, т. 8 914 634 61 84

Я, Орсоев Дмитрий Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«30» апреля 2021 г.

Подпись Орсоева Д.А. заверено
Специалист по кадрам ГИН СО РАН
«30» апреля 2021 г.



С.А. Зангеева