

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Бабинцева Никиты Анатольевича «Геолого-генетическая модель образования и потенциальная рудоносность мафит-ультрамафитовых комплексов Кулибинского рудного узла Канской металлогенической зоны (Восточный Саян)»**), представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности

25.00.11 – Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Бабинцева Никиты Алексеевича посвящена теме, актуальность которой не вызывает сомнений: изучению потенциальной рудоносности и уточнению условий формирования базит-ультрабазитовых кингашского и идарского комплексов, а также преобразованных в метаморфические породы эффузивов в составе кулижинской и кузьинской толщ Кулибинского рудного узла в пределах Канского зеленокаменного пояса, с которыми связан широкий спектр полезных ископаемых, в том числе, руды никеля, меди и благородных металлов (в первую очередь, платиноидов), а также нерудное сырьё (тальк и асбест). Задача комплексной перспективной оценки Восточно-Саянской металлогенической провинции на медно-никелевое и благороднометалльное оруденение не нова, но особенно возрос интерес к проблеме ее потенциальной платиноносности в последние десятилетия после открытия здесь Кингашского месторождения, в рудах которого, помимо меди, никеля и кобальта обнаружены ЭПГ, золото и серебро. Кроме того, широкое развитие древних зеленокаменных поясов (ЗКП), перспективных на многие виды полезных ископаемых, в последние десятилетия установлено практически на всех континентах нашей планеты, поэтому результаты исследований автора представляют не только региональный интерес. Несмотря на очень длительную историю исследований и то, что в регионе продолжают проводиться серьезные геолого-съёмочные, поисковые и прогнозно-минерагенические исследования, его изученность все еще остается недостаточной. До сих пор являются остро дискуссионными вопросы о петрографическом объёме, возрасте (раннепротерозойский или позднепротерозойский) и формационной принадлежности кингашского и идарского базит-ультрабазитовых комплексов. Часть специалистов (Н.Г. Дубинин, А.Д.Ножкин, О.М. Глазунов, Н.А.Третьяков, И.Г.Резников, А.И.Чернышов и др.), как и автор диссертационной работы, полагают, что кингашский комплекс, несмотря на возможную генетическую связь с вулканогенными породами в составе кулижинской и кузьинской толщ, имеет несомненно интрузивную природу, и становлению его массивов предшествовала длительная дифференциация расплавов в промежуточных глубинных магматических камерах. По мнению автора диссертации именно с продуктами эволюции этого расплава связаны два типа месторождений: сульфидные медно-никелевые с платиноидами и малосульфидные платинометалльные, существенно палладиевые. Другие исследователи (А.Г.Еханин, Т.Я.Корнев, А.Н.Смагин, В.Н. Князев и др.) считают кингашский комплекс субвулканической составляющей базальт-коматиитового вулканического комплекса. Нет общепринятой точки зрения на генезис и потенциальную рудоносность идарского комплекса. Породы последнего, особенно в случаях интенсивной серпентинизации, макроскопически весьма сходны с образованиями кингашского комплекса, поэтому очень важной задачей являлась разработка четких критериев (петрографических, петрохимических и геохимических), которые бы позволяли достоверно различать эти два комплекса с различной металлогенической специализацией.

Степень обоснованности защищаемых положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Диссертационная работа Н.А. Бабинцева направлена на всестороннее изучение геологического строения Кулибинского ПРУ. Основное внимание, что абсолютно

оправданно, автор уделяет комплексному (петрографическому, минералогическому, петрохимическому и геохимическому) исследованию пород базит-ультрабазитовых кингашского и идарского комплексов, а также преобразованных в метаморфические породы продуктов широко проявленного здесь базальт-коматиитового магматизма, включенных в состав кулижинской и кузынской толщ. Большое внимание автор уделил уточнению закономерностей пространственной локализации и условий формирования этих пород, определяющих перспективы платинового, медного и никелевого оруденения. Диссертационная работа состоит из 9 основных разделов, введения и заключения. Общий объем работы составляет 195 стр., в том числе 67 рисунков и 5 внутритекстовых таблиц + 32 стр. табличных текстовых приложений. Список литературы включает 153 наименования. В диссертации четко обозначены: состояние проблемы, объекты, цели и задачи исследования. Автором сформулированы 3 защищаемых положения, обоснования которых приводятся в тексте. Для обоснования защищаемых положений в разделах 1 и 2 кратко, но в достаточном объеме, приведены сведения о методике исследований, а также данные по стратиграфии, магматизму, тектонике и металлогении исследуемой площади. Обобщены основные виды и результаты проведенных ранее работ, что дает возможность объективно оценить личный вклад автора в решение поставленных задач. В разделе 3 дана подробная характеристика пяти ареалов (Адралкинского, Куйгинского, Кирельского, Кержинского и Борыньского) в пределах Кулибинского РУ, в которых образования кингашского и идарского комплексов находятся в тесной пространственной ассоциации с глубоко метаморфизованными вулканическими породами в составе караганской серии. В разделе 4 приводится подробная петрографическая характеристика пород кингашского и идарского комплексов, а также апоэффузивных пород кулижинской и кузынской толщ. Автор четко сформулировал критерии петрографических различий пород двух вышеупомянутых комплексов, но при этом отмечает, что «аподунитовые серпентиниты кингашского комплекса уверенно выделяются лишь при наличии сохранившихся реликтов кумулятивных структур». В этом же разделе рассмотрены особенности химического состава породообразующих первично-магматических и вторичных минералов (оливина, клинопироксенов, амфиболов, ортопироксенов, серпентинов, талька, хлоритов, плагиоклазов, эпидота, гранатов). На основе этих данных автором сформулированы дополнительные критерии отличия пород кингашского комплекса от сходных с ними пород идарского комплекса, а также сделан вывод о высокомагнезиальном пикритовом составе исходного расплава для пород кингашского комплекса и эволюции его состава в результате процессов кристаллизационной дифференциации. В разделе 5 дана подробная характеристика основных ассоциаций рудных минералов в породах базит-ультрабазитовых комплексов, различных сериях исходных вулканогенных пород, апобазитовых и апогранитных метасоматитах. Рассмотрены особенности химического состава рудных минералов (хромшпинелидов, оксидов титана, пирротин, пентландита, пиритов, халькопиритов и галенита) в различных ассоциациях. В разделах 6-9, на долю которых приходится более половины объема текста диссертации (и это вполне оправданно), приведена детальная характеристика особенностей петрохимического и геохимического состава пород изученной ассоциации и сделаны обоснованные выводы о возможных механизмах формирования различных по составу пород, их потенциальной рудоносности. Уточнены геодинамические обстановки формирования продуктивных толщ. Автором среди исходных вулканогенных пород выделены 4 серии: пикрит-базальтовая; толеитовая базальт-андезитобазальтовая; бимодальная пикробазальт-базальт-дацитовая и известково-щелочная, каждая из которых имеет ряд петрохимических особенностей. На основании этих исследований автором сформулированы дополнительные петрохимические и геохимические критерии отличия образований кингашского и идарского комплексов, хотя автор и отмечает, что в некоторых случаях, опираясь только на петрохимические данные, ранние дифференциаты кингашского комплекса невозможно отличить от пород идарского

комплекса и требуется использование других методов. В разделе 7 сделана попытка уточнения диапазона температур и давлений в процессах образования пород кингашского и идарского комплексов, а также предположительно комагматичных кингашскому комплексу эффузивов с использованием оливин-хромшпинелидовых и клинопироксеновых геотермометров. Хотя сам автор отмечает, что «в метавулканитах изученной территории не сохраняется исходных минералов магматического происхождения» и «термобарометрия этих образований охарактеризует не условия их образования, а условия регионального метаморфизма, в которых они были преобразованы». Не совсем удачной оказалась и попытка уточнения условий образования пород кингашского и идарского комплексов с помощью ряда оливин-хромшпинелидовых геотермометров. Автор указывает, что «результаты расчётов неоднозначны и не отражают реальных температур становления интрузивных массивов», что было заранее вполне ожидаемо, исходя из результатов остальных методов изучения этих пород, изложенных в предыдущих разделах, т.к. ранее уже было отмечено, что «все хромшпинелиды являются результатом метаморфического преобразования исходных минералов» и их состав коррелируется только с размерами массивов, сложенных породами базит-ультрабазитовых комплексов. Автором установлено, что наиболее удачным для пород базит-ультрабазитовых кингашского и идарского комплексов является геотермометр Фабри. Для дунитов кингашского комплекса рассчитана температура образования 1261°C , а для дунитов и гарцбургитов идарского комплекса диапазон температур составил $1200-1350^{\circ}\text{C}$ и $1236-1418^{\circ}\text{C}$ соответственно. При исследовании пород кингашского комплекса наиболее информативным оказался клинопироксеновый термобарометр (метод Keith D. Putirka), с помощью которого было установлено, что верлиты кингашского комплекса в пределах Кулибинского ПРУ сформировались в диапазоне температур $1195-1326^{\circ}\text{C}$ и давлений 4,15-11,13 кБар, пикриты – при температуре около 1220°C и давлении около 8,4 кБар, клинопироксениты – при температуре около 1170°C и давлениях около 5,7 кБар. Наиболее важными в практическом отношении являются разделы 8 и 9, в которых дается оценка потенциальной рудоносности магматических образований Кулибинского ПРУ, а также проанализированы особенности продуктивной рудной минерализации, дан прогноз рудоносности и сравнение с месторождениями-аналогами. Сделаны важные выводы о том, что «для всех ранних дифференциатов кингашского комплекса Кулибинского ПРУ характерно отсутствие магматических сульфидных медно-никелевых руд в промышленных количествах» и о крайне низких перспективах обнаружения промышленно значимых скоплений сульфидных медь-никель-платиноидных руд на изученной территории. Вероятно, с ними следует согласиться. Автором выявлен новый для региона тип оруденения – малосульфидный платинометалльный, наиболее перспективный на обнаружение промышленно значимых концентраций рудных компонентов (в том числе, ЭПГ). Эти руды приурочены преимущественно к ультрабазитам кингашского комплекса и метаморфическим ортопородам, возникшим за счет эффузивов пикрит-базальтовой серии. Установлено, что Кингашское месторождение в качестве аналога Кулибинского ПРУ рассматриваться не может, т.к. в Кингашском массиве малосульфидные платинометалльные руды не выявлены. Автором изучены «офсетные» сульфидные медь-серебро-палладиевые руды, локализованные на некотором удалении от рудоносных массивов во вмещающих вулканитах и связанные с перераспределением рудных компонентов в ходе последующего гранитного магматизма. Следует особо отметить, что автором разработаны критерии выделения потенциально рудоносных площадей и даны рекомендации по проведению дальнейших геолого-разведочных работ.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В основу диссертационной работы положены собственные материалы автора, целенаправленно собранные в ходе поисковых работ 2013-2015 г.г., проведённых ГПКК

«КНИИГиМС». Кроме того, автором проделана огромная работа по обобщению и систематизации данных других исследователей этого региона. Автором изучено 164 прозрачных петрографических шлифа и 41 полированный шлиф, а также обобщены результаты изучения 804 шлифов и 328 аншифов, проведена комплексная интерпретация результатов 163 силикатных анализов, 60 анализов содержаний редких и редкоземельных элементов, выполненных методом MS-ISP. Для изучения химического состава породообразующих минералов выполнено 314 микронзондовых определений. Использованы результаты 3081 химических анализов на Cu, Ni, Co, а также 957 анализов методом ICP-MS на платиноиды. Кроме того, проведена интерпретация результатов атомно-эмиссионных спектральных анализов на 26 элементов, которые были заимствованы из материалов поисковых работ ГПКК «КНИИГиМС». Таким образом, автор использовал современные аналитические методы и получил достоверные данные не только о петрохимическом и геохимическом составе пород изучаемой ассоциации, но и о составе породообразующих и рудных минералов, а также физико-химических условиях формирования пород, которых вполне достаточно для формулировки выводов. Впервые детально изучены петрографические, минералогические, структурные, геохимические и петрохимические особенности базит-ультрабазитовых образований кингашского и идарского интрузивных комплексов и метавулканитов кулижинской и кузынской толщ Кулибинского РУ, а также закономерности их пространственной локализации. Проведена оценка перспектив их рудоносности. Выявлено, что характерной особенностью пород кингашского комплекса, в отличие от идарского, является наличие в них кумулятивных и бластопорфировых структур, свидетельствующих об их образовании в гипабиссальных и субвулканических условиях. Сформулированы критерии отличия образований кингашского и идарского комплексов по целому ряду петрохимических и геохимических характеристик. Установлено, что пределах Кулибинского ПРУ породы кингашского комплекса обладают рядом отличий от петротипического Кингашского массива. Автор объясняет эти отличия различной степенью дифференцированности и контаминации исходного магматического расплава пикритового состава, а также глубиной кристаллизации пород при становлении массивов. Отмечено закономерное уменьшение магнезиальности, а также увеличение содержания серы вверх по разрезу караганской серии, что отражается как на составе пород, слагающих массивы кингашского комплекса, так и на их рудной специализации.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Несомненным достоинством диссертационной работы является именно комплексный подход (с широким использованием современных аналитических методов) к изучению образований гипабиссальных тел кингашского и идарского базит-ультрабазитовых комплексов и тесно пространственно ассоциирующих с ними интенсивно метаморфизованных вулканогенных пород в составе кузынской и кулижинской толщ. Именно благодаря такому подходу и грамотной интерпретации как результатов петрографического изучения шлифов, так и результатов большого количества анализов, включая состав породообразующих и рудных минералов, определение концентраций редкоземельных и редких элементов в породах различного генезиса, автору удалось сформулировать достаточно четкие критерии отличия пород кингашского и идарского комплексов, а также обосновать различную потенциальную рудоносность пород этих базит-ультрабазитовых комплексов и дать целый ряд рекомендаций, которые, несомненно, будут способствовать значительному повышению эффективности поисковых работ в регионе. Автором рассмотрены некоторые возможные механизмы формирования пород, включенных им в кингашский вулcano-плутонический комплекс и предложены объяснения различия пород кингашского комплекса в пределах Кулижинского ПРУ от пород петротипического Кингашского массива, расположенного в нескольких десятках километров от изучаемой площади. Автор связывает эти различия, в первую очередь, с различием состава пород рамы, особенностями процессов контаминации и

дифференциации исходных расплавов в промежуточных магматических камерах и глубиной становления интрузий. При этом, не следует забывать о том, что задача автора значительно осложнялась высокой степенью метаморфических преобразований изучаемых пород. Эффузивы рассматриваемой им базальт-коматиитовой ассоциации в результате динамо-термального метаморфизма преобразованы в ортосланцы, ортоамфиболиты и ортогнейсы, а породы кингашского и, особенно, идарского комплексов нередко интенсивно серпентинизированы. Кроме того, в результате метасоматоза, вероятно, имевшего место неоднократно, существенно менялись содержания многих химических элементов (особенно подвижных) по сравнению с исходными эффузивами. И автор совершенно справедливо с осторожностью относится к некоторым выводам, основанным на изучении петрохимического и геохимического состава пород. Следует особо отметить очень высокое качество и информативность внутритекстовых иллюстраций, особенно, микрофотографий, а также диаграмм.

Наиболее существенные замечания сводятся к следующим:

1. Недостаточно четко сформулированы защищаемые положения (особенно первое и второе), а формулировка третьего слишком громоздка. Вероятно, во втором защищаемом положении следовало бы дополнительно уточнить какие именно аповулканогенные породы пикрит-базальтовой ассоциации (в составе кузьинской или кулижинской толщ) включаются автором в состав вулканоплутонической ассоциации вместе с гипабиссальными интрузиями кингашского комплекса.

2. Вызывает серьезное замечание формулировка первого защищаемого положения. В нем автор утверждает, что в пределах Кулибинского ПРУ «**впервые выделены** ... два формационных типа гипабиссальных мафит-ультрамафитовых образований: ...идарский комплекс и ...кингашский комплекс». И далее в тексте диссертации неоднократно указывается, что «исследованные образования типизированы и **впервые подразделены** на два интрузивных комплекса». На самом деле, кингашский и идарский комплексы на данной территории выделяются традиционно уже не один десяток лет и показаны на изданных Государственных геологических картах масштаба 1:1 000 000/2 (2002 г.) и - 1000/3 (Беззубцев и др. Государственная геологическая карта масштаба 1:1 000 000 листа N-46 (Абакан)..., 2008), а также вошли во все серийные легенды к Госгеолкартам -200/2 и 1000/3. Некорректность формулировки, вероятно, связана с тем, что автор, очевидно, не знаком (или недостаточно знаком) с результатами региональных геолого-съёмочных работ (упоминание о них отсутствует как в тексте диссертации, так и в списке литературы). Но, следует отметить, что автором действительно уточнена формационная принадлежность этих двух комплексов, состав пород, их структурно-текстурные особенности, а также закономерности пространственной локализации и выявлена потенциальная рудоносность сложенных ими тел.

3. На внутритекстовых рисунках в тексте диссертации тела идарского комплекса показаны то как интрузии, то как протрузии. Хотя сам автор справедливо, причем неоднократно, указывает в тексте диссертации, что «ультрамафиты идарского комплекса представляют собой реститовые образования, которые, вероятно, были выведены в верхние этажи литосферы по эшелонированным глубинным надвигам, обрамляющим с юго-запада Сибирскую платформу», а также, что «в результате **тектонических** процессов ультрамафиты кингашского и идарского формационных типов нередко оказываются пространственно сближены и, в отдельных случаях, совмещены». Автор справедливо отмечает, что «эти породы – реститовые мантийные образования, перемещённые в верхние этажи литосферы по глубинным надвигам» (стр. 47). На разрезах к схемам геологического строения (рис. 2-9, 12), в отличие от самих карт, хорошо видно, что тела идарского комплекса действительно протрузии, т.е. имеют тектонические контакты с вмещающими их породами, в том числе, с интрузиями кингашского комплекса. Вероятно, автор прав и в том, что частичное плавление таких реститов мантийного происхождения могло привести к формированию родоначальных высокомагнезиальных пикритовых

расплавов, из которых в результате процессов дифференциации и контаминации породами рамы сформировались достаточно разнообразные по петрографическому составу породы кингашского комплекса.

4. Не совсем корректно использовать по отношению к породам в составе глубоко метаморфизованных кузьинской и кулижинской толщ термины «метабазаальты» и «метакоматииты», которые принято употреблять по отношению к метаморфизованным, а не метаморфическим породам. В данном случае целесообразнее было бы использовать термины «апобазальтовый ортоамфиболиты», «апобазальтовые ортосланцы» и т.д., тем более, что и сам автор справедливо, причем, неоднократно отмечает, что никаких первично-магматических минералов, а также реликтовых структур и текстур в этих породах не сохранилось. В частности «среди пород кулижинской серии отмечается 2 типа метабазаальтов: первый тип – роговообманковые **амфиболиты**, широко распространённые в кулижинской и кузьинской толщах...» (стр. 31), «Метабазаальты 1-го типа представлены **амфиболитами** и **кварцевыми амфиболитами**» (стр. 51), «метабазаальты 2-го типа представлены различными **сланцами**» (стр. 52), «метаандезиты и метадациты представлены амфиболовыми, биотитовыми и амфибол-биотитовыми **плаггиогнейсами**» (стр. 52) и т.д. При этом, в подрисуночных подписях к микрофотографиям шлифов, в отличие от текста диссертации, автор совершенно правильно называет породы, например, апобазальтовыми роговообманковыми амфиболитами или апоандезибазаальтовыми эпидот-кварцевыми амфиболитами.

К числу дискуссионных вопросов следует отнести выводы автора о контаминации исходных расплавов кингашского комплекса в пределах Кулибинского ПРУ высокомагнезиальными осадочными породами (магнезитами), а затем высококальциевыми породами (известняками), в то время как в пределах Кингашского РР контаминация магнезиальными породами не имела места. Окончательное решение этого вопроса невозможно без проведения дополнительных геохимических, в том числе, изотопных исследований. К числу дискуссионных, недостаточно подтвержденных фактическим материалом, следует отнести и выводы автора о том, что «продуктивный мафит-ультрамафитовый вулcano-плутонический комплекс сформирован в условиях задугового бассейна из единого пикритового расплава, исходным материалом для которого послужили вулканические и гипабиссальные мафиты и ультрамафиты океанического плато, сформированного в позднем рифее». Автором установлены только некоторые черты сходства пород кингашского комплекса и некоторых ортопород в составе кулижинской и кузьинской толщ по петрохимическим и геохимическим параметрам. Но не доказана их комагматичность, особенно, если учесть очень длительный интервал формирования этих толщ. Возможно, какие-то породы в составе одной из этих толщ и могут оказаться комагматами пород кингашского комплекса (что весьма вероятно), но для этого необходим целый комплекс дополнительных исследований (как полевых, так и лабораторных). Тем более, что имеющиеся датировки пород кулижинской и кузьинской толщ (раннепротерозойские) существенно отличаются от современных радиоизотопных датировок пород кингашского комплекса (позднерифейские). Кстати позднерифейский возраст (U-Pb метод) для пород Верхнекингашского массива (один из типовых массивов кингашского комплекса) был получен в 2007 г. и в ходе подготовки Госгеолкарты-1000/3 (Лист N-46) к изданию.

Существует также целый ряд мелких и технических замечаний. Текст работы недостаточно тщательно отредактирован – в нем много опечаток. В тексте диссертации и на внутритекстовых рисунках неправильно написаны индексы «Pr» вместо «PR», «R» вместо «RF». Некоторые фрагменты текста неоднократно почти полностью дублируются (особенно это касается разделов 7-9 и заключения). Исключение такого необоснованного дублирования могло бы помочь сократить объем текста диссертации и, возможно, количество основных разделов. В случаях когда речь идет о возрасте пород, следует применять термины «позднеархейский» или «раннепротерозойский» и т.д. У автора же

неоднократно встречаются: «верхнеархейско-раннепротерозойского» (стр. 13) или «возраст кингашской вулcano-плутонической системы автором принимается неопротерозойским (верхнерифейским)» (стр. 158), «(плутоны датированы верхним рифеем – вендом)» (стр. 161) и т.д. Текстуры и микротекстуры иногда названы структурами «сланцеватые с элементами плейчатости структуры», «породы в образце полосчатые, микроструктура сланцеватая» (стр. 52).

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

Несмотря на имеющиеся замечания, диссертационная работа Бабинцева Никиты Анатольевича «Геолого-генетическая модель образования и потенциальная рудоносность мафит-ультрамафитовых комплексов Кулибинского рудного узла Канской металлогенической зоны (Восточный Саян)» производит хорошее впечатление и представляет собой законченную научно-квалификационную работу.

Автором по теме диссертации опубликовано 8 работ, в том числе 4 статьи в изданиях из списка ВАК. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация соответствует критериям, установленным в п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842) для ученой степени кандидата наук, а ее автор Бабинцев Никита Анатольевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Доцент кафедры Геологии,
минералогии и петрографии
Сибирского федерального университета,
кандидат геолого-минералогических
наук

Перфилова Ольга
Юрьевна

Адрес: 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
Тел.: +79135246079, e-mail: operfilova@sfu-kras.ru
Федеральное государственное автономное образовательное
Учреждение высшего образования «Сибирский федеральный
университет» (СФУ). Телефон, факс: +7 (391) 244-86-25,
e-mail: office@sfu-kras.ru

Я, Перфилова Ольга Юрьевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.
12 апреля 2021 г.

