

О Т З Ы В

Официального оппонента на диссертацию

Колмакова Юрия Викторовича «Геолого-петрофизические характеристики месторождений золота в протерозойских углеродистых толщах Восточной Сибири как основа прогнозной интерпретации аэрогеофизических данных», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Рассматриваемая работа состоит из Введения, 4 глав и Заключения, общим объемом 272 страницы текста с приложением, включая 28 таблиц, 68 рисунков и список использованных источников на 31 стр.

Главной целью проведенных соискателем исследований являлось выявление концептуальных геолого-петрофизических характеристик золоторудных месторождений в древних метаосадочных толщах Патомского нагорья и Енисейского кряжа с системным анализом структурно-вещественных комплексов, формирующихся на подготовительных и ключевых рубежах рудогенеза, для прогноза перспективных участков по аэрогеофизическим данным.

Актуальность и практическая значимость данной цели и решаемых для ее достижения задач не вызывает сомнений. В докладах и решениях международных научно-практических конференций (Москва, ЦНИГРИ, 2021; Томск, ТПУ, 2021), посвященных развитию технологий и научно-методических основ прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных, редких и радиоактивных металлов отмечалась важность развития дистанционных, и в том числе аэрогеофизических методов. Особенно это актуально для огромных территорий Сибири с ее крайне сложными природными условиями ведения прогнозно-поисковых работ. И, конечно, успех применения аэрогеофизических методов, в первую очередь зависит от результатов научных исследований, выполненных, в том числе Юрием Викторовичем в регионах развития протерозойских углеродистых толщ Восточной Сибири. Не вызывает сомнений и профессиональный и научный опыт автора, посвятившего изучению этой проблемы более трех десятков лет.

Во Введении содержатся необходимые данные о целевом назначении, основных задачах исследований, актуальности, научной новизне работы, объектах исследований, а также ее практическом значении, охарактеризована степень разработанности темы. Сформулированы защищаемые положения, показана их достоверность и широкая апробация на различных семинарах и конференциях. Здесь особо следует подчеркнуть и

значительный объем фактического материала, собранного лично диссертантом при выполнении им полевых и камеральных исследований в рамках тематических, поисковых, поисково-оценочных и разведочных работ на золотое оруденение в Енисейском кряже и Патомском нагорье.

В качестве замечания следует отметить, что соискатель в формулировке четвертой задачи исследований указывает «**Неформальное** геолого-генетическое исследование эволюции петрофизических характеристик золотого оруденения ...». Но в содержании диссертации и в автореферате соискатель не объясняет, почему используется определение «**неформальное**». Где в его научных исследованиях граница между «**формальным и неформальным**»?

В первой главе автор на основе систематизации опубликованных сведений по геодинамическим обстановкам и возрастным рубежам формирования золотого оруденения Патомского нагорья и Енисейского кряжа закладывает методологическую основу анализа накопленного фактического материала, в том числе объяснения условий и последовательности формирования геофизических аномалий. В главе отдельно рассматривается Тонодский золоторудный район (Патомское нагорье) и Центральный металлогенический пояс Енисейского кряжа. При характеристике Тонодского рудного узла соискатель делает сравнение с примыкающим Бодайбинским районом, включающим крупное месторождение Сухой Лог и констатирует наличие значительных отличий в их геодинамической позиции, а также источниках, механизмах мобилизации и концентрировании благородных металлов. Это позволяет ему сделать важный вывод о необходимости индивидуального подхода в разработке комплекса прогнозно-поисковых критериев золотого оруденения отдельно для сравниваемых районов.

Для Енисейского кряжа автор на основе анализа многочисленных публикаций рассматривает отдельно два варианта палеодинамических реконструкций – концепцию суперконтинентальных циклов и концепцию аккреционной природы.

Обобщая приведенные в первой главе данные, соискатель делает важный вывод, который рассматривается первым в Заключение по диссертации в целом, что в Енисейском кряже и Патомском нагорье в позднем неопротерозое «практически синхронно были проявлены процессы рифтогенеза, внутриплитного магматизма и золоторудной металлогении».

Во второй главе автор проводит анализ геологического строения и физических полей различных иерархических уровней организации золотого оруденения в диапазоне от рудного узла до месторождений. В отдельных частях главы рассматриваются Кевактинский рудный узел (в его составе Артемьевское рудное поле и месторождение

Чертово Корыто), Южно-Енисейский район (Партизанский золоторудный узел) и Северо-Енисейский район (месторождение Благодатное). Результаты этих исследований отражены в первом и втором защищаемых положениях.

Установлено, что в границах рудных узлов Енисейского кряжа и Патомского нагорья вдоль системы рифтогенных разломов развиты радиогеохимические ореолы с «двукратным и более превышением фоновых концентраций», зачастую ассоциирующие с гравитационными и магнитными аномалиями, связанными с поясами даек основного состава. Участки регионального метаморфизма пород выделяются переменными зонами выноса и накопления радиоактивных элементов, а также высоко градиентными зонами магнитных и электрических характеристик. Показана связь магнитной изменчивости с переменным содержанием сульфидов (пирротина и пирита), а электрической активности с углеродистым веществом в зависимости от степени его метаморфизма и появления в нем электронной проводимости.

Главные структуры золоторудных полей и месторождений выделяются линейными электрическими и магнитными аномалиями разной геологической природы. В Артемовском рудном поле и на месторождении Чертово Корыто они связаны с зонами рассланцевания и дробления с графитовой минерализацией, а в Партизанском золоторудном узле и на месторождении Благодатное с зонами локального динамометаморфизма в надвиговых структурах, сопровождаемых окварцеванием, пиротинизацией и графитизацией. При этом, природа минерально-метасоматических преобразований в автореферате обозначена как метаморфогенная. Но в диссертации в 3-ей главе (стр.182 табл. 21) приведены данные о метаморфогенной (графит, пирит и пирротин) и гидротермально-метасоматической (кварц) природе этих образований.

По содержанию 2-ой главы в качестве замечания считаю необходимым отметить следующее. При характеристике радиогеохимических полей месторождений используются различные показатели – для Чертово Корыто K/Th , а для месторождения Благодатное Th/U . Оба эти показателя применимы, но дают различную характеристику дифференциации РАЭ. А для сравнения месторождений необходимо было применить оба показателя. В связи с тем, что в работе показана дифференциация калия в процессе рудообразования и это контрастно отразилось в характеристике месторождений, то, очевидно, весьма информативно было бы использовать мультипликативный показатель F ($K \times U/Th$), рекомендуемый для обработки данных АГСМ.

Необходимо высказать и замечания редакционного плана. В разделе 2.1. диссертации характеризуя Кевактинский рудный узел, соискатель использует выражения: «... Кевактинский рудный узел приурочен к нижнепротерозойскому фундаменту ...», «...

основной объем рудного узла ...», « ... узел ограничен тектоническими контактами с отложениями верхнего яруса ...», «... палеозойские события не принимали участия в истории развития Кевактинского рудного узла ...». Т.е. Кевактинский рудный узел представляется как конкретное геологическое тело, а не металлогенический таксон, критерии выделения и характеристики которого имеют другую концептуальную основу (Металлогенический кодекс, 2012).

Третья глава включает разработки диссертанта по изучению вещественного состава и петрофизических характеристик продуктивных минерализованных зон двух детально изученных месторождений золота Чертово Корыто (Патомское нагорье) и Благодатное (Енисейский кряж). Результаты этих исследований отражены в третьем, четвертом и пятом защищаемых положениях.

В первую очередь охарактеризованы вмещающие породы, залегающие за пределами рудоносных и аномальных участков месторождений. Это позволило получить с разной степенью детальности фоновые минералогические, геохимические и петрофизические характеристики метаосадочных пород михайловской свиты района месторождения Чертово Корыто и пород рязановской свиты, вмещающих оруденение Благодатного месторождения.

Наиболее значимыми и, по сути, основными частями данной главы являются характеристики минерального, петрохимического составов и физических свойств, околорудных метасоматитов и собственно золоторудных зон и их проявление в геофизических полях. Материал иллюстрирован многочисленными рисунками и таблицами. Детально обсуждаются причины появления зон с аномальными магнитными и электрическими характеристиками, особенности распределения РАЭ в метасоматитах и рудных зонах, в том числе на разных уровнях развития оруденения.

В результате установлено, что дорудные метасоматиты кварц-мусковитового и мусковит-хлоритового состава с сопутствующей углеродной (графитовой) минерализацией характеризуются максимальным накоплением РАЭ и соответствующими радиогеохимическими аномалиями, обладают высокими электродными потенциалами и невысокими значениями сопротивления. Золоторудные тела с арсенопирит-пирит-пирротиновой минерализацией выделяются аномальной магнитной восприимчивостью, которая максимальна в корневых частях рудных тел. Очень важен, на мой взгляд, вывод методического характера – «Тела березитов чрезвычайно маломощны и не создают аномалии в геофизических полях *(при исследовании в масштабе) 1:10000*» (стр. 198).

Весьма интересными являются данные по месторождению Благодатное, приведенные в диссертации (п. 3.2.4. Природа аномалий естественной электрохимической

поляризации). Здесь обсуждаются наиболее детально процессы графитизации пород и их влияние на характер электрических полей. Обсуждая условия образования графита, соискатель приводит данные по составу флюидных включений, которые различаются (встречаются) на «водно-солевые, водно-углекислотные, углекислотные, водно-метановые и метановые». В приведенной таблице. 25 (стр. 192) отчетливо показано, что участки включений с высокими содержаниями метана характеризуются низкой концентрацией углекислоты и наоборот. И здесь же указано «В образцах кварца, где отобраны пробы восстановленных флюидов, обнаружен графит». Таким образом, эти данные указывают на прямую генетическую связь процесса образования графита при частичном окислении метана с выделением воды и свободного углерода в виде графита. Все это подтверждает предположение соискателя о том, что «Поступление Au ..., вероятно, происходило в составе металлоорганических соединений ...» (диссертация, стр. 239).

Важным прикладным аспектом является определение критериев выделения продуктивных блоков и оценки уровня эрозионного среза рудоносных зон. Для рудоносных блоков характерно наличие геологических образований (метасоматитов рудного этапа – березитов) с контрастными петрофизическими характеристиками. Установлены физико-химические условия формирования метасоматитов и руд в различных частях рудоносных зон и как следствие этого характер изменения магнитной восприимчивости и содержаний РАЭ.

Соглашаясь с полученными выводами, считаю необходимым высказать следующие замечания, в том числе редакционного плана:

- в некоторых таблицах отсутствуют статистические оценки исследуемых характеристик, хотя для их расчета было достаточно определений (например, табл. 26, стр. 195 диссертации);
- не читаемы диаграммы, иллюстрирующие состав минеральных фаз с редкоземельными и радиоактивными элементами по данным микрозондового анализа (стр. 145, рис. 47 диссертации; стр. 32, рис. 11 автореферата);
- соискатель в произвольной форме использует термин «кларки» в названии табл. 11 (автореферат, стр. 39). Кларком в классическом определении А.Е.Ферсмана принято называть содержание элемента в земной коре, либо в крупной геохимической системе, но, ни как в породах и метасоматитах конкретного месторождения. Здесь уместно было указать «содержание»;
- четвертое и пятое защищаемые положения можно было объединить в одно без ущерба их содержанию.

В четвертой главе автор обобщает полученную информацию и подходит к решению важной в научном и прикладном значении проблемы генетической реконструкции петрофизической зональности изученных золоторудных металлогенических таксонов.

На основе изучения геологической природы геофизических аномалий золоторудных месторождений Патомского нагорья и Енисейского кряжа соискатель делает вывод о формировании устойчивых структурно-вещественных комплексов с выраженными геофизическими характеристиками, которые предлагает рассматривать в качестве «универсальных» прогнозных и поисковых критериев. В этом аспекте отдельно рассматривается влияние минералого-геохимических обстановок на петрофизические характеристики продуктов регионального метаморфизма и локального динамометаморфизма, метасоматических образований дорудного и рудного этапов, зон сульфидной и золоторудной минерализации.

По сути, соискателем создана «коецентирующая физико-геологическая модель неопротерозойского оруденения» двух крупных золоторудных регионов Центральной Сибири – Патомского нагорья и Енисейского кряжа.

Детальная реконструкция петрофизической зональности проведена на месторождении Благодатное, что послужило основой разработанного автором комплекса геофизических критериев с целью локального прогноза и поиска золоторудных зон при проведении работ в Партизанском рудном узле на Герфед-Николаевском, Урало-Васильевском золоторудных полях и на участке Подголечном.

Считаю, что по материалам, изложенным в четвертой главе, соискатель мог выдвинуть защищаемое положение о петрофизической зональности как важнейшем геофизическом критерии прогнозирования и поиска золоторудных месторождений Патомского нагорья и Енисейского кряжа.

В Заключение диссертационной работы в тезисной форме приведено описание основных результатов, полученных соискателем.

Высказанные в отзыве замечания не касаются сути защищаемых положений и не снижают высокий научный уровень рассматриваемой диссертации.

Можно констатировать, что диссертация Колмакова Ю.В. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований, решены задачи, имеющие существенное значение для Наук о Земле. Диссертация актуальна, апробирована в достаточном количестве публикаций в ряде изданий, рекомендованных ВАК, написана автором лично, содержит совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых автором для защиты, имеет внутреннее

единство и свидетельствует о существенном вкладе автора в науку. Полученные новые данные позволяют автору создавать прогнозно-поисковые модели локальных участков, перспективных на выявление месторождений золота.

Содержание диссертации соответствует выбранной специальности, автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и отражает защищаемые положения.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная к защите работа **Колмакова Ю. В. «Геолого-петрофизические характеристики месторождений золота в протерозойских углеродистых толщах Восточной Сибири как основа прогнозной интерпретации аэрогеофизических данных»**, является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9-14 Раздела II «Положения о присуждении учёных степеней» от 24.09.2013 г., а её автор – Колмаков Юрий Викторович заслуживает присвоения учёной степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения.

Поцелуев Анатолий Алексеевич

Доктор геолого-минералогических наук

Профессор

Главный геолог

Общество с Ограниченной Ответственностью «КосмоГеопр»

634012, г. Томск, ул. Елизаровых, 41, кв. 1.

E-mail: poseluevaa52@mail.ru

Тел. 89138806039

Я, Поцелуев Анатолий Алексеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«21» октября 2021 г.

Подпись Поцелуева А.А. заверяю. Генеральный директор ООО «КосмоГеопр»



Поцелуева Н.А.