

В диссертационный Совет Д 216.016.01 при  
Федеральном государственном унитарном предприятии  
Центральном научно-исследовательском  
геологоразведочном институте цветных и благородных  
металлов, г. Москва.

## ОТЗЫВ

официального оппонента

о диссертации **Кряжева Сергея Гавриловича «Генетические модели и критерии прогноза золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах»**, представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых; минерагения

На рецензию представлена диссертация, состоящая из Введения, пяти глав, Заключения и списка литературы (295 наименований), общим объемом 288 страниц и автореферат на 52 стр. Диссертация проиллюстрирована 82 рисунками и 56 таблицами, размещенными в тексте.

**Актуальность темы.** Золото-сульфидное прожилково-вкрапленное оруденение в углеродисто-терригенных толщах является одним из важнейших промышленно значимых типов золоторудных месторождений, разрабатываемых и вовлекаемых в отработку в пределах бывшего Советского Союза, как в Российской Федерации, так и в Восточном Казахстане, Узбекистане, Киргизии. Этим объектам посвящен обширный массив разнообразных данных, вплоть до монографических описаний отдельных из них, но сводного анализа причин их возникновения в разных структурах и разное время (Сухой Лог, Мурунтау, Кумтор, Олимпиада и др.) с единых позиций, а также проведения сравнительного анализа, до сих пор не было. Диссертационная работа С.Г.Кряжева как раз заполняет данный пробел, что и определяет ее актуальность.

Актуальность и практическое значение рассматриваемой работы, также заключаются в комплексном литолого-геохимическом, изотопно-геохимическом, термобаро-геохимическом и минералогическом исследовании крупнейших месторождений золота, позволившем впервые показать не только специфичность и неоднородность этой группы месторождений, как единого типа месторождений золота в углеродистых толщах, но и показать роль геодинамического фактора в формировании их руд и разработать генетические модели, послужившие базой для прикладных исследований. Учитывая высокую перспективность и промышленное значение рассматриваемых месторождений, представленная работа, поэтому имеет и важное практическое значение, что также определяет ее актуальность. Предложенные автором примеры решения прикладных задач и разработанная на их основе система оценки и прогноза оруденения данного типа являются важным прикладным аспектом диссертационного исследования, что определяет его высокую практическую значимость.

О содержании работы.

**Во введении (с. 4-10)** изложен обычный круг вопросов организации диссертации, показана ее актуальность, раскрыты цели и задачи исследования, отмечен личный вклад исследователя в эту работу, приведено авторское видение ее новизны и практической значимости. Здесь показан обширный фактический материал автора, сформулированы защищаемые положения и обозначен высокий уровень апробации результатов авторских исследований.

**Глава 1 (с.11-22)** представляет собой краткий обзор современных представлений о генезисе золоторудных месторождений в углеродистых толщах. Им выделена основная, на его взгляд, проблема происхождения такого типа объектов – соотношение роли конседиментационных и эпигенетических процессов в формировании руд. И, на основании этого, С.Г.Кряжев формулирует исходную посылку своей работы – о двойственности условий их формирования: влияние процессов осадконакопления – как первичного фактора появления обогащенных благородными металлами стратиграфических уровней в жизни осадочных бассейнов разных геодинамических обстановок, и важной роли орогенных магматических и метаморфических комплексов в процессах перераспределения и локализации промышленного оруденения в геологических структурах конкретных месторождений. Это фактически и является целью его исследования, но, к сожалению, ее формулировка во введении несколько иная, что со всей очевидностью наложило отпечаток на дальнейшее изложение материала. Обзор большого массива данных по изотопному составу серы пиритов и арсенопиритов крупнейших месторождений рассматриваемого типа (обширные материалы автора, а также литературные источники) в сравнении с месторождениями другого типа и других регионов позволил ему обосновать первое защищаемое положение.

В качестве *общего замечания* к этой главе отмечу ее некоторую однобокость, заключающуюся в несколько одностороннем рассмотрении обсуждаемых проблем сквозь призму исследований, проводимых сотрудниками ЦНИГРИ, без учета обширного массива данных накопленных академической наукой Москвы, Иркутска, других регионов России и ближнего зарубежья. Кроме того, на фактурном рисунке 10 следовало бы отметить общее количество проб или анализов по рудам и вмещающим породам, рассмотренных месторождений, что существенно бы усилило позиции автора.

**Глава 2 (с.23-48)** характеризует методологические подходы автора, касающиеся, в основном, продвигаемого им метода исследований флюидных включений, а также обсуждаются вопросы использования стабильных и радиогенных изотопов для определения источников вещества. Здесь автор подробно разбирает методики анализа флюидных включений и в меньшей степени – методики изотопно-геохимических исследований. Важным представляется посыл автора о точности определения давлений по флюидным включениям. Обычно специалисты этот вопрос молчаливо обходят, а поставленная С.Г.Кряжевым трактовка, несмотря на ее неоднозначность, справедлива и требует серьезной дискуссии. Следует отметить интересную методику автора по исследованию микроэлементного состава флюидных включений, которая, несмотря на некоторые недостатки (влияние микроминеральных собственных фаз – табл.14 иллюстрирует зависимость аналитики от минерального состава жил Sb в Сарылахе, где главный минерал

руд антимонит, As в Дубаче, где главные минералы руд леллингит и арсенопирит и пр. ), дает дополнительный инструмент по определению состава рудных флюидов, несмотря на их так называемую «отработанность».

К *сожалению*, в этой главе ничего не сказано о принципах и методах отбора материалов для исследований, это касается мономинеральных фракций для изотопного анализа (сульфиды, кварц, карбонаты). Делалось ли это по единой методике и в одной лаборатории или нет? На фотографиях в следующей главе (см. например, рис. 16-18), 21, 35, рис. 49(58)? на стр.195 и пр.) показаны точки анализа сульфидов, но при этом неясно, как они были выделены, ибо в работе не говорится о локальных методах исследований изотопного состава сульфидов, наоборот, подчеркивается то, что анализ из микроаналитов, т.е. валовый. Следовало бы раскрыть тонкости подготовки к анализам выборок рудных минералов, поскольку именно на анализе монофракций во многом построена вся защищаемая работа.

**Глава 3 (стр. 49-219)** является базовой для проведенного исследования и содержит основную фактуру диссертации. Она, на мой взгляд, излишне велика, что существенно затрудняет ее прочтение и анализ изложенного в ней материала. Ее следовало бы разделить на две или даже три самостоятельных главы, соответствующие второму и третьему защищаемым положениям и именно по эталонным месторождениям, каковыми, прежде всего, являются Сухой Лог, Мурунтау и Кумтор. В этой главе характеризуются все объекты исследованные автором как лично, так и при его участии. В какой-то мере, она несет и дополнительный материал для первой и второй главы. Отмечу, что *глава написана несколько неровно*, выделяются раздел 3.1, посвященный месторождениям Бодайбинского района и прежде всего Сухому Логу, и наиболее обстоятельный раздел 3.4 по месторождениям Средней Азии с главным из них месторождением Мурунтау. В меньшей мере охарактеризованы месторождения Енисейского кряжа и совсем бегло Яно-Колымского пояса. Сразу скажу, что *название разделов не отвечает названию главы* «Геолого-генетические модели эталонных золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах», поскольку они названы по региональному принципу «Байкало-Патомское нагорье», «Енисейский кряж», «Центрально-Колымский регион», «Средняя Азия» и от этого сразу снижается градус восприятия текста. В этой главе, автор охарактеризовал подробно все основные рассмотренные им месторождения, как геологически, так и минералогически, дал характеристику исследованных им минералов о полностью раскрыл большой объем аналитических данных, обосновывающий принятую автором концепцию геолого-генетических моделей.

Остановлюсь более подробно на рассмотрении двух основных разделов по месторождениям Байкало-Патомского нагорья и по месторождению Мурунтау, ибо в них и сфокусированы представления автора, отраженные во втором и третьем защищаемых положениях.

Раздел 3.1 (с. 50-94) является базовым для обоснования второго защищаемого положения. В рамках этого раздела автором развивается принятая им концепция главного конседиментационного источника золота в этом регионе. С.Г.Кряжев разработал и показал на тщательно подобранном материале в достаточной мере стройную и непротиворечивую

систему представлений, основанную в значительной мере на изотопно-геохимических данных. Несмотря на дискуссионность ряда положений, данная концепция имеет право на жизнь и может быть признана наряду с уже известными. Основу для гипотезы автора составляют детальные исследования изотопного состава серы пирита, пирротина и арсенопирита руд и изотопного состава углерода в карбонатах и в органике, а также изотопного состава кислорода в карбонатах и кварце и развиваемые им представления о высокой степени золотоносности первично осадочных пиритов (с.76-79) и опора на принцип наследования изотопного состава серы разнотипными и разновозрастными пиритами (с.71). Автором верно подмечена гомогенность серы рудных пиритов и показана определенная изотопная зональность руд, правда зональность и изотопная типизация пиритов несколько противоречат друг другу, так на с.71 автор в начале указывает на то, что изотопная сера пирита в рудах гомогенная  $+9\pm 3\%$ , а «в околорудных породах доля тяжелого изотопа  $^{34}\text{S}$  возрастает до  $+25\%$ ». А в третьем абзаце этой же страницы говорится: «...что осадочно-диагенетический пирит (типы 1-3) и прожилково-вкрапленный пирит (типы 4-5) практически не различаются по  $\delta^{34}\text{S}$ », т.е. здесь возникает какая-то нестыковка (что есть пирит в околорудных породах?). Еще одна нестыковка связана с методом исследования. Автор в начале раздела справедливо заметил, что локальный изотопный анализ дает несколько иные результаты, по сравнению с принятым методом валового анализа. И это действительно так. Замечу, что локальный анализ пирита с включениями самородного золота, отобранного нами на дне «Западного» карьера месторождения Сухой Лог, показал существенное преобладание весьма тяжелой серы  $+20\%$ , что требует объяснения в свете данных автора (см. табл. 5).

*Дискуссионны* представления автора о догранитном возрасте основной массы руд Сухого Лога, поскольку согласно геолого-структурным данным линейное складкообразование присущее Бодайбинскому синклинию, нарушено ростом Мамского гранитно-метаморфического купола-вала (Дембо, 1953; Кондратенко, Шер, 1960; Сирина, 1964; Шаров, 1972; Флаас, 1971; Шаров и др., 1978; Сапожникова и др., 1995; Синцов, 2001; Рыцк и др., 2007), датировки руд и «мамских гранитов» единичны и весьма близки учитывая, что сделаны они разными методами и имеют разную ошибку (Вилор, 2000; Зорин и др., 2006; Лаверов и др., 2007; Yakubchuk et al., 2014), конечно, если судить относительно гранитов Константиновского штока, то главный этап рудообразования догранитный. Кстати, возраст регионального зеленосланцевого метаморфизма оценивается в 550-600 млн лет (Вилор, 2000; Виноградов и др., 1996; Неймарк и др., 1990; Mefre et al., 2008; Юдовская и др., 2011).

Дискуссионно также и мнение автора о существенном развитии «серноколчеданных» залежей в месторождениях Сухой Лог и Вернинское. Да, прослои обогащенные тонкозернистым пиритом в этих месторождениях имеют место быть, но их доля в общем балансе руд весьма невысока. В то же время, несомненно одно, и здесь с С.Г.Кряжевым можно согласиться, что первичным источником золота были осадочные толщи (Немеров, 1988, Немеров и др., 2005, 2010; Будяк, 2009), но согласиться с тем, что это было определяющим я не могу, что собственно и определяет существующую дискуссию по проблеме происхождения руд Сухоложского типа, о чем сказано и самим автором.

*Дискуссионно* также и положение автора (с.74) о «едином литолого-стратиграфическом контроле в распределении изотопов серы», основанное на вольной трактовке понятия

«разрез». Так «движение с востока на запад» отнюдь не является синонимом «вверх по разрезу пород хомолхинской свиты» (с. 74) для месторождения Сухой Лог, ибо в нем рудные тела залегают в замке складки (см. рис. 12 диссертации). Есть разрез стратиграфический и есть разрез конкретного объекта, на примере Сухого Лога. Какова все же роль первичной стратификации осадочных пород в геохимии стабильных изотопов? Этот вопрос остается открытым, поскольку специальных исследований по стратиграфическим разрезам неопротерозойских толщ автором не проводилось (это касается и рассуждений по изотопному составу углерода и кислорода карбонатов на с. 83-84). Поэтому, основываться только на «внутренней логике имеющихся изотопных данных» (с.74), на мой взгляд, недостаточно. Тем более, что сложно представить себе отсутствие влияния метаморфизма зеленосланцевой фации на перераспределение золота, что собственно и послужило основой для модели В.А.Буряка (1982), который также опирался на большой массив данных по золотоносности сульфидов.

Тем не менее, несмотря на высказанную дискуссию, изложенные в этом разделе главы материалы вполне достаточны для обоснования второго защищаемого положения с авторских позиций.

В качестве *небольшого замечания* отмечу, что платиновая минерализация в объеме Сухого Лога все же была установлена (Лаверов и др., 1997, 2000; Дистлер и др., 2006), другое дело, что геохимические пути платины и золота действительно не едины, о чем как раз и свидетельствуют результаты иркутских геохимиков (Будяк, 2009). Здесь также следует отметить, что обсуждая изотопную неоднородность органического углерода, автор никак не объясняет «первичную осадочную изотопную неоднородность» (с. 84) в едином бассейне седиментации и причины ее возникновения, равно как и причины изотопной аномальности органического вещества именно в месторождениях золота, что лишний раз подчеркивает их специфику.

Иная модель обосновывается соискателем в разделе, посвященном уникальному по запасам месторождению Мурунтау (с.145-207). Вот в этом разделе, максимально насыщенном фактурой, автору удалось в полной мере показать и обосновать комплексную геолого-генетическую модель орогенной золоторудно-магматической системы. Причем системы особого рода, без «заимствования золота из метатерригенных пород магмами и флюидами» (с.205). Изложенный в этом разделе материал и по Мурунтау и по Кумтору четко обосновывает третье защищаемое положение.

К этой части есть только *ряд мелких замечаний*. Так для Мурунтау автором установлено, что  $\delta^{13}\text{C}$  неоднороднее на месторождении, чем за его пределами, т.е. принцип изотопной гомогенизации не всегда работает? Автор при обсуждении последовательности формирования руд упустил данные Re-Os датирования арсенопирита (Seltman et al., 2012), которые напрямую датируют процесс рудообразования в 270-280 млн лет. Несколько странным кажется также факт утяжеления изотопного состава серы «позднерудных» сульфидов (с. 194), что противоречит кинетике эволюции изотопных равновесий во флюиде (Hoeffs, 1988). Следует также отметить, что приведенный в примере независимости изотопного состава серы позднего магматогенного пирита от раннего седиментогенного рис. 54 б (автореферат рис. 8б) показывает, что его изотопный состав все же меняется в сторону

утяжеления, т.е. взаимодействие было и дополнительный источник серы в системы из вмещающих толщ привносился, что, кстати, как раз и характерно для колымских орогенных месторождений золота.

**Глава 4 (с.220-245)** отражает полученные автором материалы и его сводные представления о флюидном режиме рассмотренных рудообразующих систем, исходя из «принятой автором аксиомы» (с.220) о переносе золота в составе гидросульфидных комплексов. Здесь С.Г.Кряжев предлагает логически увязанную с материалами предыдущих глав концепцию определяющей роли газов ( $\text{CO}_2 + \text{CH}_4$ ) в формировании золотого оруденения в «условиях глубинного гидродинамического режима». Следует заметить, что автор взялся за освященную временем проблему теории рудообразования – роль флюида в переносе полезного компонента и механизм такого переноса. Предлагаемая им довольно стройная модель массопереноса в гетерогенной термостатированной системе весьма интересна, вполне защищаема, но не бесспорна. *Т.е. вызывает дискуссию.* Прежде всего, это касается «барботажа», предполагающего сквозное прохождение газа через жидкость, т.е. по сути говоря – открытую систему минералообразования при формировании крупных месторождений золота и постоянную ее подпитку углекислотно-метановой (по автору) фазой. Мне кажется, что это неочевидно, именно из-за признаваемой автором термостатированности и «гидродинамической застойности» (с.240) рудообразующей системы, что фактически свидетельствует как раз о том, что такая система является закрытой! Еще одним неясным местом в модели является вопрос, а в какой форме было золото в газовой фазе рассматриваемой им гетерогенной системы (с.241-242) и, причем тут гидросульфидные комплексы? И в связи с этим, а что в таком случае автор исследования понимает под флюидом? Так на стр. 243, например, говорится о «газовом и жидком флюиде». Золото связывается исключительно с серой, а как быть с мышьяком, являющимся не менее мощным агентом переноса золота во флюидах (Некрасов, 1991), постоянно присутствующим в золотых рудах рассматриваемого типа?

Тем не менее, рассмотренная глава является логическим обоснованием четвертого защищаемого положения и, оно, несмотря на высказанные претензии, может считаться защищенным, хотя и не бесспорным.

**Глава 5 (с.246-262)** посвящена прикладным аспектам проведенного исследования. Предлагаемый автором комплекс прогнозно-поисковых критериев логично вытекает из рассмотренных в третьей и четвертых главах генетических моделей и вполне обоснован. Показанные примеры применения вполне убедительны, хотя методы достаточно сложные, дорогие в исполнении и требуют привлечения высококвалифицированных кадров. В целом можно признать, что пятое защищаемое положение, имеющее прикладную направленность, в этой главе полностью обосновано. При этом, можно полностью согласиться с автором, что «изотопно-геохимические и термобарогеохимические методы, несомненно, могут реализовать свой потенциал только в составе соответствующего прогнозно-поискового комплекса (ППК), включающего весь арсенал существующих геологических, геофизических и геохимических поисковых методов и технологий» (с.259).

Тем не менее, к материалам этой главы также *имеется определенная дискуссия*, касающаяся роли изотопов свинца. Трудно согласиться с автором, что свинец и золото

«антагонисты» и что «при транспортировке рудного вещества и пути их миграции расходятся» (с.260). Если это так, то почему мы имеем на всех рассматриваемых месторождениях постоянное присутствие галенита в продуктивных минеральных ассоциациях, а изотопия свинца арсенопиритов идентична изотопии свинца галенита? Даже в рудах сухоложского типа включения золота в пирите достаточно часто сопровождаются включениями галенита (см. рис. 16, 42, 65). Совершенно неудачен, на мой взгляд, пример про изотопию серы золото-редкометалльных месторождений Центрально-Колымского района, генетически связанных с гранитоидами. Преобладание исключительно легкой серы в них (с.261) отражает кинетику изотопных равновесий и ничего более. Вместе с тем, можно согласиться с автором, что изотопные параметры не являются важными элементами прогнозно-поисковых работ и не могут давать информацию о масштабности оруденения.

**Заключение (с.263-264)** содержит краткие основные выводы автора, резюмирующие его построения в предыдущих главах. Здесь, в сжатом виде, показываются основные результаты авторской работы.

Переходя к общим положениям отзыва, отмечу, что С.Г.Кряжеву, несмотря на высказанные в соответствующих разделах отзыва замечания и дискуссию удалось разработать логически увязанную концепцию генезиса золоторудной минерализации углеродистых толщ в зависимости от типов геодинамических обстановок формирования руд. Концепция основана на комплексном анализе многочисленных изотопно-геохимических и термобарогеохимических данных, что вносит существенный вклад в копилку наших знаний происхождения руд крупнейших месторождений золота. Это характеризует его диссертацию как завершенную работу, внесшую крупный вклад в понимание не только условий формирования золоторудной минерализации углеродистых толщ разного возраста, но и в целом, в теорию рудообразования. Все изложенное позволяет говорить, что С.Г.Кряжев, несомненно, достоин искомой степени.

Новизной исследования и полученных результатов является введение в научный и информационный оборот огромного массива изотопно-геохимических и термобарогеохимических данных по крупнейшим месторождениям золота, а также разработка оригинальной концепции газо-флюидного переноса золота в глубинных гидродинамических условиях. Новым также является и разработанный автором подход к формированию руд сухоложского типа, опирающийся на данные по изотопии серы и углерода рудных и жильных минералов и органического углерода, доказывающий их конседиментационное, по мнению автора, происхождение.

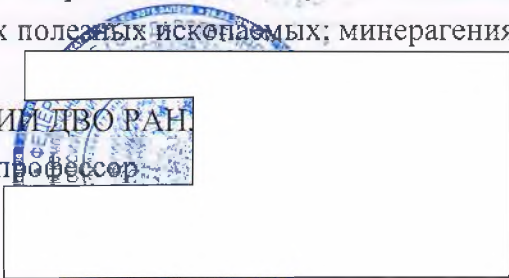
Степень обоснованности и достоверности каждого научного положения, выводов и заключений соискателя, заключается в тех многочисленных докладах на конференциях разного уровня, публикации 2 монографий и 20 статей в журналах списка ВАК. Этот уровень апробации позволяет не сомневаться в достоверности авторских разработок. Все защищаемые положения работы, нашли отражение в публикациях С.Г.Кряжева, и они вполне обоснованы, несмотря на высказанные дискуссионные замечания.

Диссертация своим содержанием полностью обосновывает защищаемые положения. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. По своему содержанию

диссертационная работа отвечает всем квалификационным требованиям искомой специальности.

В соответствие с п.9-14 раздела II «Положения...», она является серьезным научно-квалификационным исследованием, внесшим существенный вклад в познание генезиса важнейшего промышленного типа золоторудной минерализации страны и в теорию рудообразования в целом. Ее автор – Кряжев Сергей Гаврилович заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых; минерагения.

Главный научный сотрудник СВКНИИ ДВО РАН  
член-корреспондент РАН, д.г.-м.н., профессор  
21.08.2017



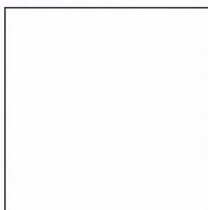
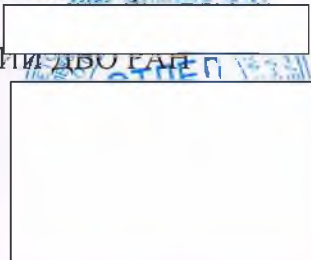
Н.А.Горячев

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](mailto:goryachev@neisri.ru)

Дата оформления отзыва - 21 августа 2017 г.

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

Подпись Н.А.Горячева заверяю  
И.о.зав.ОК СВКНИИ ДВО РАН



Соломенцева Е.А.