

ОТЗЫВ

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

Диссертация включает 143 стр. текста (размер шрифта 12, междустрочный интервал 1,5), 54 рисунка, 16 таблиц и 176 наименований списка литературы. Она 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. Написана в корректном геологическом стиле с редкими редакционными неточностями и опечатками.

Актуальность избранной темы определяется необходимостью разработки локальных критериев прогнозирования и уточнения технологических параметров Cu-Ni с EPG сульфидных руд Талнахского рудного узла Норильского района на основе детального изучения условий их локализации и вещественного состава руд и вмещающих пород.

Фактической основой диссертации послужили: результаты авторской документации 13 400 п. м. керн 26 разведочных скважин, пройденных на западном фланге месторождения Октябрьское; каркасными 3D моделями рудных тел этой части месторождения, выполненными в ГИС Micromine и Leapfrog на базе документации разведочных скважин; коллекции 210 образцов горных пород и руд западной части Хараелахского интрузива; анализами акцессорных минералов (2077 замеров) в образцах из рудовмещающих пород Хараелахского интрузива, выполненных с использованием ICP-MS; 160 Фурье инфракрасными (ИК) спектрами поглощения плагиоклазов, 200 ИК-спектрами оливина и 150 спектрами клинопироксена из рудовмещающих пород Хараелахского интрузива; статистическими данными полученными в ходе фрактального анализа сульфидных вкрапленных руд.

Соискатель в своей работе использовал как традиционные геологические методы детального геологического картирования, текстурно-структурного анализа руд, минераграфии, петрографии и петрохимии вмещающих пород, так и современные: лазерной томографии, 3D геостатистического моделирования рудных тел, технологии ГИС-моделирования и принципов фрактального анализа.

И.О. Крылов предвзвешивает рассмотрение существа своей работы емким обзором истории изучения и основных характеристик геологического строения Норильского района и сульфидных Cu-Ni-EPG месторождений, вопросам тектоники и магматизма, генетическим построениям о рудообразовании. Собственно суть диссертации начинается с 36 стр. Наверное, это оправдано, поскольку очень высокая изученность проблемы рудоносности.

Степень обоснованности положений, выносимых на защиту, научных выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна выражается в следующем.

Первое защищаемое положение «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.»

Положение надо считать доказанным корректными построениями 3D моделей трех типов руд: богатых, «медистых» и вкрапленных, построенных с использованием каркасных моделей по данным разведочного бурения, опробования и кондициям. Они иллюстрированы на планах и разрезах (рис. 3.4 – 3.7). Эти построения увязаны с кондиционными параметрами изменчивости и содержаний полезных компонентов по классификации ГКЗ РФ (табл. 3.1 – 3.3).

Минеральный состав корректно раскрыт с описанием структур и текстур руд, которые показаны на ряде фото образцов и микро-фото шлифов. Защищаемое положение сформулировано как эмпирическая закономерность рудолокализации известных типов сульфидных руд. Ее можно было и предположить, однако важно, что она обоснована фактически.

Основное замечание по этому положению заключается в некоторой генетической незавершенности. Автор упоминает, что названные три типа руд соответствуют генетическим типам: богатым - ликвационно-инъекционным, вкрапленным - ликвационно-магматическим, медистым – гидротермальным, метасоматическим. С этих позиций и надо было раскрыть отличия рассмотренных залежей западного фланга и выклинивания оруденения Октябрьского месторождения с его главной центральной частью. Безусловно интересны были бы результаты количественных изменений этих руд в сравниваемых частях.

Второе защищаемое положение «Рудовмещающие пикритовые габбро-долериты западной части Хараелахского интрузива содержат несколько генераций породообразующих и аксессуарных 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 .

Для обоснования этого положения изучены шлифы, препараты и мономинеральные фракции породообразующих (оливин, пироксены, плагиоклаз) и аксессуарных (ильменит, титаномагнетит) рудоносных пикритовых габбро-долеритов и безрудных габбро-долеритов. При этом подкупает корректное применение прецизионных методов анализа (ИК-спектроскопия, микрорентгеноспектральный анализ и ICP MS).

И.О. Крылов в проведенных петрографических и петрохимических исследованиях показал, что владеет современными методами (рис. 4.4 – 4.11, таблицы 4.1, 4.2). Он сравнил полученные факты по Западному флангу Октябрьского месторождения с известными данными других исследователей. Большинство закономерных изменений состава породообразующих минералов подтверждено. Однако, получены и новые данные, например, по меньшей магниальности и большей глинозёмистости хромшпинелидов рассматриваемой части Хараелахского интрузива в сравнении с Талнахским. Представляет интерес приведенная стратификация разреза рудоносной Хараелахской интрузии (рис. 4.3), из которой следует, что при резком изменении мощности набор дифференциатов не изменяется.

Выявлены изменения состава элементов-примесей в плагиоклазах, которые главным образом определены по ИК-спектрам (рис. 4.15, 4.16, 4.17, табл. 4.3 и др.). Установлено, что в габбро-долеритах наблюдается ряд от олигоклаза до лабрадора, пикритовых габбро-долеритах – преимущественно андезин и реже анортит, в габбро-долеритах с оливином до 20% – андезина – лабрадора (табл. 4.4). Выявлена вертикальная зональность по содержанию в плагиоклазах примесного железа (Fe^{3+}). В разрезе Хараелахской интрузии в рудоносных пикритовых габбро-долеритах Fe^{3+} в плагиоклазах завышено, а в безрудных лейкократовых габбро и оливинсодержащих габбро-долеритах понижено (рис. 4.19).

Проведен анализ распределения элементов-примесей в клинопироксенах (рис. 4.21-4.23, табл. 4.8, 4.9). Получены новые данные. В рудовмещающих габбро-долеритах на западном фланге Октябрьского месторождения по мере приближения к рудным телам клинопироксены имеют повышенные концентрации TiO_2 , и становятся более железистыми по сравнению с безрудными дифференциатами. По геотермометру Линдсли равновесного парагенезиса авгит-

ортопироксен оценена температура 1000°C при 5 кбар, что указывает на их формирование в высокотемпературных условиях. Выявленные автором содержания элементов-примесей в оливинах пикритовых габбро-долеритов западного фланга Хараелахской интрузии практически не отличаются от оливинов в других ветвях интрузива, подробно изложенных в ряде предыдущих работ других авторов.

Представленные материал полностью подтверждают второе защищаемой положение диссертации.

По нему есть одно небольшое замечание. Было бы весьма полезно привести материалы по использованию полученных данных как поисковых признаков руд разных типов и объектов различных масштабов.

Третье защищаемое положение «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.»

Фактической основой явился анализ текстур и структур вкрапленных руд, изученная коллекция которых незначительно изменялась по минеральному составу в западной части Октябрьского месторождения. Здесь они залегают в приподошвенной части интрузива, слагая линзовидные залежи с выдержанной мощностью и относительно равномерным распределением полезных компонентов. В этих рудах сульфидные агрегаты выполняют интерстиции, образуют капли, иногда прожилки, размерами от 0,1 мм до 5 см, т.е. 3,5 порядка, вкрапленники достигают 50-60% объема. В каплевидных рудах вкрапленники частично соединены между собой тонкими ветвящимися сульфидными прожилками. Интерстиции в породообразующих силикатах в некоторых случаях образуют удлиненные прожилки. Таким образом все разновидности слагают парагенезисы.

И.О.Крылов постулирует, что предполагаемая фрактальная размерность сульфидных агрегатов является характеристикой динамики перколяции рудоносного флюида и как следствие – математически обоснованным индикаторным признаком этих вещественных свойств. Вычисление фрактальной размерности рудных выделений основано на трехмерной лазерной томографии по рентгеновским снимкам образцов руд. Структурно-текстурные характеристики рудной минерализации считались паттернами заполнения пространства рудным веществом.

Вычислены цифровые данные об объеме, площади поверхности минерального агрегата, 3D-фрактальной размерности и анизотропии выделенных фаз минерализации (табл. 5.4). Они включали измерения: объема фазы (мм^3), площади поверхности фазы (мм^2), фрактальной размерности (от менее 2 до 3), степени анизотропии, определяемой по средней длине пересечения. Для каждого типа руд, по результатам съемки, была рассчитана 2D фрактальная размерность, а затем 3D фрактальная размерность. Измерение фрактальной размерности производится на основе метода “Box counting 3D”, [Chappard., et al 2001]. чем менее гладкая поверхность, тем больше фрактальная размерность. Фрактальный анализ показал, что трехмерная фрактальная размерность рудной фазы для первого типа минерализации составляет в среднем 1,97, для второго типа минерализации – 1,83, для третьего типа – 1,99.

Минеральные фазы включали сульфиды и оксиды, в одну фазу вошли минералы платиновой группы и галенит, остальные две фазы представлены породообразующими и вторичными минералами (рис.5.7). Установлено, что фрактальная размерность рудной фазы в каплевидных рудах практически не отличается от фрактальной размерности в каплевидно-интерстициальных рудах.

Защищаемое положение следует считать обоснованным.

Замечание по нему: заявленное предположение об обогатимости разных по строению вкрапленных руд требует экспериментального обоснования.

Мелкие замечания и рекомендации

- при хорошем обзоре по геологии и генезису месторождений Норильского района надо было отметить собственную позицию соискателя по их образованию; - более отчетливо надо было показать остроту нерешенных вопросов, которым посвящена диссертация; - не верно считать рудные узлы частью рудных полей, как указано в конце стр. 26; на стр. 46 есть смысловой повтор «По сравнению с Талнахским месторождением, где рудоносный Талнахский интрузив локализуется в породах тунгусской серии, рудные тела на западном фланге Октябрьского месторождения группируются на более низком стратиграфическом уровне»; - представляется не точным выражение «Рудные тела вкрапленных руд на флангах Октябрьского месторождения приурочены к линзам медистых и сплошных руд, образуя в приподошвенной части интрузива линзовидные залежи с выдержанной мощностью и относительно равномерным распределением полезного компонента». С генетических позиций наоборот к выдержанным рудным телам вкрапленных руд приурочены богатые и медистые руды.

- наверное, лишними являются названия «Цели, задачи, введение» в начале глав.

Указанные замечания не умаляют достоинств рассматриваемой работы. 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.

Таким образом, диссертация «Условия локализации медно-никелевых руд западного фланга Октябрьского месторождения Талнахского рудного узла (Норильский рудный район)», соответствует критериям, установленным настоящим Положением о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а ее автор Иван Олегович Крылов 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, профессор,
заведующий кафедрой геологии месторождений полезных ископаемых
Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»

Игнатов Петр Алексеевич

(подпись)

15 января 2024 г.

Контактные данные: тел.: +7 (495) 255-15-10, e-mail: ignatovpa@mgri.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 25.00.11 – «Геология, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, минерагения».

Адрес места работы:

117997, Москва, ГСП-7, ул. Миклухо-Маклая, д. 23.

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, кафедра геологии месторождений полезных ископаемых.

Тел.: +7 (495) 255-15-10, доб. 21-60; E-mail: kaf-geompi@mgri.ru

Подпись руки *Игнатова П.А.*
УДОСТОВЕРЯЮ
Наименование отдела по работе с пер
« 15 » января 2024 г.

