

Министерство науки
и высшего образования РФ
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
**Дальневосточный
геологический институт**
Дальневосточного отделения
Российской академии наук



Far East Geological Institute
Far East Branch
Russian Academy of Sciences
Prospect 100-letya, 159,
Vladivostok-22,
690022 RUSSIA

Tel. (423) 2-318-750 (423) 2-318-520
690022, Владивосток – 22, пр. 100-летия Владивостока, 159

<http://www.fegi.ru/> E-mail: office@fegi.ru

Исходящий № 8/Н
25.01.2024

ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Крылова Ивана Олеговича на тему: «Условия локализации медно-никелевых руд западного фланга Октябрьского месторождения Талнахского рудного узла (Норильский рудный район)» по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения (геолого-минералогические науки)

Представленная диссертационная работа И.А. Крылова посвящена изучению условий локализации руд на флангах интенсивно обрабатываемого Октябрьского медно-никелевого месторождения мирового класса.

Минерально-сырьевой потенциал Норильского района в целом и крупнейшего Октябрьского месторождения в частности уникален. Однако значительная часть разведанных запасов Октябрьского месторождения уже погашена. В современных условиях стратегия устойчивого развития Cu-Ni отрасли РФ включает, как базовую задачу - повышение эффективности геолого-разведочных работ и ускоренное наращивание запасов стратегически важных для Российской Федерации Cu-Ni руд. В числе приоритетов – вовлечение в отработку флангов Октябрьского месторождения.

Указанное определяет высокую актуальность выполненного И.А. Крыловым изучения геологического строения и особенностей рудоносности

краевых частей Хараелахского интрузива на западном фланге Октябрьского месторождения.

При высокой изученности Норильского рудного района впервые проведено комплексное изучение новых рудных объектов - рудных залежей западного фланга Октябрьского месторождения. В числе инноваций – использование, в дополнение к методам классической структурной геологии, минераграфии и петрологии, комплекса исследований, включая построение 3-D каркасных моделей рудных тел на базе ГГИС Micromine и Leapfrog, масс-спектрометрический анализ минералов, ИКС спектроскопию рудных и нерудных минералов, фрактальный анализ текстурных особенностей руд. На основе сопряженного изучения рудных образований и минералогическо-геохимических особенностей рудовмещающих интрузивных пород выполнено системное обобщение в части использования результатов исследования при оценке потенциальной рудоносности базит-гипербазитовых интрузий. Свидетельство непосредственной сопряженности магматизма и Cu-Ni рудообразования имеет фундаментальное значение для теории рудообразования.

Результаты исследований практически важны для оптимизации геолого-разведочных работ, проводимых на фланге Октябрьского месторождения, и совершенствования схем обогащения руд.

Диссертационная работа, кроме введения, заключения и списка цитированной литературы, включает пять глав. В первых двух главах приводятся сведения об истории геологической изученности Норильского рудного района и месторождения. Детально охарактеризованы стратифицированные и магматические рудовмещающие образования позднепалеозойского – раннемезозойского возраста и тектоника рудоносного Норильско-Хараелахского вулканогенного прогиба. Показано, что, не смотря на высокую изученность района, природа магматогенных Cu-Ni месторождений, сформированных на пермо-триасовом рубеже, остается актуальной современной проблемой.

В третьей главе предметно изложены результаты изучения особенностей локализации рудных тел на западном фланге Октябрьского месторождения. Исследования проведены на основе документации керн скважин и минераграфического описания руд. Документальная информация обработана методами компьютерной графики и представлена в виде 3D моделей. Автор, ориентируясь на традиционно выделяемые промышленные типы руд, построил каркасные модели, отражающие морфологию и взаиморасположение тел, сложенных массивными, вкрапленными и «медистыми» рудами. На основе визуализированных параметров изменчивости типизированных рудных тел, предметно описана их морфология и определены группы сложности.

Охарактеризован минеральный состав типизированных рудных тел. Выявлены типоморфные признаки минеральных агрегатов. Продемонстрирована приуроченность минерально разнообразных руд к горизонтам расслоенной интрузии.

Комплекс выполненных исследований рудных тел представлен в виде обобщения в форме защищаемого положения: *«На западном фланге Октябрьского месторождения линзовидные тела сульфидных Cu-Ni руд: богатых, медистых и вкрапленных - пространственно связаны, образуют субгоризонтальную рудную зону, располагаясь в ней на нескольких горизонтах. Морфология рудных тел определяется постепенным выклиниванием Хараелахского интрузива и погружением его в юго-восточном направлении, контурами развития рудовмещающих пикритовых габбро-долеритов, уменьшением их мощности и сменой их по латерали безрудными оливинсодержащими и безоливиновыми габбро-долеритами».*

Приводимые, предметно обоснованные, выводы имеют непосредственное практическое значение в части предложений по организации геолого-разведочных и горно-рудных работ. Обобщения имеют теоретическое значение в силу того, что демонстрируют взаимоувязанность разнотипных руд и их закономерное положение в едином

геологическом пространстве зонально построенного фланга Хараелахской интрузии.

В части замечаний можно отметить относительно невысокое качество фотографий, характеризующих минеральные ассоциации руд. Отметим недочеты в рисунках, представляющих 3D модели: неудачная компоновка частей рисунков и условных обозначений, а также чрезмерная лаконичность подрисовочных подписей.

В четвертой главе приводится методика и результаты минералогическо-геохимического изучения породообразующих и акцессорных минералов рудовмещающих пикритовых габбро-долеритов, контуром распространения которых определяется морфология рудных тел на западном фланге Хараелахской интрузии.

Изучение проведено на основе использования классических петрографических, минераграфических и аналитических методов в сочетании с ИК-спектрометрическими исследованиями минералов в монофракциях и плоско-параллельных пластинах. Предметно охарактеризован использованный для типизации породообразующих и акцессорных минералов метод ИК-спектроскопии. Показано, что общедоступные экспрессные результаты ИКС исследований, адекватные данным рентгеноспектрального анализа, могут с успехом использоваться для анализа минералов в практике геолого-разведочных работ.

Наибольший интерес представляет выполненное изучение полевых шпатов и пироксенов. Установлено, что для плагиоклазов габбро-долеритов характерна изоморфная примесь при средних содержаниях Fe – 0,67 мас.%, но в рудоносных пикритовых габбро-долеритах содержания Fe достигают 1,5 мас.%. По существу продемонстрирована прямая корреляция железистости плагиоклаза и рудоносности пикритовых габбро-долеритов. Также показано, что широкое развитие железисто-титанистого клинопироксена выступает как индикатор рудоносности пикритовых габбро-долеритов.

Указанные выявленные закономерности распределения элементов-примесей в породообразующих минералах в разрезе расслоенных габброидов западной ветви Хараелахской интрузии рекомендованы автором для использования в практике геолого-разведочных работ в составе прогнозно-поисковых критериев. Полученные результаты позволяют автору работы сформулировать второе защищаемое положение: *«Рудовмещающие пикритовые габбро-долериты западной части Хараелахского интрузива содержат несколько генераций породообразующих и акцессорных минералов, различающихся составом в пределах изоморфных рядов и определенным набором элементов-примесей. По мере приближения к рудным телам в пикритовых габбро-долеритах закономерно растёт основность плагиоклаза и увеличение в его составе примеси Fe, повышаются железистость клинопироксена и содержание в нём TiO_2 ».*

Обоснованность положения не вызывает сомнений. Однако имеется несколько замечаний. В таблицах с характеристикой состава минералов отсутствует геологическая и пространственная привязка проб. Отсутствуют, упрощающие восприятие, рисунки с визуализацией выявленных закономерностей. На рис. 4.19 есть значения не соответствующие текстовой характеристике минерала. Отмечаются стилистические неточности в табличных подписях.

Пятая глава характеризует особенности состава и строения вкрапленных руд на западном фланге Октябрьского месторождения.

В силу того, что на западном фланге месторождения доминируют вкрапленные руды в пикритовых габбро-долеритах, изучение особенностей этих руд представляет самостоятельный интерес. В числе приоритетов выступает изучение текстурно-структурных особенностей руд, непосредственно влияющих на их обогатимость в части макрокомпонентов и уровень извлечения минералов-концентраторов элементов платиновой группы металлов. В основу анализа положено изучение фрактальной размерности рудных агрегатов, формирующих каплевидные,

интерстиционные и каплевидно-интерстиционные включения в кристаллическом силикатном матриксе интрузии. Вычисление фрактальной размерности рудных выделений основано на использовании трехмерной лазерной томографии образцов из керна скважин с компьютерным преобразованием серии рентгеновских снимков в 3D модель.

В сочетании с минераграфическим, электронно-микроскопическим, атомно-эмиссионным спектрометрическим и масс-спектрометрическим изучением рудных и нерудных минералов, выполненная 3D томография позволила получить интегральную точечную (на уровне образца керна) и объемную (на уровне рудного тела) характеристику вкрапленных руд.

Данные трехмерной лазерной томографии свидетельствуют, что вкрапленные руды, при низком уровне проявления фрактальных свойств, относительно гомогенны и могли формироваться за счет ликвации и оседания капель «сульфидного дождя» в полужидком силикатном матриксе. Близкая характеристика фрактальной размерности разнотипных в текстурном отношении вкрапленных руд позволяет предположить близость их технологических свойств.

Полученные результаты исследования вкрапленных руд сведены автором в форме защищаемого положения: *«Наиболее распространенные на западном фланге Октябрьского месторождения каплевидные и каплевидно-интерстициальные вкрапленные руды не различимы по фрактальной размерности, что позволяет предполагать близость их свойств обогатимости и возможность совместной переработки этих руд. Структуры сульфидных агрегатов различного размера в них математически самоподобны. Это подтверждает формирование рассматриваемых руд в ходе единого геологического процесса, вероятно – ликвации».*

Выполненный комплекс исследований не оставляет сомнений в достоверности и обоснованности выводов и практических рекомендаций. Предложенный метод определения фрактальной размерности и анизотропии

оруденения может применяться при проведении разведочных и эксплуатационных работ в объеме всех рудных объектов Норильского района.

Представления о реализации ликвации непосредственно на уровне локализации рудоносных пикритовых габбро-долеритов представляют несомненный фундаментальный интерес в части построения геолого-генетической модели формирования Cu-Ni месторождений норильского типа.

В виде замечаний отметим традиционно невысокое качество микрофотографий руд и отсутствие минеральных индексов на фото. В списке литературы отсутствует часть цитированных источников.

В целом, высказанные замечания имеют рабочий характер, не умаляют значимость диссертационного исследования и не снижают его высокую оценку. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Результаты исследований представлялись в виде докладов на 7-ми международных и российских конференциях и совещаниях в 2021-2023 гг. и в полном объеме освещены в шести публикациях автора. Автореферат отражает основные положения диссертации.

Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения (геолого-минералогические науки), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Крылов Иван Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по

специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения (геолого-минералогические науки).

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник лаборатории рудно-магматических систем
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения
Российской академии наук»

РАТКИН Владимир Васильевич

25.01.2024 г.



Подпись В.В. Раткина заверяю

Контактные данные: тел.: _____ e-mail: _____

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация: 04.00.11 – Геология, поиски и разведка рудных и нерудных
месторождений; металлогения.

Адрес места работы:

690022, г. Владивосток, пр-т 100-летия Владивостока, 159.

Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения
Российской академии наук, лаборатория рудно-магматических систем
Тел.: +7 (423) 2-318-750; e-mail: office@fegi.ru