

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ  
им. В.С. Соболева Сибирского отделения  
Российской академии наук (ИГМ СО РАН)

Пр-т. Академика Коптюга, д. 3, г. Новосибирск, 630090  
Телефоны: +7 (383) 333-26-00; +7 (383) 373-03-28  
Факсы: +7 (383) 333-27-92; +7 (383) 373-05-61  
E-mail: director@igm.nsc.ru



**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор ИГМ СО РАН,  
Член-корреспондент РАН, д.г.-м.н.,

  
\_\_\_\_\_ Н.Н. Крук

« 14 » ноября 2024 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения  
Российской академии наук (ИГМ СО РАН) на диссертационную работу

#### **Канимбуге Людмилы Салете**

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

Работа Канимбуге Л.С. посвящена сравнительной характеристике минералого-геохимических особенностей двух рудных тел центральной части Хараелахской интрузии, образованных в результате внедрения различных магматических потоков.

*Актуальность работы* является несомненной, поскольку образование руд Норильского района, несмотря на многолетние исследования предшественников, вызывает еще много дискуссий. Выявление механизмов концентрирования цветных и благородных металлов имеет как фундаментальное, так и прикладное значение. Минералого-геохимические особенности основного рудного тела Х-О Октябрьского месторождения наиболее детально изучено, тогда как исследование других рудных тел, в частности С-3 и С-4, расположенных в центральной части

Хараелахской интрузии, также играют важную роль в решении генетических проблем ЭПГ-Cu-Ni руд.

**Научная новизна** заключается в детальном исследовании минералогических и геохимических особенностей интрузивных пород и сульфидных медно-никелевых руд в малоизученных участках Октябрьского месторождения. Несогласованность разрезов Севернгой и Южной ветвей интрузива и расположение пикритовых габбро-долеритов на разных уровнях являются ключевыми моментами, свидетельствующими в пользу многофазного формирования интрузива. **Практическая значимость** работы определяется выявлением форм концентрирования благородных металлов в различных типах руд, что является важным результатом, требуемым при вовлечении вкрапленной минерализации в разработку месторождений.

**Фактический и аналитический материал** соискателю был предоставлен сотрудниками ГЕОХИ РАН и ООО «Норникель Технические Сервисы». Основные методы исследования, это рентгеноспектральный микроанализ, рентгеноструктурный фазовый анализ, методы масс-спектрометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. При этом в диссертации допускаются такие ошибки как «концентрации петрогенных элементов в образцах определены методом рентгеноструктурного фазового анализа». Также не следует разделять методы сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектрального анализа, поскольку это одно и то же. Достоверность результатов обоснована значительным количеством измерений и анализов проб и минералов. **Апробация работы.** Результаты опубликованы в 2 статьях из Перечня ВАК и в 2 статьях из списка Scopus, а также докладывались лично соискателем на четырех конференциях Всероссийского и международного уровня.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из оглавления, введения, 6 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 126 наименований, 3-х приложений. Диссертация изложена на 104 страницах текста, содержит 33 рисунков и 8 таблиц.

**Глава 1** посвящена истории и современному состоянию изученности Норильского рудного района. *Замечания к главе: 1) не выделены ссылки, которые до автора диссертации свидетельствовали о многоэтапности формирования Хараелахской интрузии; 2) в главе отсутствует обзор всех типов руд Норильских*



*интрузий и существующих моделей их образования; отсутствует существенная информация о ранее выявленных генетических различиях между вкрапленными рудами в пикритовых и такситовых габбро-долеритах (Tolstykh et al., 2020, 2021, 2024), а также свидетельства интрузивного контакта между этими породами (Роговер, 1959), что не подразумевает их обобщенное рассмотрение в диссертации.*

**Глава 2** посвящена геологическому строению Хараелахской интрузии по литературным данным. Достоинством главы является описание изменения структур интрузивных тел во фланговых частях и во фронтальных зонах, что подчеркивает сложность строения интрузии. В этой главе на детальных разрезах показано различие разрезов Северной и Южной ветвей интрузива и их несоответствие кристаллизационно-гравитационной дифференциации. *К замечанию можно отнести заявление соискателя о том, что выделяется более 15 «интрузивных тел», тогда как выделяются не интрузивные тела, а массивные залежи в Хараелахской интрузии.*

**Глава 3** описывает фактический материал и методы его исследования. Заявлено, что автором описан керновый материал 7 скважин Таймырского рудника, но в диссертации описание штуфных образцов и фотографии керна отсутствуют. *Замечание: отсутствует ссылка на «Аналитический центр многоэлементных и изотопных исследований» ИГМ СО РАН, г. Новосибирск (Н.С. Карманов) при описании количественного определения составов сульфидных минералов.*

**Глава 4** посвящена структурно-вещественной характеристике пород, из результатов которой соискатель выводит первое защищаемое положение. Рисунок 4.1, демонстрирует строение интрузии над рудными телами РТ-3 и РТ-4, но очень бедно описан соискателем.

В петрографическом описании пород *не уделяется должного внимания последовательности кристаллизации породообразующих минералов. Главное замечание к этому разделу главы заключается в том, что сравнение составов породообразующих минералов в различных рудных телах не приводит к заключению о различиях разных порций магм при многофазном внедрении.*

Составы породообразующих минералов, в частности, оливина, из разных типов пород нанесены на графики зависимости форстеритового минала от концентраций никеля, кальция и марганца. *Эти диаграммы перегружены, плохо*

читаются, и главное, не являются свидетельствами отличия составов минералов из руд РТ-3 и РТ-4. Несовпадение точек составов исследованных зерен оливина с полями концентраций этого минерала из других частей Хараелахсой интрузии привело автора к заключению, что «породы центральной, западной и южной частей Хараелахского интрузива сформировались из разных порций магматического расплава». При этом автором не учитывается, что так отличающиеся залежи С-2 и Х-О, предположительно, относятся к одному «Октябрьскому потоку».

Составы плагиоклаза показывают разрыв составов и явное различие между верхней габбровой серией и остальными сериями пород. Но также не свидетельствуют в пользу различия между С-3 и С-4. В представленном виде составы породообразующих минералов не позволяют решать вопрос о многофазности формирования интрузива. Необходимо было вынести составы минералов на разрезы скважин, и по их вариациям судить о дифференциации в пределах горизонта или в случае разрывов трендов – о разных внедрениях.

**Тем не менее приведенный фактический материал в этой главе представляет несомненную ценность и может быть использован при дальнейших работах.**

Составам второстепенных и акцессорных минералов в диссертации уделено недостаточно внимания. Следует отметить, что детальный анализ составов хромшпинелидов является ключевым индикатором сложного петрогенезиса рудоносных интрузий Норильского района (см диссертацию и работы И.Ф. Чайка). Описанию составов шпинелидов соискатель посвятил всего 1,5 страницы текста. Диаграммы этих шпинелидов являются также сильно перегруженными, что не позволяют проследивать тенденции. В любом случае, магнетиты следовало бы рассматривать отдельно. Описание автора «Хроммагнетит, титаномагнетит и алюмомагнетит преобладают в верхней части разреза интрузива и постепенно сменяются магнетитом в нижних горизонтах» является необоснованным. Во-первых, пикритовые габбро-долериты обеих ветвей имеют широкий диапазон составов хромшпинелидов (многочисленные опубликованные работы). «Постепенное» изменение составов в полных разрезах интрузива исключается, поскольку породы верхней габбровой серии, основной расслоенной серии, пикритовых и такситовых габбро-долеритов являются производными различных порций внедрения расплавов. Во-вторых, хромитовые



*горизонты в пикритовых габбро-долеритах находятся не в основании, а в их верхних частях.*

Составы пород приведены на петрохимических диаграммах. Соискатель не комментирует распад точек анализов на два намечающихся кластера по магнезиальности, при этом составы хромшпинелидов из одних и тех же слоев попадают в разные кластеры. «Отличительной особенностью пород центральной части Хараелахского интрузива является отрицательная аномалия Zr, указывающая на особенности эволюции родоначальных магм [Канимбуе, 2023]». Ссылка на свою собственную работу не отменяет описание особенностей этой эволюции в диссертационном исследовании.

*1-е Защищаемое положение* «Центральная часть Хараелахского рудоносного интрузива имеет сложное строение, сформировавшееся в результате многоимпульсного внедрения магматического расплава.» Совершенно справедливое «положение», только оно не обосновывается материалом именно этой главы. К сожалению, глава структурно-вещественная характеристика пород не доказывает «многоимпульсное внедрение». Соискатель рассматривает общие и однотипные закономерности фракционирования расплава при формировании всего разреза для каждой из ветвей, описывая изменение составов шпинелей по разрезу, констатируя «идентичность как по составу породообразующих и второстепенных минералов, так и по геохимическим особенностям пород». Кроме того, «сложное строение интрузива», как часть защищаемого положения, отмечалось многими исследователями до этой диссертации, в которой детали геологического строения вообще не рассматриваются.

*Глава 5* посвящена вещественной характеристике руд. На приведенных в этой главе данных соискателем продемонстрированы различия составов сульфидов между пикритовыми и такситовыми габбро-долеритами (рис. 5.1.6).

*При описании пикритовых габбро-долеритов соискатель ссылается на рисунок 5.1.1, но четыре изображения (а,г,в,д) относятся к экзоконтактовым роговикам, а следовательно, к прожилково-вкрапленным «медистым рудам в роговиках. Остальные два рисунка относятся к такситовым и пикритовым габбро-долеритам.*

*Глава 6* представляет собой основные результаты исследований и посвящена исследованию закономерностей распределения благороднометалльной минерализации в рудах, а также выявлению различий в парагенезисах МППГ между двумя ветвями (Северной и Южной) (рис. 6.2.5). Тем не менее, констатируя различия между пикритовыми и такситовыми габбро-долеритами, при сравнении в них МППГ парагенезисов автор объединяет их под общим названием «вкрапленные руды». К этой главе имеется множество замечаний, приведенные ниже.

- 1) Не понятно, что автор подразумевает под «нижней частью разреза» (с. 56): такситовые габбро-долериты, контактовые породы или массивные руды?
- 2) Описывая сульфидную минерализацию Южной интрузивной ветви со ссылкой на рисунок 5.1.2, соискатель также не уточняет ни в тексте, ни в подрисуночных подписях, к какому слою или типу руд относятся изображения. Судя по указанным глубинам и номерам скважин, идет общее и смешанное описание пикритовых, такситовых габбро-долеритов и массивных руд. Следовало бы учитывать, что в каждом из этих слоев и типах руд парагенезисы сульфидов отличаются.
- 3) При описании текстур руд и микропарагенезисов приводятся составы минералов без ссылки на таблицы.
- 4) Рисунок 5.1.4. должен демонстрировать текстуры массивных руд, но два изображения относятся к такситовым габбро-долеритам.
- 5) При описании массивных руд Южной ветви автор констатирует, что пентландит изменяет свой состав от железистого к никелистому сверху вниз по разрезу, но таблица анализов в Приложении Б (Б.2, стр. 118), *свидетельствует о противоположной тенденции.*
- 6) Рисунок 5.1.5, демонстрирует текстуры, якобы, массивных руд, но одно из трех изображений относится к пикритовым габбро-долеритам.
- 7) Не сравниваются составы пентландита и пирротина в различных типах пород. Тем не менее, на стр. 61 автор делает справедливое заключение о различии парагенезисов в пикритовых и такситовых габбро-долеритах, что не вытекает из списка рудных минералов (Табл. 5.1.1), в котором не разделяются пикритовые и такситовые габбро-долериты. Более того, при описании рудных парагенезисов



соискатель не разделял руды по парагенезисам и составам в пикритовых и такситовых габбро-долеритах, а также массивные и медистые руды в роговиках.

8) Сравнительный параметр ( $\Sigma\text{ЭПГ}/S$ ) приведен в тексте (стр. 63) только для пикритовых габбро-долеритов из разных ветвей, но в таблицах отсутствует анализ серы (непроверяемая информация). «Относительные» концентрации ЭПГ сравниваются только для массивных руд. И что такое «относительные» концентрации? Относительно чего? На этой же странице автор рассуждает о корреляции элементов со ссылкой на свою публикацию, но в Диссертационной работе корреляционные таблицы не приведены.

9) Неудачная презентация рисунков с диаграммами, в частности, рис. 6.1.1. на стр. 64. Применяемые вариации цветов не позволяют проследить сделанные автором закономерности. Необходимо было разделить на несколько рисунков, сравнивая разные типы руд в каждой из ветвей отдельно; и сравнение однотипных руд в разных телах.

10) Автор считает, что величина  $Pd+Pt+Rh/Os+Ru+Ir$  характеризует только степень плавления «исходного материала» (стр. 66), но не учитывает, что эта же величина может свидетельствовать о степени фракционирования расплавов в промежуточной камере или на месте становления. Вкрапленные руды в пикритовых и такситовых габбро-долеритах не желательно объединять, поскольку они имеют различные характеристики, обусловленные различными порциями их внедрения, имеющими разную степень фракционирования.

11) Стр. 70. Автор со ссылкой на опубликованную литературу предоставляет данные о накоплении тугоплавких ЭПГ и Rh «в пирротине до 3,84 г/т», тогда как в одной из цитируемой им статье показано, что максимальные концентрации Rh достигают 22,6 ppm в магматическом пирите.

12) На стр. 71 и 73 при описании МПГ вкрапленных руд Северной и Южной ветвей соискатель опирается на рисунки 6.2.2 и 6.2.3. По факту имеется полное несоответствие: все изображения руд вперемешку относятся к разным ветвям и разным типам пород. Один из примеров, где дается ссылка на изоферроплатину из вкрапленных пород Южной ветви (Рис. 6.2.3 е), на самом деле приводится изображение из малосульфидного горизонта Северной ветви.

13) На итоговом рисунке 6.3.2 соискатель обозначил тренды эволюции фугитивности серы (стр. 81), которые никак не подтверждаются в виду отсутствия составов пентландитов в таблицах на многих уровнях.

14) По скв. РТ-101 тенденция не подтверждается, поскольку отсутствуют анализы, но она в корне неверная, поскольку не могут быть разные тенденции в одном интрузивном потоке в разных скважинах. Для скв. РТ-30 нарисован единый тренд для пикритовых и такситовых пород, что не соответствует действительности, тем более, что анализы пентландита в таблице приведены только для одного горизонта, что не позволяет выявить эволюцию по разрезу.

15) Таблица Б3 (состав пирротина). Присутствуют анализы, с одинаковым составом пирротина с отличием в сотые доли, но в одном случае пирротин отмечается как гексагональный, а в другом как моноклинный.

16) Таблица Б2 (состав пентландита). В некоторых случаях при 29% Fe и 36% Ni это «железистый пентландит», а в других при 31% Fe и 33% Ni – «никелистый пентландит». Почему?

17) Таблица В1 (содержания ЭПГ) представлены только в пересчёте на 100% сульфид. В ней присутствуют значения 0,01-0,05 для Ir,Os,Ru,Rh. Это значит, что первичные содержания составляют тысячные доли %. Каковы реальные пределы обнаружения метода? У соискателя в разделе методика исследования отсутствует эта информация, как и пределы обнаружения элементов для рентгеноспектральных методов.

**2-е Защищаемое положение** «Массивные талнахитовые руды залежи С-4 центральной части Хараелахского интрузива сформировались при высокой степени фракционирования и имеют повышенные содержания легкоплавких ЭПГ, золота и серебра по сравнению с массивными пентландит-халькопирит-пирротиновыми рудами залежи С-3, обогащенными тугоплавкими ЭПГ» соответствуют действительности. Оно обосновано геохимическими данными, а именно, отношением Cu к Rh, и продемонстрировано на рис.6.1.4. С 3-м защищаемым положением также трудно поспорить, поскольку массивные руды приурочены к контакту интрузива и, следовательно, внедрялись позднее интрузива, содержащего вкрапленные руды.

**3-е Защищаемое положение** «Вкрапленные пентландит-халькопирит-пирротиновые и кубанит-халькопирит-троилитовые руды центральной части Хараелахского интрузива образовались на более ранних стадиях по отношению к массивным пентландит-халькопирит-пирротиновым рудам залежи С-3 и талнахитовым рудам залежи С-4, внедрившихся на заключительном этапе



эволюции интрузива» также является справедливым, базирующимся на особенностях минеральных ассоциаций благородных металлов.

Заканчивая рассмотрение основных разделов диссертации Канимбуе Л.С., следует отметить, что соискателем проделана огромная исследовательская работа по выявлению особенностей вкрапленных и массивных ЭПГ-Cu-Ni руд Центральной части Хараелахской интрузии, которые до этого недостаточно были исследованы. Проведено комплексное изучение петрографических, минералогических и геохимических особенностей интрузивных пород и сульфидного медно-никелевого оруденения различных залежей, изучены морфология и состав минералов благородных металлов во вкрапленных и массивных рудах, что может быть использовано в новой интерпретации и дальнейших модельных построениях. **Подтверждено первое защищаемое положение о формировании рудных залежей в результате действия различных магматических событий, но не основе петрохимии, а на основе особенностей составов сульфидов и МПГ.** Результаты оказались согласованными с ранее предложенной моделью многостадийного образования рудных тел и их самостоятельной эволюцией в Северной и Южной ветвях центральной части Хараелахского интрузива (Krivolutskaya et al., 2024; Tolstykh et al., 2024).

Основные положения отражены в опубликованных ею статьях из списка ВАК и тезисах, а также в статьях из базы данных Scopus, где соискатель является соавтором. Автореферат отражает основные положения Диссертации. Многочисленные замечания к работе, с одной стороны, связаны со сложностью решаемой проблемы, с другой стороны, с недостаточно четко прописанными задачами, в связи с чем полученный соискателем огромный фактический материал не был в достаточной мере вовлечен в обоснование Защищаемых положений.

Тем не менее, обобщая полученные результаты, особенно касающиеся благороднометальной минерализации, можно констатировать, что диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Канимбуе Людмила Салете заслуживает присуждения искомой степени кандидата геолого-минералогических

наук по специальности 1.6.10 - Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения. Область задач проведенного исследования полностью соответствует пунктам паспорта специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения, а соискатель Канимбуге Л.С заслуживает присуждения ей искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по заявленной специальности.

Ведущий научный сотрудник лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций ИГМ СО РАН, доктор геолого-минералогических наук

Тел. +79137415394; e-mail: tolst@igm.nsc.ru

Н.Д. Толстых

**ПОДЛЯСЬ УДОСТОВЕРЯЮ**  
ЗАВ. КАНЦЕЛЯРИЕЙ  
ШИПОВА Е.Е.  
14.11.2024г.



Главный научный сотрудник лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций ИГМ СО РАН, доктор геолого-минералогических наук

Тел. +79130603240; e-mail: izokh@igm.nsc.ru

А.Э. Изох

**ПОДЛЯСЬ УДОСТОВЕРЯЮ**  
ЗАВ. КАНЦЕЛЯРИЕЙ  
ШИПОВА Е.Е.  
14.11.2024г.



Отзыв рассмотрен в качестве официального на заседании Ученого Совета ИГМ СО РАН

14 ноября 2024 г., Протокол № 9 от 14.11. 2024 г.