



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А. П. КАРПИНСКОГО»
(ФГБУ «ИНСТИТУТ КАРПИНСКОГО»)

Средний пр., 74,
Санкт-Петербург, 199106

Телефон: (812) 321-57-06

Факс: (812) 321-30-23

E-mail: info@karpinskyinstitute.ru

19 ноября 2024 г. № _____
на № _____ от _____



УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель
Генерального директора
Ткаченко М. А.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Секериной Дарьи Денисовны
«Глубинное строение и геолого-геофизические критерии рудоносности
Змеиногорского рудного района (Алтае-Саянская складчатая область)»,
представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 1.6.9 – «Геофизика»

Представленная на отзыв диссертационная работа содержит пять глав, введение и заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы, приложение (Акт об использовании результатов кандидатской диссертации). Работа изложена на 102 страницах, проиллюстрирована 28 рисунками, 4 таблицами. Список литературы включает 121 наименование, в том числе 28 на иностранных языках.

Целью диссертационных исследований - интерпретация комплекса геолого-геофизических данных с выявлением структурно-вещественных (тектонических) и геофизических критериев рудоносности для изучения закономерностей пространственной локализации и прогнозно-минерагенической оценки скрытого колчеданно-полиметаллического оруденения Змеиногорского рудного района.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью уточнения и дополнения поисковых признаков скрытого и слабопроявленного с поверхности колчеданно-полиметаллического оруденения в пределах Змеиногорско-Быструшинского прогиба Рудного Алтая.

Научная новизна диссертации заключается в том, что автором разработана многоэтапная схема обработки и комплексной интерпретации геофизических данных, способствующая решению проблемы глубинного моделирования верхней коры, изучению геодинамических обстановок, и уточнению последовательности формирования структурных неоднородностей Рудного Алтая. Составлены эволюционные схемы формирования основных структур Рудного Алтая. Решена задача «распознавание образов с обучением» с использованием критериев локализации скрытого и слабо проявленного на поверхности колчеданно-полиметаллического оруденения. На основе проведённых исследований получены прогнозно-минерагенические выводы и проведено районирование

Змеиногорского рудного района с оценкой перспектив обнаружения скрытого и слабопроявленного на поверхности колчеданно-полиметаллического оруденения.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработана схема многоэтапной обработки и комплексной интерпретации геолого-геофизических данных и построения глубинных геотектонических моделей верхней части земной коры Змеиногорского рудного района. С использованием полученных данных построена эволюционная модель формирования верхней части земной коры. Предложен набор геолого-структурных и геофизических критериев рудоносности Змеиногорского рудного района. Результаты исследований, изложенных в диссертации, использованы при разработке моделей скрытого колчеданно-полиметаллического оруденения на лицензионных площадях (Акт о внедрении от 07.05.2024 г. ООО «СЗГГК «Геокомплекс»).

Достоверность результатов проведённого исследования обеспечена высококачественными геологическими и геофизическими материалами, использованием современных алгоритмов их обработки и интерпретации с использованием программных приложений. Результаты диссертационной работы опубликованы в 14 научных работах: из них в 2 статьях в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАКа; в трёх статьях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus, и в 9 тезисах в изданиях, входящих в систему РИНЦ. Полученные результаты автор докладывал на 9 всероссийских и международных конференциях и совещаниях.

В диссертации содержатся три защищаемых положения.

Первое защищаемое положение сформулировано на основе данных, изложенных во второй, третьей и четвертой главах. Во второй главе автор приводит характеристику первичных геофизических материалов и последовательность их обработки на основе разработанной многоэтапной методологической схемы. Автор рассматривает методы обработки геолого-геофизических данных, сведённых в единый банк данных. Отдельный раздел посвящён последовательности применения различных способов интерпретации полученных результатов. Новые данные, полученные в результате использования данной методики по изучению особенностей глубинного строения, изложены в главе 3. Выводы о характере геодинамических обстановок формирования и истории развития, полученные автором на основе выполненных работ, изложены в главе 4.

Второе защищаемое положение обосновывается в главах 3 и 4. В главе 3 излагаются основные результаты, полученные по изучению особенностей глубинного строения Рудного Алтая. Эти результаты автор предоставляет графически в виде мелко- и среднемасштабных карт и разрезов глубинного строения. На этой основе автор разработал геолого-структурную схему строения Змеиногорско-Быструшинского прогиба и предложил его геотектоническую модель строения и эволюции. Эти данные излагаются в главе 4.

Третье защищаемое положение отражает прогностическую, металлогеническую составляющую данного исследования, что раскрывается в главе 5. Автор выделяет две геолого-структурные обстановки формирования активной континентальной окраины: вулканоплутонического пояса и рифтогенного прогиба, развитие которых способствовало образованию колчеданно-полиметаллического оруденения. Д.Д. Секерина подошла к решению проблем прогноза чисто с «геофизической» позиции, выделив ряд прогностических критериев (скорее признаков) с дальнейшим использованием алгоритмов распознавания образов с обучением. Полученные результаты могут представлять интерес при планировании геологоразведочных работ, что подтверждается полученным Актом о внедрении.

В целом все защищаемые положения представляются достаточно обоснованными.

Однако к диссертации имеется ряд замечаний как смыслового, так и технического характера.

Глава 1, по сути, является очень кратким обзором геологической, геофизической и металлогенической изученности Рудного Алтая. В разделе 1.1., который называется

«Развитие научных представлений о тектонике и геодинамике Рудного Алтая» и занимает полторы страницы, о собственно тектонике и геодинамике написан только один абзац. В этом же разделе приведена таблица 1.1 – о гипотезах формирования колчеданно-полиметаллического оруденения Рудного Алтая. Таблица совсем небольшая и в ней не получила отражений главная дискуссия о генезисе этих месторождений, которая велась в 50-60х годах прошлого столетия – дискуссия о борьбе «интрузивной» и «вулканогенной» гипотез. И, конечно, первая же фраза в этом разделе «Первые гипотезы о формировании колчеданно-полиметаллического оруденения Рудного Алтая предусматривали его увязку со структурами энсиалических островных дуг» (стр. 14) вызывает удивление, так как первые гипотезы появились задолго до возникновения идей мобилизма.

Раздел 1.2. «Особенности глубинного строения Рудного Алтая по данным геолого-геофизических исследований». В данном разделе кратко рассмотрены особенности тектонического строения района и совсем кратко (2 абзаца) упомянуто глубинное строение Змеиногорско-Быструшинского рифтогенного прогиба, причём при этом допущена опечатка (стр. 16): «...такие характеристики, как сокращение (до 10км) мощности земной коры с увеличением мощности нижнекорового слоя (до 21 км)». В этом же разделе автор приводит рассуждения о механизме мобилизации рудного вещества. То есть название раздела не соответствует его содержанию.

В таблице 1.2 геодинамические обстановки и рудные формации Рудного Алтая, составленной на основании тектонической схемы листа карты М-44, следовало пользоваться расположенной ниже схемой тектонического районирования. В Рудно-Алтайской СФЗ (IV на схеме тектонического районирования) тектоническая история начинается с раннедевонской офиолитовой ассоциации (толеит-базальтовая метаморфизованная и дунит-перидотитовая), а все более древние формации присутствуют в структурах расположенной севернее Алтае-Салаирской складчатой системы Горного Алтая. В таблице 1.2 в диссертации показана океаническая геодинамическая обстановка на уровне D_1 , которая идентифицируется с пестроцветной молассовой формацией (нонсенс!), и которая распространена в Горно-Алтайских структурах, но не в Рудном Алтае.

Раздел 1.3. «Геотектонические модели Рудного Алтая». Рассмотрена, вернее, принята одна модель, которая использована при построении листа масштаба 1: 1 000 000 М-44.

Раздел 1.4. Автор упоминает о том, что рудовмещающая формация разделена на две (по последним разработкам ЦНИГРИ): базальт-содержащую риолитовую и базальт-риолитовую. Следовало бы упомянуть при этом, что они различаются по возрасту: первая имеет возраст D_{1-2} , а вторая - D_{2-3} .

Глава 2. посвящена характеристике фактического материала и методике выполненных исследований. В тексте достаточно поверхностно описаны геофизические материалы предшественников, не хватает конкретики, без которой, не очень понятно, в пределах какой площади и какого масштаба имеются детальные геофизические данные. Также не хватает уточнений, о каких методах исследования идёт речь (стр.25 абз.2). Приведены сведения о геофизической основе, составленной в начале 2000-х годов на основе съёмки масштаба 1:200 000, вероятно речь идёт об основе, составленной в ВИРГ-Рудгеофизика им. А.А. Логачева в 2001 году. Следует отметить, что данная основа была актуализирована в 2012 году специалистами ФГУП «ВСЕГЕИ» (ссылка 25 приведена как раз на ГКК-1000/3).

Поскольку автор выбрал подход деления полей и расчёта трансформант потенциальных полей по условно выбранным уровням масштабности одновременно с разделением площади района на отдельные участки, где был использован разный масштаб данных, представляется целесообразным составить единую цифровую модель по каждому из потенциальных полей и выполнять описанные преобразования по ней нанеся на карты полей соответствующие границы. Судя по всему, такая сводная модель была составлена

по обоим потенциальным полям, однако описание данной процедуры в тексте не приводится. На рисунке 2.7 показаны результаты безэталонной классификации рудоносности по потенциальным полям на разных масштабных уровнях с единой цветовой шкалой классов для них. На данном примере не совсем понятно, какой именно результат хотел показать автор, поскольку классификация выполнена, по всей видимости, по отдельным, разномасштабным данным. В данном случае, из-за отличительных характеристик спектра потенциальных полей, а равно и их трансформаций мы наблюдаем различную картину разбивки на классы по перекрывающимся площадям, что наглядно следует из представленных рисунков. Также не добавляет информативности легенда к шкале классов. Результаты безэталонной классификации использовались для оконтуривания блоков с корой континентального типа и межблоковые (структурные) зоны. Следует отметить, что данный анализ не очень убедительно отражает ориентировку общего структурного плана территории, как видно из рисунков. В целом, для данных целей лучше подходит линеаментный анализ потенциальных полей и их трансформаций, как это было сделано выше по расчётному горизонтальному градиенту. Для данных целей, помимо описанного, может быть использован, например, анализ горизонтального градиента от псевдо-гравитационного поля "Horizontal Gradient of Pseudo Gravity" и псевдо-гравитационное поле "Pseudo Gravity", использование которых позволит отсеять высокочастотную, т.е. приповерхностную составляющую и работать со структурами регионального значения. Моделирование разрывных нарушений по результатам решения обратных задач гравиметрии в двумерном варианте в виде разрезов выглядит убедительно (рис 2.10), однако расположение всех особых точек, рассчитанных по деконволюции Эйлера (в тексте не приведено двумерной или трехмерной) в верхней части разреза представляется маловероятным. Также было бы информативным привести в тексте аналогичные расчёты по аномальному магнитному полю.

В целом, общий вектор выполнения моделирования структурно-вещественных неоднородностей выбран корректно. При выполнении качественной интерпретации разнородной геофизической информации высокоинформативными оказались разночастотные составляющие гравитационного и магнитного полей и данные их безэталонной классификации. Автором было выполнено разделение на низкочастотные и среднечастотные составляющих потенциальных полей, однако в тексте нет пояснений каким способом было проведено такое разделение и с какими параметрами, приведена лишь глубина среза. В качестве наиболее информативных были выбраны срезы на глубине 1,5 и 3 км. На рис. 2.11 на интерпретационных схемах снова представлена безэталонная классификация площади (σ), из конфигурации которой видно, что общего с тектоническими и структурными элементами у неё немного.

В главе 3. приводится разработанная автором геолого-геофизическая модель глубинного строения и излагается история развития Рудного Алтая. Глава написана, в основном, по литературным данным. Некоторые рисунки (3.1-3.3) явно заимствованы из литературных данных, однако их авторство не упоминается. Если приводятся рисунки или материалы других авторов, нужно обязательно ссылаться на их работы, иначе трудно читать. После кратких сведений о тектоническом районировании и истории геологического развития Рудного Алтая, которые было бы логичнее поместить в главу 1, автор приводит составленный им глубинный геолого-геофизический разрез по глубинному профилю, а также палеотектонические разрезы Рудного Алтая. На их основании автор выделил девонскую и более поздние эпохи геологического развития района, что в целом не противоречит более ранним данным.

Глава 4 по своему содержанию весьма похожа на главу 3 и поэтому имеет много повторений, было бы логично объединить их в единую главу. На рис. 4.1 нанесены разрывные нарушения, из которых не все имеют своё отражение на разрезе А-А', это же касается и положения плюмазит-гранитовой формации (возможно «съехал» масштаб). Автор выделил три структурных зоны, различающихся по уровню денудации и мощности

вулканогенно-осадочных толщ. На основе этого рисунка (4.1) автор сделал вывод о том, что «...наибольшей прогностический интерес представляет II зона...», это зона с наиболее высоким уровнем денудации девонских формаций. Если учесть, что именно они являются рудносными, то не понятно, на основании чего автор сделал такой вывод, пояснения отсутствуют. Откуда на рис. 4.2. появился источник рудного вещества – не понятно. Рисунки 3.7 (Развитие структур земной коры Рудного Алтая) и 4.3 (Развитие структурно-вещественных подразделений верхней коры) несколько различаются по виду, но по содержанию они практически одинаковые.

Глава 5

Рудоносные формации называется то базальт-риолитовая, то базаль-дацит-риолитовой (стр.77) то риолит-риодацитовая (стр. 71). К табл. 5.1, что такое «форма задания критерия», надо было бы пояснить. Автор пишет (стр. 72): «Прогностическое значение имеют контуры интрузивных массивов: плагиогранитов (D_2) и гранодиорит-гранитов (D_3), которые закартированы на поверхности, и их проявления на глубине 3-х км». На стр. 79 автор указывает, что ареалы проявления гранитных массивов представляю особый прогностический интерес. Это вывод требует расшифровки. Граниты образовались после завершения вулканогенного рудообразования и занимают огромные объёмы. Рудовмещающие рифтогенные вулканогенные структуры являются останцами, провесами кровли гранитных массивов.

Рис. 5.2, отражающий глубинное строение, вызывает ряд вопросов. Комплексы пассивной окраины (O-S) продолжают под Змеиногорско-Быструшинским прогибом, «проходя» без смещения через зону Северо-Восточного разлома. В Рудно-Алтайской зоне O-S отложения не встречаются, наиболее древние отложения метаморфической корболихинской толщи (S-D1) представляют собой образования аккреционной призмы задугового бассейна раннепалеозойской субдукционной систем. В корболихинской толще присутствуют метабазальты, кварциты и мрамора в ассоциации с терригенными отложениями (метапелитами). Они не являются отложениями пассивной окраины.

Поскольку диссертация затрагивает глубинное строение, следует указать, что Северо-Восточный разлом (зона смятия), который неплохо изучен, разделяет каледониды Алтае-Салаирской и герциниды Обь-Зайсанской складчатых систем. Зона смятия представляет собой систему сближенных субпараллельных и отходящих друг от друга под острыми углами разломов. Зона фиксируется линейно-вытянутым локальным погружением поверхности Конрада (до 3 км) с нависанием северо-восточного крыла (надвиганием или взбросом Горного Алтая на Рудный Алтай). В магнитном поле зона смятия сопровождается серией интенсивных локальных максимумов, в гравитационном поле фрагментарно отражается в виде зон повышенных горизонтальных градиентов силы тяжести. По данным геологов-структурщиков, первый этап деформаций (заложение Северо-Восточной зоны) характеризовался лево-сдвиговой кинематикой. Второй этап деформаций (развал орогена, формирование структур растяжения в пределах Северо-Восточной зоны и её обрамления) имел вертикальную (взбросо-сбросовую) кинематику перемещений в условиях общего присдвигового растяжения.

Кроме того, все интрузивы на разрезе являются бескорневыми, как гранитоидные, так и габброидные массивы, при этом их нижние кромки показаны как интрузивные. Интрузивные массивы Рудного Алтая являются мантийными или корово-мантийными, имеют нормальные интрузивные контакты в обнажениях, если они образуют тектонические пластины, то это требует отдельных доказательств.

В условных обозначениях под номером 9 показаны гранитоиды змеиногорской свиты? Наверное - змеиногорского комплекса?

На рис. 5.3, в таблице 5.2 и в тексте Лазурское и Корбалихинское названы проявлениями. Но Лазурское это среднее месторождение, а Корбалинское – крупное месторождение, на котором уже началась промышленная добыча руды.

Вулканический процесс является созидательным для колчеданно-полиметаллического оруденения, формирование которого происходило на морском дне в результате разгрузки рудоносных гидротерм. Более позднее внедрение интрузий и формирование антиклинорных структур (поднятия Алейское, Рубцовское, Степно-Бугринское) приводило уничтожению рудных накоплений, сохранившихся в прогибах: Змеиногорском, Рубцовском Золотушенском. Поэтому, трудно согласить с выводом автора на стр.79, что в качестве наиболее перспективных для планирования детальных геологоразведочных исследований является центральная зона Змеиногорско-Быструшинского прогиба, по той причине, что она наиболее интенсивно подвержена денудации девонских рифтогенных комплексов. Девонские рифтогенные комплексы являются главными рудовмещающими образованиями, и если они интенсивно денудированы, то и руда будет денудирована.

Заключение диссертации не в полной мере отражает связи глубинного строения и геолого-геофизических критериев рудоносности Рудного Алтая, указанных в названии диссертации. В выводах на стр. 80 записано, что формирование богатой минерагенической зоны Рудного Алтая связывается с последовательным проявлением процессов каледонского и герцинского орогенеза. В табл. 1.2 каледонский орогенез заканчивается океаническим этапом, а формирование Рудного Алтая объясняется герцинскими рифтогенными процессами на активной континентальной окраине. Причём здесь каледонский орогенез?

Вывод, что наибольший интерес для прогноза зон локализации скрытого колчеданно-полиметаллического оруденения, представляют 2 обстановки: вулканоплутонического пояса и рифтогенного прогиба активной континентальной окраины требует пояснений и доказательств, если учесть что вулканоплутонический пояс и есть структурно-вещественное выражение образований рифтогенного прогиба активной континентальной окраины Рудного Алтая.

Из проведённого анализа и сделанных замечаний можно сделать вывод, что диссертантом была выполнена очень большая работа и показывает хорошую квалификацию автора как геофизика. Сделанные автором на основе анализа геофизических материалов геотектонические и металлогенические выводы не бесспорны. Тем не менее, несмотря на высказанные замечания, выполненная Д.Д. Секериной работа является законченным научным исследованием, свидетельствует о высоком профессиональном уровне автора, актуальна и имеет достаточно высокий уровень научной новизны.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Работа соответствует критериям, установленным в пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. 25.01.2024), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, её автор Дарья Денисовна Секерина заслуживает присвоения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности по специальности 1.6.9 – «Геофизика» (науки о Земле).

Ведущий научный сотрудник

Отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ЦПМИ
Федерального государственного бюджетного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский геологический
институт им. А.П. Карпинского»
канд. г.-м. наук

Кашин
Сергей Васильевич

Начальник отдела РГ и ПИ Восточной Сибири
Федерального государственного бюджетного учреждения



«Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского»

Заведующий канцелярией

ФГБУ «Институт Карпинского»

Гусев

Николай Иванович

Заместитель начальника отдела

Региональной геофизики и геофизической картографии

Федерального государственного бюджетного учреждения

«Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского»

Подпись руки

Е. А. Белова

Я подтверждаю работу удостоверяю

Заведующий канцелярией

ФГБУ «Институт Карпинского»

11 20 24 г.

Средний пр-кт В.О., д. 74, Санкт-Петербург

Белов

Евгений Александрович

Отзыв ведущей организации на диссертацию и автореферат диссертации Секериной Дарьи Денисовна «Глубинное строение и геолого-геофизические критерии рудоносности Змеиногорского рудного района (Алтае-Саянская складчатая область)», представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика» был заслушан и обсужден на заседании отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ЦПМИ ФГБУ Институт Карпинского (протокол № 4 от 13 ноября 2024 г.) и рекомендован в качестве официального отзыва ведущей организации.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского» (ФГБУ «Институт Карпинского»)

Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106

Официальный сайт: <https://karpinskyinstitute.ru/ru/>

E-mail: info@karpinskyinstitute.ru

Тел. +7 (812) 328 9282

Я, Кашин Сергей Васильевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Кашин Сергей Васильевич, ведущий научный сотрудник

Отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ЦПМИ

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского» (ФГБУ «Институт Карпинского»)

Канд. г.-м. наук

sergey_kashin@karpinskyinstitute.ru

Тел. +7 812 328 9090 доб. 2289

Я, Гусев Николай Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Гусев Николай Иванович, начальник отдела РГ и ПИ Восточной Сибири

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского» (ФГБУ «Институт Карпинского»)

nikolay_gusev@karpinskyinstitute.ru

Тел. +7 812 328 9090 доб. 2512

Я, Белов Евгений Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Белов Евгений Александрович, заместитель начальника отдела
Региональной геофизики и геофизической картографии
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический
институт им. А.П. Карпинского» (ФГБУ «Институт Карпинского»)
evgenii_belov@karpinskyinstitute.ru
Тел. +7 812 328 9090 доб. 2357

