

В диссертационный Совет (24.1.050.01 при ФГБУН «Институт геологии и минералогии Сибирского отделения РАН» (ИГМ СО РАН), г. Новосибирск.

ОТЗЫВ

официального оппонента

о диссертации **Малича Крешимира Ненадовича «Комплексные платинометалльные месторождения Полярной Сибири (состав, источники вещества и условия образования)»**, представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых; минерагения

На рецензию представлена диссертация, состоящая из Введения, восьми глав, Заключения и списка литературы (552 наименования), общим объемом 269 страниц и автореферат на 50 стр. Диссертация проиллюстрирована 90 рисунками и 28 таблицами, размещенными в тексте.

Актуальность темы определяется важнейшим экономическим значением элементов платиновой группы (ЭПГ) в современном промышленном производстве (химическая, электронная, автомобильная промышленность, медицина, космос и пр.) и, в связи с этим, необходимостью оценки условий возникновения промышленных их концентраций в природе, а также изучение минерального состава руд как фактора генезиса оруденения ЭПГ. Актуальность и практическое значение рассматриваемой работы, также заключаются, с одной стороны, в разработке новых критериев прогнозирования и использования их при поисках минерализации ЭПГ, а с другой – знание минералогии руд позволяет совершенствовать технологии извлечения полезных компонентов из них. Учитывая высокую перспективность и промышленное значение рассматриваемых типов месторождений, представленная работа, имеет очень важное практическое значение, что также определяет ее актуальность.

О содержании работы.

Во введении (с. 5-20) изложен обычный круг вопросов организации диссертации: раскрыта постановка проблемы и актуальность исследования; сформулирована цель исследования, состоящая из двух подходов – фундаментального (решение проблемы происхождения руд) и прикладного (разработка критериев прогнозирования руд); показаны конкретные задачи и определен подход автора к выбору объектов исследования. Отмечен личный вклад исследователя в эту работу, приведено авторское видение ее новизны и практической значимости. Здесь показан очень обширный фактический материал автора, широкий комплекс примененных аналитических исследований и их надежность, сформулированы защищаемые положения и обозначен весьма высокий уровень апробации результатов авторских исследований (почти 190 опубликованных работ), а также определено соответствие диссертации специальности.

Глава 1 Экономический потенциал платиноидных руд Полярной Сибири (с.21-30) дает общую геолого-экономическую характеристику Игарско-Норильского,

Таймырского, Маймеча-Котуйского геолого-экономических районов с оценкой ресурсов минерализации ЭПГ и их перспектив, а также детализирует важность и состояние дел с минерально-сырьевой базой ЭПГ в Норильской провинции.

К сожалению, эта глава не содержит выводов, показывающих подходы автора к дальнейшему изложению материалов, например, почему в тексте главы характеристики идут в одном порядке, а изложение материалов по объектам исследования в другом. Надо было бы, исходя из последовательности защищаемых положений, также и построить последовательность изложения материала главы, или указать в конце этой главы, что дальнейшее изложение материалов следует в порядке защищаемых положений. И терминологически эта глава несколько разнородна, с одной стороны, рассматриваются геолого-экономические районы, а с другой, при детализации, да и в дальнейшем в тексте, речь идет о провинциях (рудных?, металлогенических?) с несколько иными названиями, что затрудняет восприятие авторской мысли и логики построений.

Глава 2 Геологическая характеристика массивов ультраосновных и щелочных пород с карбонатитами и связанных с ними благороднометалльных россыпей Маймеча-Котуйской провинции (с.31-53) посвящена геолого-петрографической и геохимической характеристике рудоформирующих магматических тел, являющихся основным источником россыпных месторождений ЭПГ, пространственно с ними связанных. Вторая часть главы (раздел 2.4) посвящена характеристике россыпной платиноносности, которая заметно диссонирует с основной нагрузкой главы, особенно подраздел 2.4.3. Вопросы к геолого-петрографической характеристике магматических тел у рецензента не вызывает, поскольку для заявленной специальности работы она вполне достаточна. *А вот собственно характеристика россыпей гораздо лучше бы воспринималась в начале следующей главы, а в данной главе следовало бы акцентировать внимание читателя на россыпных ареалах, сопровождающих охарактеризованные интрузивы и их характеристике, тогда бы читателю стало более понятной рудообразующая роль рассмотренных плутонов. К сожалению, ни на одном рисунке, характеризующем эти плутоны не показаны россыпи, с ними связанные.*

Глава 3 Вещественный состав платиноидной минерализации из россыпей и коренных пород Маймеча-Котуйской провинции (стр. 54-83). В этой главе характеризуются объекты исследованные автором, и она, как и предыдущая, является базовой главой для первого и второго защищаемых положений и содержит основную фактуру диссертации по этим положениям. В главе представлено много интересных минералогических и аналитических данных, раскрывающих возможный потенциал рассмотренных магматических тел, показана специфика этой минерализации в россыпях, тесно перекрывающаяся с акцессорной минерализацией магматических пород изученных плутонов. Глава содержит много интересных данных по минералогии ЭПГ и представляет самостоятельный интерес для тех, кто ее изучает.

Однако здесь есть замечание, наверно формальное, но все же не следует говорить о минералах, изученных в россыпях, как «исследование платиноидной минерализации Бор-Урхского массива...» (с.74). По крайней мере, следовало бы показать, почему автор так считает. И в главе нет обобщающих выводов (хотя по отдельным разделам они имеются),

на базе которых и сформулированы защищаемые положения. Тем не менее, эта глава полностью обосновывает первое и второе защищаемые положения.

Глава 4 Геологические и петролого-геохимические особенности рудоносных ультрамафит-мафитовых интрузивов Полярной Сибири (с. 84-152) характеризует один из крупнейших в мире по ресурсам ЭПГ Норильский регион, по которому написано очень много, но в изучении которого авторское участие очевидно и отражает оригинальность его исследований. В начале главы дан основательный обзор работ предыдущих исследователей с отражением на них взглядов автора с выводом (раздел 4.1) о трех геолого-экономических типах ультрамафит-мафитовых интрузивов продуктивных на ЭПГ (промышленно-рудноносный, рудоносный и слаборудоносный), к которым в дальнейшем тексте добавлен потенциально рудоносный тип. В ней показаны геологические и петролого-геохимические характеристики выделяемых трех типов и здесь вполне уместно выглядит подраздел, посвященный применяемой терминологии (с. 96-98). Эта глава содержит исключительную по значимости сводную характеристику всех, в той или иной степени, рудоносных интрузивов уникального промышленного рудного узла и служит украшением диссертационного исследования. В ней четко показана степень уникальности рассматриваемых рудных объектов по ЭПГ, не говоря про медь и никель. В ней удачно сочетаются петрологические и геолого-экономические параметры рудоносных интрузивов, что дает основание с большим доверием относиться к построениям автора в последующих главах и в общих выводах. В ней также наглядно показано строение интрузивных тел, условия локализации руд, их специфика по геохимии ЭПГ и других рудных компонентов. Глава насыщена фактическим новым материалом и несет много информации о рудных и потенциально рудных объектах узла.

В качестве замечания опять-таки отмечу отсутствие выводов по главе в целом.

Глава 5. Результаты датирования акцессорных минералов ультрамафит-мафитовых интрузивов Полярной Сибири (с. 153-171).

Это небольшая, но насыщенная авторскими аналитическими данными, глава убедительно показывает длительность формирования рудоносных интрузивных комплексов и обосновывает дискуссионность однозначной связи некоторых из них с плюмовым событием пермо-триасового рубежа. Обобщение автором большого массива опубликованных данных и собственных аналитических данных, обосновывает третье защищаемое положение и служит важной базой для четвертого. Замечаний к этой главе нет.

Глава 6. Изотопно-геохимические индикаторы источников рудного и силикатного вещества (с. 172-203).

В этой главе автор вводит в оборот исследователей большой массив данных не только по, ставшим уже стандартными, изотопам серы и осмия, но и данные по изотопии меди, одного из главных компонентов руд рассматриваемых месторождений. Любопытны полученные автором данные о неоднородности изотопных соотношений меди в рудах промышленно-значимых объектов, которые он интерпретирует как вклад дополнительного источника меди в Хараелахском массиве, расположенном, кстати, в другом геологическом районе. Детальное рассмотрение большого массива данных по указанным изотопам, а также по изотопам неодима, стронция, гафния, с анализом разных опубликованных точек зрения на

причины вариаций изотопного состава, позволило автору придти к выводу о важной роли промежуточного магматического очага в создании сложившейся в целом изотопной картины для пород и руд рассмотренных объектов.

Материалы, изложенные в данной главе, служат важной основой для четвертого и пятого защищаемых положений.

В порядке дискуссии замечу, что при изложении материала автор обсуждал исключительно геохимические закономерности эндогенных процессов, определяющих рассмотренные изотопные характеристики плутонов и руд с выходом на генезис руд, однако, стоило бы все же посмотреть на это и с точки зрения геологической позиции, изученных месторождений и плутонов в Норильском районе.

Глава 7. Условия образования промышленно-рудноносных интрузивов (с. 204-212).

В этой главе автор приводит обзор представлений о генезисе рудоносных интрузивов опубликованных в разных источниках (с. 204-210) и краткие выводы по предлагаемой им модели формирования оруденения. По большому счету, данная глава должна быть объединена с предыдущими двумя, исходя из логики авторских построений. В принципе, предлагаемая модель логично вытекает из представленных в диссертации материалов и возражений не вызывает. *Однако, в порядке дискуссии отмечу, что третий этап этой модели с «(iii) захватом и перемещением сульфидного вещества вместе с ультрамафитами в современные камеры более поздними преимущественно мафитовыми расплавами (стадия 3)» (с. 211 – подчеркнуто мною) входит в противоречие с приведенным на стр. 117 рисунком 4.12, где положение ультрамафитов никак не можно признать как результат захвата и переноса их мафитами.*

Глава 8. Изотопно-геохимические индикаторы прогноза богатых сульфидных ЭПГ-Cu-Ni руд (с. 213-221).

В этой главе сконцентрированы прикладные выводы изотопно-геохимических исследований автора, которые в совокупности с шестой главой обосновывают пятое защищаемое положение. Большой фактический материал позволил автору сделать вполне обоснованные выводы по возможностям изотопной геохимии минералов руд и пород в качестве поисково-оценочного фактора. Интересно заключение об индикаторном значении не только среднего изотопного состава серы, но и дисперсии ее изотопного состава. Важно отметить, что в данной главе автор не только показал возможности его подхода, но и прямо обозначил перспективные территории и массивы (Черногорский и Дюмталейский) в них, что весьма усиливает практическое значение его работы.

В порядке замечания укажу, что автору следовало бы как-то объяснить расхождения между такими параметрами оценки, как отношения Re/Os и γOs , оказавшимися разными для промышленно-рудноносных плутонов, относительно остальных.

Заключение (с. 222-224) содержит основные выводы автора, резюмирующие его построения в предыдущих главах. Здесь, в сжатом виде, показываются главные результаты авторской работы.

Переходя к общим положениям отзыва, отмечу, что К.Н.Маличу, несмотря на высказанные в соответствующих разделах отзыва замечания и дискуссию, удалось, несмотря

на некоторые шероховатости, логически увязать огромный фактический материал и разработать концепцию формирования оруденения ЭПГ в связи с массивами мафит-ультрамафитового состава рассмотренного региона. Концепция основана на комплексном анализе геологических, петрологических, минералогических, геохимических, изотопных характеристик пород и руд уникального Норильского рудного района и ряда других частей северного обрамления Сибирского кратона. Эта концепция вносит важный вклад в копилку наших знаний как о происхождении руд ЭПГ этого региона, так и в металлогению платиноидов и магматических медно-никелевых объектов, в целом. Важным аспектом диссертационной работы К.Н.Малича является получение новых данных о платиноносности и возрастной позиции ультраосновных и щелочных пород крупнейшего Гулинского плутона и ассоциированных с ним массивов Маймеча-Котуйского района. Все это характеризует его диссертацию как завершенную работу, внесшую крупный вклад в понимание природы уникальных рудных (Cu-Ni-PGE) аномалий, связанных с мафит-ультрамафитовыми интрузивами северного обрамления Сибирского кратона. Все изложенное позволяет говорить, что К.Н.Малич, несомненно, достоин искомой степени.

Новизной исследования и полученных результатов является обоснование происхождения промышленной минерализации как результата корово-мантийного взаимодействия при закономерной трехэтапной эволюции очагов магматических расплавов в условиях рифтогенных процессов. Важным аспектом новизны для геологии месторождений полезных ископаемых является выделение трех геолого-экономических типов руд ЭПГ, детально охарактеризованных минералогически и изотопно-геохимически. Еще одним аспектом новизны является датирование пород и руд всех основных районов распространения минерализации ЭПГ, в пределах рассмотренной территории Полярной Сибири, показавшее полихронность становления рудоносных интрузивов. Много новизны в материалах автора по минералогии минералов ЭПГ, особенно касательно Маймеча-Котуйского района. Важным элементом теоретической ценности работы является выявление причин появления аномальных по запасам и концентрациям ЭПГ руд и пород, вследствие полихронности процессов магмаобразования и концентрирования (своего рода созревания) сульфидных расплавов в промежуточных магматических очагах.

Степень обоснованности и достоверности каждого научного положения, выводов и заключений соискателя, заключается в огромном количестве публикаций автора в высокоцитируемых изданиях, в т.ч. и более 100 в российских и международных журналах WOS, что дало автору признание не только в России, но и далеко за ее рубежами. Высокий уровень апробации отмечен в многочисленных докладах на конференциях разного уровня (более 70 докладов). Публикация разных частей этого крупного диссертационного исследования в более чем 50 статьях в журналах списка ВАК полностью соответствует существующим требованиям к докторским работам. Этот уровень апробации позволяет не сомневаться в достоверности и обоснованности авторских разработок. Защищаемые положения работы, нашли отражение в публикациях К.Н.Малича, и они вполне обоснованы, несмотря на высказанные при характеристике глав дискуссионные замечания.

Таким образом, представленная на отзыв диссертация своим содержанием полностью обосновывает защищаемые положения и отвечает всем квалификационным требованиям искомой специальности. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

В соответствие с п.9-14 раздела II «Положения...», она является серьезным научно-квалификационным исследованием, внесшим существенный вклад в познание генезиса крупнейших Cu-Ni-платиноидных месторождений, связанных с мафит-ультрамафитовым магматизмом и оценку перспектив данного оруденения для рассмотренной территории. Ее автор – Малич Крешимир Ненадович несомненно заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых; минерагения.

Я, Горячев Николай Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Главный научный сотрудник СВКНИИ ДВО РАН,
член-корреспондент РАН, д.г.-м.н., профессор

Н.А.Горячев

3.02.2022
г.Магадан

Николай Анатольевич Горячев, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им. Н.А.Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук, 685000 Магадан, ул. Портовая 16, (4132)631510, goryachev@neisri.ru

Дата оформления отзыва – 3 февраля 2022 г.

Подпись члена-корреспондента РАН
Н.А.Горячева заверяю



Зав. отдела кадров СВКНИИ
ДВО РАН Е.А.Соломенцева