

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Малича Крешимира Ненадовича

на тему: Комплексные платинометалльные месторождения Полярной Сибири (состав, источники вещества и условия образования)

по специальности 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения»

на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук.

1. Актуальность избранной темы. Диссертация К.Н.Малича посвящена изучению вещественного состава, определению источников вещества и условий формирования всемирно известных сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений и ассоциирующих с ними интрузивов. Несмотря на стратегическую значимость и хорошую изученность этих месторождений, модели их формирования до сих пор остаются дискуссионными. Это же касается и сопутствующих интрузивов. К.Н. Малич отмечает, что ни одна из идей не является преобладающей. Особенно актуальными являются проблемы выявления источников и условий формирования силикатного и рудного веществ, оценки продолжительности формирования руд и интрузивов, выяснения характера взаимодействия первичных магм с литосферой и литосферной мантией. Результаты решения этих проблем имеются в представленной диссертации. На основе этих результатов К.Н. Маличем предложены критерии прогнозирования рудоносности интрузивов и россыпей. Эти прогнозы являются актуальными для приоритетного для РФ горно-промышленного освоения территории Полярной Сибири

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Защищаемые научные положения хорошо обоснованы и подкреплены большим фактическим материалом.

В *первом* защищаемом научном положении (глава 2) на большом фактическом материале убедительно обосновано, что Гулинский и Бор-Уряхский массивы ультраосновных и щелочных пород с карбонатитами являются источниками для иридиево-осмиевых россыпей Маймеча-Котуйской провинции. Впервые показано, что Гулинский гетерогенный массив по набору ультраосновных пород и россыпеобразующему потенциалу сходен с клинопироксенит-дунитовыми массивами, а по металлогенической специализации на тугоплавкие платиноиды – с дунит-гарцбургитовыми массивами. Эти особенности существенно отличают его от маймеча-котуйских ийолит-карбонатитовых массивов. Это защищаемое положение имеет практическое значение, поскольку включает прогнозные ресурсы платиноидов.

Во *втором* защищаемом положении (Глава 3 на основе изучения минералов и минеральных ассоциаций россыпей Маймеча-Котуйской провинции, показано, что источниками минералов платиновой группы (МПГ) являются дуниты, хромититы и оливиниты при преобладании Os-Ir интерметаллидов над Pt-Fe «сплавами» и Ru-Os сульфидами. Для обоснования привлечен оригинальный материал по количественному химическому составу, оптическим, физическим свойствам, изотопному составу МПГ. Особое внимание уделено оксидным, сульфидным и силикатным микровключениям в МПГ. Доказано, что эти микровключения соответствуют по составу минералам дунитов, хромититов и оливинитов ультрамафитовых комплексов урал-аляскитового и алданского типов. Диссертант предполагает, что выявленные им специфические полиэлементные твердые растворы системы Ru-Os-Ir-Pt(\pm Fe) свидетельствуют о мантийных условиях их генерации, характеризующихся повышенными РТ-параметрами. Отмечается сходство окислительно-восстановительных условий (фугитивности кислорода) изученных МПГ и мантийных ультраосновных комплексов. Для обоснования единого субхондритового источника ЭПГ и хромититов К.Н. Малич привлекает соотношения изотопов осмия ($^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$)

Третье защищаемое положение (глава 5) посвящено обоснованию временной близости формирования карбонатитов Гулинского массива Маймеча-Котуйской провинции, Бинюдинского и Дюмталейского ультрамафит-мафитовых интрузивов Таймырской провинции с главным магматическим событием на рубеже Палеозоя и Мезозоя, которое привело к появлению одной из самых значительных провинций на Земле – толеитовых платобазальтов Сибирской платформы. По данным изучения U-Pb системы в бадделеите и цирконе, а также Th-U-Pb системы в ториианите получен возраст 250 млн. лет, который соответствует пермо-триасовому рубежу. Новые геохронологические данные согласуются с оценками возраста, полученными ранее другими методами для пород и минералов Гулинского массива.

В **четвертом** положении утверждается, что «ключевая роль при формировании сульфидных ЭПГ-Cu-Ni месторождений Норильской провинции принадлежит глубинным магматическим камерам». Диссертант считает, что слабоварьирующие изотопные составы серы массивных и вкрапленных руд Хараелахского (или Октябрьского) и Талнахского месторождений свидетельствуют о контаминации мантийных магм коровым материалом в глубинных условиях. Менее определенными выглядят рассуждения о вариациях изотопного состава меди со ссылками на разные мнения в многочисленных публикациях.

В **пятом** защищаемом положении предлагаются изотопно-геохимические критерии выявления новых рудных объектов. В частности, показано, что на основе сравнения изотопного состава меди, серы и осмия возможен прогноз богатых сульфидных ЭПГ-Cu-Ni-руд. Установлено что промышленно-рудноносные и рудоносные массивы характеризуются низкими отношениями Re/Os (0,6-8,8), а слабо-рудноносные – более высокими (13,7-71,6). Еще более отчетливой выглядит обратная связь содержания радиогенного осмия (γ Os) с рудоносностью интрузивов. На этой основе установлен ряд интрузивов, обнаружение промышленных руд в которых маловероятно. С другой стороны, дается положительный прогноз на Черногорский интрузив в Норильской провинции и Дюмталейский интрузив в Таймырской провинции, сульфиды которых характеризуются обогащением тяжелыми изотопами серы. Данный подход выглядит интересным, новым и объяснен диссертантом в рамках развиваемой им интрузивной модели рудообразования.

3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Достоверность результатов исследований обеспечена применением современных аналитических методов на сертифицированном оборудовании с использованием международных стандартных образцов в ведущих лабораториях России, Франции, Австрии и Австралии. Количество анализов позволяет проводить сравнительный статистический анализ. Исключение оставляют скудные изотопные данные по сере некоторых слаборудоносных интрузивов. В работе впервые детально исследованы минеральные ассоциации платиноидов из ультрамафитов и благороднометаллических россыпей Гулинского и Бор-Урехского массивов. Выполнено их сравнение с МПГ ультраосновных комплексов аладанского и урал-алаянского типов. Кроме этого, выявлены необычные поликомпонентные твердые растворы системы Ru-Os-Ir-Pt(\pm Fe), составы которых характерны для недифференцированного в отношении ЭПГ рудного вещества. Получены первые данные по вариациям Os-изотопного состава минералов осмия и хромититов Гулинского массива, свидетельствующие в пользу субхондритового источника ЭПГ. Уточнены возрастные пределы формирования рудоносных массивов изученных регионов, свидетельствующие о близости событий внедрения с толеит-базальтовым магматизмом Сибирской платформы. Сравнительная оценка геохронологических и изотопно-геохимических данных выявила более сложную, чем это представлялось ранее, геологическую историю промышленно-рудноносных интрузивов. Обоснована значительная роль глубинных магматических камер при формировании богатых сульфидных ЭПГ-Cu-Ni руд Норильской провинции. Выдвинуто предположение о трех вещественных источниках (деплетированной мантии, субконтинентальной литосферной мантии и древней коры), участвовавших в формировании промышленно-рудноносных интрузивов. На основе большого

фактического материала разработаны новые изотопно-геохимические критерии диагностики рудоносных и безрудных интрузивов.

4. Значимость для науки и практики. Особую ценность в диссертации имеет сравнительный анализ состава и строения различно рудоносных интрузивов и благороднометалльных россыпей. Часть использованных в работе материалов получена в ходе выполнения многочисленных хоздоговорных и тематических научно-исследовательских работ, направленных на выявление вещественных характеристик и различных аспектов генезиса платиноидных месторождений Полярной Сибири. Полученные данные использованы при создании серийной легенды Маймеча-Котуйской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000, апробированной на НРС ВСЕГЕИ. Показано, что комплексные золото-иридиево-осмиевые россыпи, связанные с Гулинским массивом, являются уникальным по типу комплексной благороднометалльной минерализации и весьма крупным по прогнозным ресурсам тугоплавких платиноидов потенциально промышленным объектом. Охарактеризованы изотопно-геохимические индикаторы прогноза сульфидного ЭПГ-Cu-Ni оруденения, Выявленные закономерности изотопных характеристик силикатного и рудного вещества могут быть эффективно использованы при прогнозной оценке оруденения в слабо изученных мафит-ультрамафитовых интрузивах Российской Арктики.

6. Содержание диссертации и её завершенность. Диссертация Крешимира Ненадовича Малича является завершенной научно-исследовательской работой, в которой на основании комплекса выполненных геологических, минералогических и изотопно-геохимических исследований охарактеризованы промышленно-рудоносные (Хараелахский, Талахский и Норильск-1), рудоносные (Черногорский, Зуб-Маршейдерский и Вологочанский) и слаборудоносные (Нижнеталнахский и Круглогорский) ультрамафит-мафитовые интрузивы Норильского региона. Выделены потенциально рудоносные Бинюдинский и Дюмталейский ультрамафит-мафитовые интрузивы Таймырской провинции, Гулинский и Бор-Уряхский массивы ультраосновных и щелочных пород с карбонатитами и ассоциирующие с ними благороднометалльные россыпные месторождения и рудопроявления Маймеча-Котуйской провинции. На этой основе разработаны новые теоретические положения, не только развивающие современную интрузивную теорию рудообразования, но и вносящие принципиально новые (1) критерии оценки потенциальной рудоносности ультрамафит-мафитовых интрузивов норильского типа и (2) перспективы выявления благороднометалльных россыпей.

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации.

1). *Необходимо обосновать выбор магматической модели, допускающей генетическую связь интрузивного магматизма и формирования платиноидно-Cu-Ni месторождений. Не отрицая этой модели, следует отметить, что, на изученных месторождениях имеются признаки, типичные для современных и древних гидротермально-осадочных платиноносных Ni-Co-Cu колчеданных месторождений, ассоциирующих с ультрамафитами. Руды изученных месторождений норильского типа, так же как и колчеданные руды, характеризуются не только массивными, но и полосчатыми (слоистыми?), жильными и брекчиевидными текстурами, включая текстуры замещения тонкозернистых полосчатых (слоистых?) руд более поздними халькопирит-пирротиновыми агрегатами, как это наблюдается в рудах колчеданных месторождений ультрамафитовой ассоциации. С позиций предлагаемой модели следует также объяснить резкие контакты кровли пластообразных рудных тел с роговиками, ангидритами и графит-кремнистыми сланцами, а не только с интрузивными породами, Много массивной руды присутствует во вмещающих породах ниже нижних контактов интрузивов (Barnes et al., 2020). Необходимо объяснить наличие фрагментов метаморфизованного угля, песчаников, карбонатов как в брекчиевидных пирротиновых рудах, так и в сопутствующих фреатомагматических брекчиях. Интересно, также, чем*

разноориентированные угловатые обломковидные включения халькопирит-пиритового состава в ультрамафитах отличаются от ксенолитов, распространенных в надрудных толщах колчеданных месторождений? Не могут также игнорироваться некоторые признаки скарновой модели формирования сплошных халькопирит-пирротиновых руд поскольку в широко распространенных скарнах на месторождениях норильского типа встречается обильная халькопирит-пирротиновая минерализация. Конвергенцию признаков, если она имеется, следует пояснить.

2) В диссертации механизм и физико-химическая сущность так называемого «буферирующего эффекта» подробно не охарактеризована.

3) Привлечение идеи о существовании необычного мантийного источника изотопно-тяжелой серы не закрывает существующей проблемы. Не учтена, например, возможность приобретения тяжелого изотопного состава серы непосредственно из девонской морской воды или из близких по изотопному составу серы сульфидов из протерозойских черно-сланцевых отложений. Изотопный состав серы этих сульфидов наследуют тяжелый изотопный состав серы морской воды, характерный для того периода (Chang et al., 2008).

4) Техническое замечание: на стр.50 (рис.2-9) следует привести в соответствие обозначения на рисунках и в подрисуночной подписи.

В целом, содержание диссертации является развернутым, насыщенным цитированием современных статей по этой тематике, соответствует содержанию автореферата, характеризуется грамотным и ясным изложением материала.

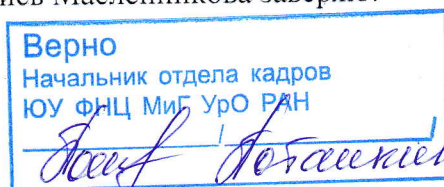
8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

К.Н. Малич разработал теоретические положения и объединил их в трехстадийную модель образования ультрамафит-мафитовых интрузивов и сульфидных ЭПГ-Cu-Ni руд. Публикации апробированы в ведущих отечественных и зарубежных журналах и на международных конференциях. На основе комплексных петрографических, минералогических и изотопно-геохимических исследований им разработаны новые критерии оценки потенциальной рудоносности ультрамафит-мафитовых интрузивов, среди которых выделены наиболее перспективные. Эти данные и результаты изучения минералогии сопутствующих россыпей будут способствовать развитию горной промышленности в полярных регионах РФ. Представленная диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Официальный оппонент,
д.г.-м.н, профессор, чл.-корр РАН,
г.нс. Южно-Уральского ФНЦ
Минералогии и геоэкологии УрО РАН
456317, Челябинская область, г. Миасс,
Ильменский гос. заповедник,
р.т.+7(3513)298098
м.т. +7 (902) 869-41-90
mas@mineralogy.ru

Дата « 10 » февраля 2022 г.

Подпись Масленникова заверяю:



Масленников Масленников В.В.



Печать организации