

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН Института геологии  
алмаза и благородных металлов

(ИГАБМ) СО РАН

В.Ю. Фридовский

28 апреля 2023 г.

ОТЗЫВ

## ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного учреждения науки (ФГБУН) Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (ИГАБМ) на диссертацию *Козлова Глеба Александровича «Геология и свинцово-цинковое оруденение кембрийских карбонатных отложений юго-восточной части Анабаро-Синской структурно-формационной области, Республика Саха (Якутия)»*, представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности: 1.6.10 — геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Представленная Г.А. Козловым диссертационная работа посвящена изучению двух проявлений стратиформных свинцово-цинковых руд Куччугуй-Кетеме и Сульфидное, расположенных в юго-восточной части чехла Сибирской платформы с целью выявления закономерностей распределения и локализации свинцово-цинкового оруденения в кембрийских карбонатных отложениях юго-восточной части Анабаро-Синской структурно-формационной области.

**Актуальность** темы диссертации заключается в установлении генетического и рудно-формационного типа оруденения, его перспективности и выявлении поисковых предпосылок и признаков, в том числе на закрытых платформенных территориях. Одним из наиболее важных геолого-промышленных типов свинцово-цинкового оруденения являются стратиформные MVT и «миссисипские» руды в карбонатных толщах. Основные перспективы расширения минерально-сырьевой базы данного типа оруденения в первую очередь с возможностью обнаружения новых объектов на площадях распространения потенциально продуктивных толщ. К числу таких площадей относится юго-восточная часть Анабаро-Синской структурно-фациальной области, расположенной в центральной Якутии. Объектом исследования Г.А. Козлова являются участки Кетеме и Ботома с потенциальным свинцово-цинковым стратиформным (MVT-тип) и «миссисипским» типами оруденения в карбонатных толщах. Полученные новые данные и результаты позволили автору разработать геолого-генетическую модель оруденения, которая раскрывает особенности и последовательность рудообразования и на основе этого выделить прогнозно-поисковую модель.

**Практическим значением** работы является получение автором новых данных о слабоизученном районе развития свинцово-цинковой минерализации в пределах юго-восточной Якутии. Прогнозно-поисковая модель формирования оруденения может представлять практический интерес для геологоразведочных предприятий, занимающихся разработкой и поиском свинцово-цинковых месторождений.

**Научная новизна работы** состоит в выявлении признаков раннекембрийского этапа вулканической и эксгалационной деятельности в пределах северо-восточной части Алданской антеклизы, ассоциированные с процессами раннекембрийского рифтогенеза в северо-восточной части Сибирской платформы. Получены новые данные о фациальной и формационно-генетической принадлежности гидротермально-метасоматических образований, связанных с процессом формирования Палеовиллюйской грабен-рифтовой системы, дана их минералого-геохимическая и изотопно-геохимическая характеристика.

**Фактический материал** для выполненной работы автором был отобран в ходе полевых работ, в рамках составления комплекта геологической основы листа Р-52 –

«Якутск». При изучении особенностей локализации оруденения автором использовались основы методики проведения поисковых работ масштаба 1:50 000. Камеральная обработка полученных результатов основана на принятых, известных методиках исследования свинцово-цинковых руд. В работе наравне с традиционными оптическими методами исследования руд эффективно применены современные аналитические исследования: рентгеноструктурный фазовый анализ, рентгеноспектральный флуоресцентный (силикатный) анализ, ICP-MS анализ, U-Pb SHRIMP датирование, изотопно-геохимические исследования. Дано достаточно полное описание использованных методик.

Результаты работ **апробированы и опубликованы** в 4 статьях в рецензируемых журналах и 3 тезисах российских конференций.

**Структура работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав содержащих 105 иллюстраций, 30 таблиц, заключения, списка литературы из 205 наименований и 4 приложения. **В первой главе** приведена общая характеристика представлений о генезисе и геолого-промышленной типизации месторождений свинца и цинка типа долины Миссисипи (MVT), данные о геологическом строении территории, структурно-формационном и минерагеническом районировании отложений раннего палеозоя Сибирской платформы. **Во второй главе** приводится петрографическая и литолого-геохимическая характеристика карбонатных отложений площади, раскрываются особенности распределения породообразующих, примесных и редкоземельных элементов, моделируется состав петрофонда питающей провинции и положение палеобассейна осадконакопления относительно области сноса. **В третьей главе** даются результаты изотопных исследований гидротермально-метасоматических и гипергенных образований в карбонатных отложениях Амгинской и Синско-Ботомской СФЗ.

**В 4 главе** приводятся результаты петрографических, геохимических и изотопных исследований руд с выявлением текстурно-морфологических и минералого-геохимических особенностей, а в **5 главе** на основе обобщения полученных результатов делаются выводы о генетическом и рудно-формационном типе оруденения, приводится геолого-генетическая модель формирования рудопроявлений свинцово-цинковой минерализации, приводится прогнозно-поисковая модель оруденения. В **заключении** диссертации отмечается, что в результате проведенных работ автору удалось локализовать и типизировать Pb-Zn оруденение в юго-восточной части Анабаро-Синской СФО.

**Защищаемые положения** в целом отражают содержание проведенных исследований. В первом защищаемом положении *«Свинцово-цинковое оруденение юго-восточной части Анабаро-Синской структурно-формационной области, локализуется в кембрийских известково-доломитовых отложениях фашии предрифового склона в дистальной (удаленной) части осадочного бассейна. Формирование повышенных концентраций Pb и Zn в рудовмещающих карбонатных отложениях было связано с процессом осадконакопления, протекавшим при незначительном влиянии производных вулканической и эксгалиционной деятельности»* автор показывает, что Анабаро-Синская СФО объединяет область распространения рифогенных раннекембрийских карбонатных отложений со сложной внутренней фашиальной зональностью, основной структурной единицей которой является Западно-Якутский барьерный риф. В таких условиях Западно-Якутский риф, выполняя функцию барьера, не позволял Pb и Zn мигрировать с морскими течениями на юго-восток. В условиях гумидного климата карбонатные отложения кетеменской и титаринской свит формировались в пределах неглубокого шельфа, где такие элементы как Pb и Zn могли осаждаться на окислительном геохимическом барьере, сорбироваться оксидами и гидроксидами Mn и Fe

Второе защищаемое положение *«Стратиформное свинцово-цинковое оруденение приурочено к участкам проявления интенсивных апокарбонатно-кремнистых гидротермально-метасоматических изменений осадочных пород. Для этих участков характерна латеральная концентрическая зональность, представленная обширными*



*по размерам периферическими ореолами эпигенетической доломитизации, которые к центру сменяются локальными телами гидротермалитов джаспероидного состава, образующими «ядро» зональности и контролирующими размещение рудной минерализации»* автором обосновывается тем, что содержание примесных элементов в различных зонах гидротермально-метасоматической колонки зависит от концентрации элементов в неизменных карбонатных породах, сформировавшейся на стадии седиментогенеза. Для пород, развитых по карбонатным отложениям Амгинской СФЗ, характерно обогащение Cu, Mo, W. Для метасоматитов, протолитом которых выступают рудовмещающие отложения кетеменской и титаринской свит Синско-Ботомской СФЗ, характерна Co, Mn, Pb, Zn, Ag специализация. В случае значительного обогащения вмещающих пород Pb и Zn в центральной и ядерной части гидротермально-метасоматической колонки формируется рудная сульфидная минерализация. В таких породах от 5 до 20 % объёма выполнено кристаллами пирита, марказита, сфалерита и галенита в ассоциации с карбонатной и кремнистой минерализацией. Рудная минерализация распространена только в ассоциации с метасоматитами, развитыми по карбонатным отложениям кетеменской и титаринской свиты.

В третьем защищаемом *положении «Оруденение, расположенное в долинах рек Лена и Ботома, относится к «Миссисипскому» стратиформному свинцово-цинковому в карбонатных толщах геолого-промышленному типу. В структуре аномального геохимического поля рудоносные участки осадочных пород маркируются контрастными положительными мультипликативными аномалиями PbZnAgMn состава. При этом центрально-рудные уровни вертикальной рудно-геохимической зональности выделяются контрастными аномалиями Pb и Zn. Надрудные уровни представлены положительными аномалиями стронция, обусловленными проявлением в осадочных породах эпигенетической кальцитизации, что может быть использовано в качестве минералого-геохимических индикаторов скрытого на глубине стратиформного свинцово-цинкового оруденения»* изложено, что по многим признакам оруденение соответствует стратиформному свинцово-цинковому в карбонатных толщах (MVT) рудно-формационному типу, миссисипскому геологопромышленному типу, но имеет свои региональные особенности геохимической специализации руд и связь парагенетическую рудоформирования с процессами континентального рифтогенеза.

В представленной Г.А. Козловым диссертационной работе приводятся новые интересные фактические данные по стратиформному свинцово-цинковому оруденению в юго-восточной части чехла Сибирской платформы, которое остается слабо изученным. Грамотно поставлены задачи работы, и судя по диссертации, они успешно реализованы. Апробация работы реализована достаточно для защиты кандидатской диссертации. Значительный фактурный материал, полученный в основном, при участии автора, также говорит о высокой достоверности исследований.

Вместе с тем к работе следующие замечания:

**Замечания:**

1. При формулировке первого положения замечание касается неопределенности, вернее незначительной роли влияния производных вулканической и эксгаляционной деятельности при седиментации кембрийских известково-доломитовых отложений. В то же время, во втором защищаемом положении автор неизбежно возвращается к роли рудоносности гидротермально-метасоматических изменений осадочных пород, обусловивших ореолы эпигенетической доломитизации, что вполне резонно, поскольку именно локальные тела гидротермалитов джаспероидного состава образуют «ядро» зональности и контролируют размещение рудной минерализации.

2. Третье положение сформулировано, по нашему мнению, несколько сложно для прочтения и понимания, поскольку в нем охарактеризована не только структура, но и геохимическая зональность свинцово-цинкового оруденения «миссисипского типа», которая на наш взгляд, получилась не вполне удачно. Помимо установленной идеи латеральной и вертикальной рудно-геохимической зональности и уровней комплексного

оруденения, автору на наш взгляд следовало бы проследить и сформулировать последовательность формирования Pb-Zn-Ag-Mn оруденения, что имело бы не менее важное научное значение. Тем более, что выполненные в ходе исследований авторские многочисленные минералого-петрографическое и геохимические исследования в принципе позволяют это сделать.

3. Почему на диаграммах на рисунке 2.21 распределения РЗЭ нормировалось на хондрит, а не на PAAS, как это нужно делать при изучении карбонатных осадочных пород?

4. Производилось ли растворение карбонатов в кислотах перед определением в них концентраций РЗЭ, как это обычно делается для карбонатных осадочных пород? В противном случае можно получить неадекватные результаты, интерпретация которых может привести к неверным выводам.

5. Какие существуют доказательства, что изученные кембрийские толщи были перекрыты в этой части Сибирской платформы девонско-каменноугольными отложениями?

6. Решая в диссертации задачу – «Уточнение условий осадконакопления, фациального районирования и характера постседиментационных преобразований в ранне-среднекембрийских карбонатных отложениях северной части Алданской антеклизы», соискателю следовало учитывать ранее полученные данные по этому вопросу. Например, в диссертации сделано заключение: «Кембрийские карбонатные отложения формировались в пределах внутриконтинентального бассейна Сибирской платформы в рифогенной обстановке в условиях повышенной температуры и солености вод бассейна». Но ведь эти знания изложили давно в своих публикациях: Зеленов К.К. Литология нижнекембрийских отложений северного склона Алданского массива и условия их образования // Труды ГИН АН СССР. Вып. 4. 1956. С. 28–50; Литология нижнекембрийских отложений северного склона Алданского массива. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 122 с. (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 8); Архангельская Н.А., Григорьев В.Н., Зеленов К.К. Фации нижнекембрийских отложений южной и западной окраин Сибирской платформы. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 200 с.; Бобров А.К. Геология Предбайкальского краевого прогиба (северо-восточной его части). Строение и перспективы нефтегазоносности. – М.: Наука, 1964. 228 с.; Асташкин В.А. Основные типы органогенных построек в рифовых системах кембрия северного склона Алданского щита // Геология рифовых систем кембрия Западной Якутии. – Новосибирск: СНИИГГМС, 1973. С. 19–30; Литолого-фациальная основа корреляционных стратиграфических построений в кембрийском рифовом комплексе Сибирской платформы // Стратиграфия и фации осадочных бассейнов Сибири. – Новосибирск: СНИИГГМС, 1982. С. 5–18. С упомянутыми статьями и широко известными монографиями, судя по тому, что они отсутствуют в списке литературы, диссертант не знаком.

7. Отдельные менее важные замечания: с. 19. Речь о времени, потому правильнее «томмотским веком раннего кембрия»; с. 20. «...глинистые отложения пестроцветной свиты». Отложения и есть свита, правильнее «глинистые породы пестроцветной свиты»; с. 42, рис. 2.5. «Микрофотография водорослевых мелкокомковатых известняков». Правильнее будет «... микрофитолитовых ...», т.к. нет доказательств, что есть остатки водорослей; с. 44, рис. 2.7. Бездоказательно утверждается, что на фото показаны онколиты. Формы не имеют концентрической слоистости, характерной для онколитов. Не исключено, что показаны оолиты; в списке литературы № 111. Розанова Ю.А. исправить на Розанов А.Ю.

8. Автор не привел имеющиеся данные о проявлении стратиформного оруденения в усть-ботомской свите среднего кембрия, в которой в коренном залегании еще в 80-х годах прошлого столетия в ходе АФГК-200 были обнаружены выделения галенита в известняках (1,5-2,0 см), покрытых церусситовой рубашкой.

9. Химический состав минералов приводится только по результатам микронзондового анализа. Элементы-примеси в основных рудных минералах не изучены. Не использованы



другие методы анализов.

10. Составы карбонатов нужно привести в окислах. В таблице 4.5, анализ 5 возможно опечатка. Отмечается очень высокое содержание Mn.

11. В таблице 4.9 в минеральных парагенезисах ранней продуктивной стадии отмечается галенит, но он почему-то не отмечен в графе «ранняя продуктивная стадия». Чем же все-таки различаются разные генерации галенита ранней и продуктивной ассоциаций? Присутствуют ли в галените и сфалерите включения других рудных минералов?

12. Стр.158. Фактический материал не подтверждает ассоциацию самородных Ag и Au с поздними рудными парагенезисами.

13. Из диссертации непонятно в какой минеральной форме находится серебро.

14. Принято писать «гидроксиды», а не «гидроокислы».

Представленная Козловым Глебом Александровичем диссертация на тему «Геология и свинцово-цинковое оруденение кембрийских карбонатных отложений юго-восточной части Анабаро-Синской структурно-формационной области, Республика Саха (Якутия)» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на современном научно-методическом уровне, и соответствует требованиям п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Козлов Г. А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Обсуждение диссертации состоялось 27 апреля 2023 г. на объединенном заседании сотрудников лабораторий Геологический музей, Стратиграфии и палеонтологии и Геологии и минералогии благородных металлов ИГАБМ СО РАН, одним из основных направлений научно-исследовательской деятельности, которых является изучение рудоносности осадочных и магматических пород Якутии.

Отзыв составили:

г.н.с. лаборатории Геологический музей, д. г.-м. н.  А.В. Округин  
677000 г. Якутск, пр. Ленина 39, Институт геологии алмаза и благородных металлов  
(ИГАБМ) СО РАН, тел.

в.н.с. лаборатории Геологии и минералогии   
благородных металлов, к. г.-м. н. Г.С. Анисимова  
677000 г. Якутск, пр. Ленина 39, Институт геологии алмаза и благородных металлов  
(ИГАБМ) СО РАН, тел.

Мы, Округин Александр Витальевич и Анисимова Галина Семеновна, даем свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Отзыв на диссертационную работу Г.А. Козлова заслушан и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации на заседании Ученого совета ИГАБМ СО РАН 28 апреля 2023 г. (Протокол № 6/23).

Ученый секретарь ИГАБМ СО РАН

Е.Е. Лоскутов

28 апреля 2023 г.