

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт
геохимии им. А.П. Виноградова
Сибирского отделения Российской
академии наук

доктор геолого-минералогических наук

А.Б. Перепелов



«08» февраля 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Виктора Александровича Гусева «Процессы кристаллизационной дифференциации
богатых медью сплошных сульфидных руд Талнахского и Октябрьского месторождений (на
основе изучения разрезов рудных тел и экспериментального моделирования),
представленную на соискание
учёной степени кандидата геолого-минералогических наук
по специальностям 1.6.10. — «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых,
минералогия» и 1.6.4. «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы
поисков полезных ископаемых»

Актуальность темы диссертации. Магматические месторождения сульфидных руд являются одними из самых ценных в мире скоплений металлов, на которые в настоящее время приходится ~56% мирового производства никеля и более 96% - платины, палладия и других элементов платиновой группы. Сульфидные ЭПГ-медно-никелевые месторождения Норильского района - уникальные геологические объекты, занимающие лидирующие позиции по запасам не только никеля, меди и кобальта, но и платины и палладия. Несмотря на многолетнее изучение рудоносных интрузий Норильского региона, их происхождение и особенности процессов рудоотложения остаются предметом постоянных дискуссий. Одним из таких спорных вопросов является механизм образования массивных сульфидных руд - наиболее экономически важного типа рудного сырья, на долю которых приходится 8,5 % запасов руд Норильских месторождений. Поэтому диссертационная работа В.А. Гусева, посвященная выявлению типов зональности сплошных рудных тел норильских месторождений и установлению закономерности концентрирования благородных металлов в массивных сульфидных рудах Талнахского и Октябрьского месторождений является не только актуальной, но и имеет большое практическое значение.

Новизна полученных результатов и выводов. Автором впервые проведено прямое сопоставление результатов эксперимента по кристаллизационной дифференциации имитационного сульфидного расплава с минеральным составом изученных сульфидных руд

Талнахского и Октябрьского месторождений, и предложена физико-химическая интерпретация процессов рудообразования.

Апробация работы и публикации. Результаты исследований опубликованы в 2 изданиях, в том числе в 2 из списка ВАК, а также были представлены в виде докладов на всероссийских и международных конференциях.

Обоснованность научных положений и выводов.

Диссертация – состоит из введения, 6 глав и заключения, сопровождается 67 рисунками, 19 таблицами в тексте и 3 таблицами в приложении, список литературы содержит 185 наименований. В основу работы положен очень представительный фактический материал, однако автор не указывает ни в тексте введения, ни в главе «Материалы и методы исследования» какой личный вклад был им сделан при его сборе.

Введение отражает актуальность, цели, задачи, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы. Содержит защищаемые положения и другие необходимые сведения.

В диссертационной работе выдвигаются три защищаемых положения, которые обосновываются всем изложенным материалом.

В **первой главе** представлен подробный обзор литературных по кристаллизационной дифференциации сульфидной жидкости в природных условиях и в экспериментах. Рассмотрены вопросы кристаллизационной дифференциации сульфидной жидкости в природе. Автор анализирует факторы, контролирующие количество рудных металлов и серы в магмах. Останавливается на обзоре геохимических «инструментов» для выявления источника магматических сульфидов. При обзоре результатов экспериментального изучения системы Cu-Fe-S автор подробно рассматривает историю развития экспериментов, начиная с двадцатых годов прошлого столетия и заканчивая нашими днями. В главе явно не хватает подведения итога, отражающего насколько результаты экспериментальных работ на сегодняшний день приблизились к решению проблем природных систем.

Во **второй главе** рассматривается геологическое строение Талнахского рудного узла. В ней описывается положение и геологическое строение узла. Приведена стратиграфическая колонка разреза палеозойских терригенно-осадочных пород, геологический разрез Талнахского рудного узла, разрез рудного тела Талнахского месторождения и схематическая карта минеральной зональности рудных тел Октябрьского месторождения.

В качестве замечания хочется отметить, что стратиграфический разрез для лучшего восприятия можно было выполнить в цвете. Кроме того, рассматривая минеральную зональность рудных тел Октябрьского месторождения, автор не даёт чёткого представления какие изменения внесены в предложенную ранее схему, хотя на рис. 2.4 отмечает, что в карту внесены дополнения. Ранее во Введении в разделе **научная новизна** и далее по тексту (глава 4) автор отмечает, что моихукитовые руды на самом деле являются путаронитовыми, но везде в

заголовках и в первом защищаемом положении они так и остаются моихукитовыми. Наверное, все пояснения лучше было бы сделать в этой главе и далее называть «вещи своими именами». Вместе с тем, было бы хорошо, если бы и на рис. 2.3 было показано, где находятся изученные путаронитовые руды в разрезе. Так как совершенно непонятно, что изображено на рисунке 2.4: проекция рудных тел на какой-то горизонт или действительное соотношение различных типов руд на одном гипсометрическом уровне? Судя по разрезу, представленному в главе 4 скважина прошла только по путаранитовым рудам, а глядя на рисунок 2.4 создаётся впечатление, что рудное тело обладает латеральной зональностью. Тогда возникает вопрос насколько правомочно рассматривать путаронитовую линзу в отрыве от других типов руд и делать вывод, что в разрезе руд Октябрьского месторождения фракционная зональность отсутствует?

К мелким замечанием можно отнести неточности в петрографических названиях пород. Например, 1) стр. 22, первый абзац: «... представлен двумя базит-гипербазитовыми...». Гипербазиты – это устаревший термин, применявшийся ранее к ультраосновным породам реститовой природы; 2) стр. 22, третий абзац: в ряду перечислений последовательности пород по разрезу рудоносных интрузий, породы именуется по текстурным (такситовые), по химическим (пикритовые) и по минеральным (оливиновые, безоливиновые) признакам.

Третья глава посвящена материалам и методам исследований. В ней приведены сведения о коллекции образцов, использованных в работе, даны описания методик инструментального анализа для минералогических и валовых геохимических исследований, а также рассмотрены основные моменты экспериментальной работы по синтезу и направленной кристаллизации расплава и термическому анализу образцов. В тексте приведена таблица 3.2.1, в которой представлены пределы обнаружения метода РСМА. Исходя из представленных в ней данных, непонятно почему в Приложении 3 в составе Pd-содержащих пентландитов содержания элементов представлены даже до четвёртого знака после запятой. В разделе 3.2. этой главы автор приводит состав исходной шихты, но не даёт обоснования, чем обусловлен выбор такого состава. В подразделе «Расчетные методы» есть подраздел «Пересчёт валовых составов на чистый сульфид», в котором не обозначены цели этого пересчёта. Из названия можно предположить, что автор собирался пересчитывать содержания элементов в рудах на 100 % сульфид. Однако из представленного в нём текста складывается впечатление, что таким образом, по видимому, определялся модальный состав изученных руд.

В четвёртой, пятой и шестой главах содержатся результаты исследований. На наш взгляд четвёртая и пятая главы не очень удачно названы. Автор как бы априори делает генетические выводы, до представления и обсуждения полученных результатов.

В четвёртой главе представлены итоги изучения линзы халькопиритовых руд Талнахского месторождения и путаранитовых руд Октябрьского месторождения. Оба рудных участка рассматриваются по единой схеме: строение, акцессорные минералы и их распределение по разрезу, химическая зональность. Для каждого типа руд были определены примерные

температуры кристаллизации, величина фугитивности серы, высказаны предположения о порядке кристаллизации минералов. Однако на наш взгляд подразделы 4.1.4-4.1.6 и 4.2.4-4.2.6 можно было бы объединить в один в соответствующем разделе. При описании модального состава зон халькопиритовой линзы Талнахского месторождения остаётся не ясным расчётные это объёмные проценты или полученные при изучении аншлифов. Не совсем понятно, почему минералы платиновой группы рассматриваются автором как аксессуарные. В данном контексте даже если их количество меньше 1 об. %, они являются составной частью массивных руд. Стоит отметить, что глава насыщена фактическим материалом, изобилует фотографиями аншлифов, сделанных под микроскопом и в обратно-рассеянных электронах.

Пятая глава демонстрирует результаты экспериментальных исследований автора. Рассмотрена минеральная и химическая зональность слитка, проведено сопоставление строения и фазового состава слитка с разрезами природных халькопиритовых и путаронитовых руд. Полученные результаты позволили автору обосновать различные механизмы кристаллизации модельного расплава. Кроме того, были выявлены признаки высокотемпературного расслоения исходного расплава, что легло в основу второго защищаемого положения.

В **шестой главе** рассматривается распределение элементов платиновой группы (палладия) с сульфидах (в пентландите). Автором детально описаны морфологические разновидности пентландитов, обнаруженных по разрезу халькопиритовых руд Талнахского месторождения. Приведен состав минералов с повышенными содержаниями палладия. Непонятно, почему рисунок 6.1.5. называется «карта изоконцентраций палладия в зёрнах пентландита». Судя по рисунку 6.1.4 перед нами агрегат сульфидов (пентландит, халькопирит, кубанит), магнетита и минерала (ов) платиновой группы. Максимальные концентрации приходятся на точку, которая попадает на минеральную фазу, которая по оптическим свойствам близка к минералу платиновой группы. Остаётся не ясным, почему не был определён состав этого минерала. В тексте отмечено, что максимальные концентрации палладия в пентландите достигают 11,26 мас. %, однако фотографии этого пентландита, и характер распределения в нём палладия отсутствуют.

Подводя итог, хочется отметить общий высокий уровень автора владения материалом, его творческий подход и выразить надежду на продолжение экспериментальных исследований.

Заключение

Представленная диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне, содержит необходимые графические и расчетные материалы. Актуальность проведённых исследований, научная новизна, достоверность и объём фактического материала, личный вклад автора, несмотря на высказанные замечания, позволяют рассматривать работу как законченное научное исследование, результаты которого могут быть рекомендованы для практического использования при изучении рудных зон с массивными медно-никелевыми

