

ОТЗЫВ

официального оппонента

о диссертации **Кайгородовой Екатерины Николаевны «ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАДУЖНОЕ (БОЛЬШОЙ КАВКАЗ) И УСЛОВИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ»** представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10. – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Представленная к защите диссертационная работа общим объемом 228 стр. состоит из Введения, девяти глав, Заключение, списка литературы (содержащего 190 наименований). Диссертация проиллюстрирована 124 рисунками и 19 таблицами, размещенными в тексте, 4 таблицы вынесены в Приложения.

Актуальность темы диссертации

В текущем экономико-политическом моменте и в ближайшем будущем приоритетными направлениями развития геологии будут являться поиски и освоение скрытых и слабо проявленных месторождений в регионах с развитой и строящейся инфраструктурой. Отдельное внимание будет уделяться построению и использованию геолого-генетических моделей различных типов оруденения, которые будут способствовать решению этой задачи. Выполненное в диссертационной работе Е.Н. Кайгородовой детальное исследование месторождения Радужное в этом аспекте весьма актуально, поскольку оно вносит вклад в развитие высоколиквидной минерально-сырьевой базы одной из приоритетных территорий Российской Федерации.

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

Соискателем выдвинуты к защите 3 положения.

Первое защищаемое положение построено на результатах изучения магматических пород хуламского вулcano-плутонического комплекса (далее ХВПК), представленные бимодальной ассоциацией габбро+трахиандезибазалты – трахиты+риолиты. На основании изотопно-геохронологических данных автором установлено, что породы комплекса образовались в средней юре (байос – келловей) на завершающем этапе мезозойского тектономагматического цикла развития Большого Кавказа в постколлизийной геотектонической обстановке. Магматические расплавы формировались в обогащенном мантийном источнике и имели геохимические характеристики, близкие таковым для обогащенных базальтов срединно-океанических хребтов (E-MORB). Утверждения первого защищаемого положения обосновываются петрографическими описаниями и петрохимическими данными, проиллюстрированы в тексте работы микрофотографиями и сопровождаются всеми необходимыми диаграммами, приведены спектры распределения микроэлементов и REE для изученных магматических образований ХВПК. С целью определения возраста пород потенциально рудоносного ХВПК автором были изучены зерна цирконов из риолитов и трахитов. Полученные U-Pb датировки (167 ± 4 млн лет для обр. РЦ-5 и 167 ± 3 млн лет для обр. X-13) совпадают в пределах погрешности, что свидетельствует о близком времени формирования кислых и умеренно-кислых магматических образований ХВПК, а K-Ar датирование мономинеральной фракции флогопита из габброидов долины р. Кардан подтвердило среднеюрский возраст и для основных пород хуламского комплекса. Петролого-геохимические данные свидетельствуют о том, что ведущую роль в петрогенезисе пород ХВПК играли процессы кристаллизационной дифференциации, чем обусловлена REE и Nb-Ta специализация ХВПК. На основании полученных данных сделан закономерный вывод, что магматические породы ХВПК (и кислые, и основные разности) близки внутриплитным континентальным образованиям, сформированным на завершающем этапе мезозойской тектономагматической активизации Большого Кавказа, вероятно, уже в постколлизийной геотектонической обстановке после завершения в регионе процессов субдукции и континентальной коллизии.

Второе защищаемое положение декларирует и обосновывает отнесение изученного месторождения Радужное к типу эпитермальных промежуточно-сульфидизированных золоторудных объектов. Положение доказывается результатами изучения минерального состава руд (пирит + халькопирит + сфалерит + галенит + блеклые руды + бурнонит), их пространственной связью с бимодальным континентальным постколлизийным магматизмом повышенной щелочности, невысокой пробностью золота (419–670 ‰) и характером околорудных метасоматических преобразований (формации низкотемпературных гидротермальных аргиллизитов). Минерализация Радужного месторождения изучена автором достаточно детально, выявлены основные минеральные ассоциации и вертикальная зональность оруденения, проведен весь спектр необходимых минераграфических и минералогеохимических исследований, изучены взаимоотношения минералов, установлена последовательность рудоотложения, проведены исследования на сканирующем электронном микроскопе, состав рудных и нерудных минералов определен с помощью микрорентгеноспектрального анализа. Расчеты для сфалерит-тетраэдритового геотермометра показали температуру образования $165 \pm 25^\circ\text{C}$. Всесторонне изучены и жильные минералы. Проведено исследование флюидных включений в барите, где обнаружены первичные, первично-вторичные и вторичные двухфазовые флюидные включения, при этом гомогенизация первичных включений происходила при $213\text{--}230^\circ\text{C}$. Принимая во внимание отсутствие минералов, характерных для высокосульфидизированного (HS) типа месторождений (пирофиллит, аунит и др.), признаки замещения безэпидотовых хлоритовых пропицитов эпитермальными аргиллизитами и интенсивное развитие ССМ типа Pt-Smе автор относит околорудные метасоматиты месторождения к формации эпитермальных аргиллизитов, характерных для большинства месторождений низкосульфидизированного (LS) и промежуточно-сульфидизированного (IS) типов. Полученные автором и рассмотренные в диссертации данные свидетельствуют о том, что образование месторождения Радужное может быть хорошо описано недавно предложенной (Wangetal., 2019) генетической моделью для E-подтипа IS-месторождений.

Выявлению источников рудного вещества месторождения Радужное посвящено **третье защищаемое положение**. Основываясь на полученных минералогических, петролого-геохимических и Pb-изотопных данных автор делает вывод о поступлении рудных компонентов в минералообразующую систему золоторудного месторождения Радужное из нескольких источников. Основным источником Au и Ag при этом, являлись магматические расплавы, образовавшие вулканы хуламского комплекса, тогда как для Pb источниками служили породы палеозойского фундамента и кислые остаточные расплавы хуламского комплекса, Cu извлекалась гидротермальными растворами преимущественно из палеозойских кристаллических сланцев, а Zn из черных сланцев средней юры. Данные выводы сделаны автором на основании Pb-изотопного изучения галенита и валовых проб наиболее распространенных магматических и осадочных пород с привлечением полученных самостоятельно результатов геохимических анализов, проведенных по современным методикам.

В целом, все защищаемые положения и выводы в диссертации всесторонне обоснованы; приведенные автором геологические, петрологические, минералого-геохимические и геохронологические и изотопно-геохимические данные согласуются между собой и получены с помощью современных надежных методов исследований, все важнейшие результаты наглядно проиллюстрированы графиками и приведены в табличной форме.

Новизна и значимость научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В работе Е.Н. Кайгородовой впервые приведена комплексная геолого-петрографическая и минералого-геохимическая характеристика магматических и рудно-метасоматических образований месторождения Радужное, получены первые изотопно-геохронологические данные, которые согласованы с результатами геологических, петрологических и минералого-петрографических исследований, что позволяет получить полную картину рудообразующей системы практически без внутренних противоречий.

Научная значимость полученных результатов несомненна; автором впервые выявлен ряд новых минералов в рудах месторождения, установлены формы нахождения полезных компонентов (Au и Ag), обоснована связь процессов рудогенеза с бимодальным континентальным постколлизийным магматизмом, установлен тип месторождения, а также на основе изотопно-геохимических исследований выявлены источники рудного вещества.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных автором уточненных представлений о геологическом строении и истории геологического развития региона для прогнозных построений и обоснований проведения ревизионных и поисковых работ на новых территориях.

Рекомендации по использованию результатов исследований

Результаты диссертационной работы Е.Н. Кайгородовой могут быть рекомендованы для использования при выполнении геолого-поисковых и прогнозно-ревизионных работ, которые в могут проводиться в пределах Безенгийского рудного района как за счет средств Федерального бюджета, так и недропользователями при оценке глубоких горизонтов и флангов известных рудных полей.

Полнота публикаций соискателя в научной печати

Материалы диссертации в полном объеме представлены в 6 статьях, опубликованных в журналах из списка ВАК, и в 15 тезисах докладов, подготовленных и доложенных на международных и российских конференциях. Личный вклад автора в подготовку диссертации и публикаций преобладающий и не вызывает сомнений, поскольку соискатель является первым автором абсолютно во всех публикациях и докладах.

Автореферат полностью отражает основное содержание работы, суть защищаемых положений и их обоснованность, а также ключевые выводы диссертации.

Замечания

К тексту диссертации имеются небольшие замечания. Отмечается некоторая небрежность в оформлении работы; в тексте часто встречаются опечатки, на некоторых схемах отсутствует масштабная линейка (Рис. 1.3, 1.6, 1.14), иногда допускаются некорректные подписи к рисункам (например, на рис. 1.14 «Полиметаллические месторождения горной части КБР» следовало бы употребить термин «рудопроявления», как правильно указано ниже в подрисуночной подписи), местами отсутствуют пробелы между словами, а в разделе «Заключение» (с.179) нумерация пунктов начинается с 10. Для раздела 7.5. «Исследование флюидных включений» отсутствует формулировка цели проведения этих исследований и какая-либо интерпретация полученных результатов. Одним из обоснований отнесения месторождения к эпитермальному типу является оценка температуры образования рудной минерализации, рассчитанная по тетраэдрит-сфалеритовому геотермометру и составляющая $160 \pm 25^\circ\text{C}$. В то же время температуры гомогенизации первичных включений в барите оказались значительно выше ($213-230^\circ\text{C}$). При этом место барита в рудообразовании не указано. В диссертации отсутствует схема последовательности рудообразования на месторождении, наличие которой весьма важно для понимания процессов его формирования.

Заключение

Диссертация Е.Н. Кайгородовой является полной и завершенной научно-квалификационной работой, в которой продемонстрирован высокий профессиональный уровень знаний, научной и практической подготовки автора. В диссертации решена задача установления генетических аспектов образования месторождения высоколиквидных металлов, которое относится к нетрадиционному рудноформационному типу и расположено в одном из приоритетных регионов нашей страны. В результате проведенных исследований определены условия локализации Au-сульфидной и Au-Ag минерализации, изучен минеральный состав руд и метасоматитов, установлены основные источники рудных компонентов, выявлены генетические связи между магматической активностью и процессами рудогенеза. Полученные автором научные результаты имеют существенное значение для развития знаний о закономерностях эволюции и причинах продуктивности эпитермальных рудно-магматических систем.

Представленная кандидатская диссертация «ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАДУЖНОЕ (БОЛЬШОЙ КАВКАЗ) И УСЛОВИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ» полностью отвечает критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», а ее автор, **Кайгородова Екатерина Николаевна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10. – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Заместитель генерального директора
по научной работе ФГБУ ЦНИГРИ,
кандидат геолого-минералогических наук



Е.А. Наумов
19.09.2022

Сведения об оппоненте:

Наумов Евгений Анатольевич

Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»).

Почтовый адрес: 117545, Москва, Варшавское шоссе, д.129, корп.1

Телефон 8-495-315-18-18 *e-mail:* naumov@tsnigri.ru

Должность: Заместитель генерального директора по научной работе

Ученая степень: кандидат геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

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

Подпись ЗАВЕРЯЮ

Э.Б.

Инженер АУП

Зинчук Е.Б.