

УТВЕРЖДАЮ

и.о. Директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН»



д.г.-м.н. В.Н. Реутский

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН» на диссертацию Культенко Светланы Юрьевны «Физико-химические условия образования корундов месторождения Сутара и особенности их генезиса (ЕАО, Россия)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология и вулканология

Среди драгоценных камней наиболее высокой стоимостью обладают алмаз, рубин, синий сапфир и изумруд. Почти все эти камни встречаются на территории России в виде промышленных месторождений. Но именно по камням из группы корунда наша страна не обладает значительными запасами. В большинстве случаев сапфиры и рубины встречаются в виде находок, имеющих больше минералогическое, чем ювелирное значение. Во введении автор диссертации отмечает, что на балансе числятся только три месторождения ювелирного корунда.

На Дальнем Востоке также обнаружено одно потенциально промышленное месторождение сапфира – Незаметнинское, что делает геологические образования Приморья перспективными на сырье ювелирного сапфира и определяет задачу реконструкции условий образования корундовой минерализации в Приморье. В этом контексте работа С.Ю. Культенко и ее результаты являются актуальными.

В качестве цели исследования было поставлено комплексное изучение корундов месторождения Сутара для выявления особенностей их генезиса и анализа физико-химических условий корундообразования. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- 1) Анализ и обобщение литературных данных о генетических типах месторождений корундов;
- 2) Детальное петрографическое, геохимическое и минералогическое изучение пород месторождения;

3) Минералогическое, термобарогеохимическое и Рамановское исследование марундитов и корундов из россыпи и определение физико-химических параметров процесса их образования;

4) Количественное моделирование процесса корундообразования на месторождении Сутара с помощью программного комплекса «Селектор».

В ходе решения этих задач соискателем был применен комплекс методов исследования, включающий полевой отбор материала из россыпных и коренных проявлений; минералогические исследования с помощью оптической и сканирующей электронной микроскопии, локального рентгено-спектрального микроанализа, рамановской спектроскопии; исследование валового состава пород методами ICP-MS и ICP-AES; исследования флюидных включений в корунде с применением стандартного набора микротермометрических методов и рамановской спектроскопии; построение количественных моделей образования корунда и диаспора. Все эти методы перечислены во введении к диссертации. Однако в работах квалификационного характера следует приводить детальную характеристику использованных методов именно в применении к тому объекту, который изучался в ходе проведения исследований. Удивительным является то, что автор в анализе минералов ограничился только главными компонентами, которые, по сути, только позволяют идентифицировать минерал, и в большинстве случаев мало что говорят о его происхождении. Практически повсеместно автором приводятся формулы минералов «согласно рентгено-спектральному анализу», при этом нигде не обсуждаются способы расчета формул и особенности, касающиеся учета элементов с переменной валентностью. Отсутствие главы «Методы исследований» или соответствующих разделов в имеющихся главах является слабым местом представленной диссертации.

В первой главе соискатель приводит анализ литературной информации о генетических типах месторождений корунда. В главе приведена очень подробная таблица, которая занимает 3 страницы и столько же текста. Для литературного обзора эта глава выглядит слишком лаконичной. Нам не удалось обнаружить в списке процитированной литературы работы известных советских и российских минералогов, которые посвящены генезису корундовых месторождений и проявлений на территории РФ и бывших республик СССР: Россовского Л.Н., Ананьева С.А., Киссина А.Ю. Принимая во внимание тему работы, мы ожидали анализа исследований коллег соискателя Баркар А.В., Высоцкого С.В.

Значительная часть второй главы «Геологический очерк района месторождения Сутара», по сути, является реферативным изложением пояснительной записки к геологической карте масштаба 1:200000. Интуитивно было понятно, что эта глава является геологической основой для интерпретации генезиса корунда по материалам минералогических и термобарогеохимических исследований. В главе большое внимание уделено описанию стратиграфических подразделений и интрузивных образований, развитых в районе исследований. На наш взгляд изложение истории геологической изученности на золото, выглядит избыточным в данной главе. История исследования корундоносности территории имеет непосредственное отношение к теме работы. Из изложенного материала становится ясным, в каких геологических условиях присутствовали корунды и марундиты, которые автор собирал уже в россыпи. Мы считаем, что соискателю следовало глубже проанализировать фондовую информацию и сделать предположение относительно генезиса корундоносных ассоциаций, которое потом можно было бы использовать для обоснования первого защищаемого положения. В главе присутствуют и противоречивые утверждения. Так на стр. 31 и 32 автор сначала заявляет, что корунд присутствует в офикальцит-серпентинитовой метасоматической зоне и, судя по схеме на рис. 2.3, не приурочен к граниту. Далее на стр. 32 утверждается, что «...во всех случаях корундовая минерализация приурочена к гранитоидам...». Имеется ли здесь в виду, что корундовая минерализация присутствует там, где есть гранитоиды или непосредственно в гранитоидах – остается не понятным. Здесь же ожидалось увидеть мнение автора относительно общих особенностей происхождения корундовой минерализации. Автор приходит к выводу, что эта минерализация имеет либо метаморфическое, либо метасоматическое происхождение, однако, именно в этой главе можно было дать геологическое обоснование этому.

Глава 3 «Петрография и геохимия магматических и метасоматических пород месторождения Сутара» является одной из самых объемных. Автором проделана большая работа по анализу структурно текстурных особенностей пород, их химического и минерального состава. В этой главе автор сначала характеризует минералогическо-петрографические особенности всех пород, за исключением корундсодержащих, а потом рассматривает их химический состав. Глава хорошо проиллюстрирована.

На наш взгляд недостатком минералогического материала этой главы является его чисто описательный характер. Описание всех пород выполнено по одной схеме: сначала дается количественное соотношение минералов, а затем их самая общая характеристика. В главе не рассматриваются онтогенетические соотношения минералов в породе, не

выделяются первичные и вторичные парагенезисы, отсутствуют заключения о парагенетических соотношениях разных минералов. В таблицах приведены данные только по главным элементам минералов и практически отсутствуют данные по примесям, которые часто имеют типоморфное значение и позволяют делать генетические и геохимические выводы. Так, например, в ильмените нет данных о содержании Mg, в плагиоклазах часто отсутствуют содержания калия, для апатита приводятся только данные по кальцию, фосфору и фтору и не дается информации по содержанию хлора, марганца, стронция, редкоземельных элементов.

Есть в главе и странные заявления о том, что клинохлор образует шестоватые агрегаты (стр. 44), флогопит содержит фтора 2,4 -2,7 атомных процента (стр. 41), альбитизированный плагиоклаз (стр. 62) и ряд других, которые выглядят как досадные опечатки. На стр. 45 приводится информация о том, что гнейсы биробиджанского комплекса содержат кианит. В то же время на стр. 22 при описании признаков глубокого метаморфизма в сланцах этого комплекса автор упоминает силлиманит. К сожалению, в тексте не обсуждается этот факт, который может свидетельствовать о вполне определенных путях эволюции PT параметров при метаморфизме. Равно как и не приводятся доказательства того, что в образце гранитогнейса биробиджанского комплекса присутствует именно кианит, а не более низкобарические полиморфные модификации Al_2SiO_5 . На стр. 60 приводится характеристика турмалина, который характеризуется как «переходная разновидность от шерла к дравиту». К сожалению, точную диагностику принадлежности к минеральному виду турмалина по той информации, которая есть в таблице 3.9, дать невозможно. Однако, автор должен знать, что шерл и дравит являются минеральными видами группы турмалина, а не разновидностями.

Есть замечания к анализам и формулам минералов, которые приводятся в работе. Автору следовало внимательно проверить все расчеты и согласовать результаты с идеальной стехиометрией минералов. Так избыток Si в турмалине (почти 7 против 6 положенных) или недостаток Si в альбите (2,87 против 3 положенных) при отсутствии в нем кальция, либо являются ошибочными, либо требуют объяснений.

В разделе 3.3. автор приводит свои размышления относительно химических особенностей гранитов и отчасти их генезиса. Так как в работе не предусмотрена глава, посвященная общему обсуждению полученных результатов, такие разделы после существенных глав следует рассматривать как обсуждение данных приведенных в конкретной главе. Мы вынуждены отметить, что, несмотря на соответствие в целом здравому смыслу, обоснование заключений нельзя признать достаточными. Они должны

как минимум содержать аргументы в виде имеющегося фактического материала. Так на каком основании автор утверждает, что на поздней магматической стадии был подток калиевых растворов (стр. 85) нам осталось непонятным. Неочевидно, что это вытекает из вышеизложенного материала, и нет указаний на то, что автор делает это заключение по аналогии с чем-то, что известно из опубликованной научной литературы. То же самое можно отметить относительно заключения о том, что образование турмалина связано с «гранитизацией высокоглиноземистых субстратов» (стр. 85) и то, что «...обогащение гранитов биробиджанского комплекса алюминием произошло при захвате ксенолитов высокоглиноземистых сланцев ... Высокоглиноземистые ассоциации ... могут быть связаны с кислотным (фтор-хлорным) характером флюидных систем...Источником хлора, на наш взгляд, являются глубинные мафические расплавы, которые привели к гранитообразованию» (стр. 86). Все эти заключения, особенно последнее, не могут быть результатом анализа изложенного в главе материала.

Глава 4 «Корунды месторождения Сутара» является основной и призвана раскрыть тему диссертационной работы. В главе изложены собранные автором данные относительно состава, парагенезиса, свойств и условий образования корунда, обнаруженного в россыпях месторождения Сутара в виде отдельных кристаллов или в составе специфических корунд-маргаритовых пород, названных в работе марундитами.

В главе детально разобраны все особенности корунда месторождения Сутара и включений в нем. В отличие от предыдущих глав диагностика минералов-включений осуществлялась в ряде случаев двумя методами (рентгеноспектрального анализа и рамановской спектроскопии), что делает определения более надежными. Помимо минеральных включений автор обнаружил и исследовал флюидные включения, определил их состав и установил в качестве дочерней фазы минерал диаспор. Это важное достижение в значительной степени определяет научную новизну результатов. Наличие диаспора однозначно свидетельствует о том, что минералообразующий флюид содержал воду. Нельзя полностью согласиться с автором, что флюид содержал небольшое количество воды, так как масс-балансовых расчетов она не приводит, несмотря на то, что размер фаз и форма включений это вполне позволяет. То, что вода присутствует во включениях в виде тонкой пленки, является разумным предположением, но совершенно не обоснованным материалами автора.

В качестве замечания следует отметить недостаточную общую характеристику флюидных включений в корунде. Нет рассуждений относительно того, почему автор сочла включения первичными, привязки к зонально-секториальному строению. Эти

рассуждения и описания являются стандартом при изложении материалов по включениям минералообразующих сред и их нельзя игнорировать.

Методами микротермометрии и рамановской спектроскопии автор показал, что помимо углекислоты и воды во включении присутствует метан. Это определяет крайне низкие температуры замерзания содержимого включений. Автор заявляет, что гомогенизация включений невозможна, так как не удастся разложить и растворить диаспор. Но при этом она не приводит температуру частичной гомогенизации флюидной фазы включений, которая позволила бы вычислить реальную плотность законсервированного включения. Определение плотности флюида по расстоянию между пиками диады Ферми, как это делает автор, ссылаясь на работу Frezzotti (2012) не является корректным, так как методика применяется только к включениям чистой углекислоты. Их следует рассматривать только как весьма приблизительную оценку.

Детальное исследование всего комплекса включений в корундах из марундитов и кристаллов из россыпи однозначно показало, что и те, и другие имеют один и тот же коренной источник и связаны с марундитами так или иначе. Этот вывод подтверждается исследованием геохимических особенностей корунда, которые рассматриваются в разделе 4.2.4. Автор приходит к выводу, что по своим геохимическим особенностям корунд месторождения Сутара близок к корундам метаморфического и метасоматического генезиса.

Помимо минералогических и термобарогеохимических характеристик корунда, автор приводит геммологическую информацию о нем, как о драгоценном камне. Фотографии подтверждают, что корунд месторождения Сутара может рассматриваться как ювелирный сапфир. Это придает результатам исследования практическое значение. В качестве замечания следует сказать, что автору следовало рассчитывать на неподготовленную аудиторию и дать расшифровки аббревиатур характеристик цветности (стр. 103), применяемых в классификации цвета Американского геммологического института (GIA). Обычно в подобных случаях определяют координаты цветности и иллюстрируют их нанесением на диаграмму цветности Международной Комиссии по Освещению (CIE). Такой подход позволяет сопоставить цветность сапфиров месторождения Сутара с сапфирами из известных месторождений Ю-В Азии и других регионов.

К сожалению, несмотря на то, что предыдущие главы содержат необходимый материал, раздел 4.3. «Результаты и выводы» обладает теми же недостатками, что и аналогичный раздел в главе 3. В нем в сжатом виде приводится содержание всей главы без

обсуждений, основанных на привлечении собственного фактического материала и результатов исследований, имеющихся в литературе. Совершенно очевидно, что геохимические диаграммы не позволяют автору разделить сапфиры метасоматического генезиса, который напрашивается из результатов, и метаморфического генезиса, который также нельзя исключать, опираясь на данные по геологическому строению территории. В то же время предположение относительно метасоматического генезиса можно сделать, опираясь на минералогию включений в сапфире. Ведь наличие в сапфире включений плагиоклаза и его отсутствие в парагенезисе марундитов является признаком того, что сами марундиты могли быть результатом метасоматических преобразований корундовых плагиоклазитов, о которых на основании данных предыдущих исследований автор пишет в главе 2.

Глава 5 «Количественная физико-химическая модель образования корундовых плагиоклазитов, марундитов и корундов» также является основной главой диссертации. В ней опираясь на минералогические наблюдения, автор предпринимает попытку разработать физико-химическую модель образования марундитов, корундовых плагиоклазитов и мономинеральных корундов с использованием программного комплекса «Селектор», вернее его современной версии «Селектор-Windows», созданного под руководством И.К. Карпова и развиваемой в настоящее время Чудненко К.В. в ИГХ СО РАН (г. Иркутск). В качестве процесса диссертант рассматривает метасоматическое преобразование альбитизированного гранита на контакте с карбонатной породой, под воздействием хлоридного флюида. В результате удалось смоделировать образование метасоматических зон - андалузит-кварцевой с плагиоклазом и небольшим количеством кордиерита, корунд-маргаритовой с небольшим количеством гроссуляра и флогопита; корунд-гроссуляровой с флогопитом (табл. 5.4). Для объяснения высоких содержаний корунда автором рассчитана инфильтрационная модель, имитирующая взаимодействие флюида с марундитами, в результате чего при последовательном возрастании отношения W/R (флюид/марундит) происходит исчезновение (растворение) биотита, граната и маргарита и увеличивается содержание корунда.

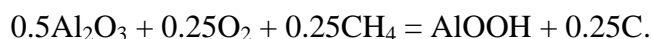
Разработанная модель образования корунда на контакте реагирующих пород вызывает множество замечаний и дискуссионных вопросов, связанных с тем, что в предыдущих главах автор не привел аргументов и фактов, которые в последствие помогли бы ему обосновать выбор состава флюида в самой модели. Из приведённого состава флюида в табл. 5.3 не видно соответствия с данными исследования флюидных включений

в корундах. Согласно этим данным, флюид был водно-углекисло-метановый и содержал алюминий. В первичном модельном флюиде алюминий отсутствует.

Автор вводит в состав минералообразующего флюида хлор, но при этом ни из исследования флюидных включений, ни из других данных автора или литературного анализа не следует, что этот компонент играл значимую роль в образовании сапфиров месторождения Сутара. Логичнее ввести фтор в состав модельного флюида или породы (табл.5.1 и 5.3), поскольку фтор-апатит присутствует во всех изученных породах (глава 3). Кроме этого, если опираться на заключение о «маловодности» флюида встает вопрос о растворении значимых количеств хлора в углекислотно-метановом флюиде. Это требует отдельного обсуждения, которое автор не приводит.

Автору следовало также обсудить проблему генезиса флюида. Например, был ли это флюид, отделяющийся при кристаллизации высокоглиноземистого расплава ордовикских гранитов или флюид имел метаморфогенное происхождение? Или это был флюид, возникший в результате реакционного преобразования высокоглиноземистых гранитов на контакте с карбонатными породами? В последнем случае состав флюида можно было рассчитать, моделируя взаимодействие алюмосиликатных пород с разным количеством карбонатных пород, что имитировало бы процесс твердофазной диффузии и появление флюидной или газовой смеси и гидротермального раствора при соответствующих Т, Р-параметрах. Возможны также и другие сценарии, учитывающие вероятность смешения флюидов из разных источников. Все это также требует особого обсуждения при формулировании модели.

В системе, содержащей углерод, реакция диаспор-корунд, вместо приведенной $0.5\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.5\text{H}_2\text{O} = \text{AlOOH}$, может быть представлена другими реакциями:



Константы этих реакций зависят от Т, Р параметров и от фугитивностей O_2 , CH_4 , CO_2 . Оценка температуры в этом случае будет более сложной и требует учета дополнительных факторов.

В списке литературы отсутствует ряд важных работ по моделированию составов растворов, вызывающих различные метасоматические преобразования пород:

Борисов М.В., Шваров Ю.В. Термодинамика геохимических процессов. – М.: МГУ, 1992. – 256 с.

Борисов М.В. Геохимические и термодинамические модели жильного гидротермального рудообразования. – М.: Научный мир, 2000. – 360 с.

Шарапов В.Н. Развитие эндогенных флюидных рудообразующих систем. Новосибирск: Наука. 1992. 144с.

Знание работ этих авторов и разработанных ими моделей помогло бы диссертанту разработать варианты других моделей для своих исследуемых объектов.

Следует заметить, что на защиту представлена очень сложно построенная диссертационная работа. Вероятно, упрощение подхода и локализация задач в области исследования минералогии и включений в корундах позволило бы избавиться от многих из заданных вопросов и сняло ряд дискуссионных моментов. Автор продемонстрировал свою способность к работе со сложным в генетическом и аналитическом планах материалом, владение большим количеством методов исследования минералов и термодинамического моделирования процессов минералообразования. В работе содержатся материалы и факты, которые позволяют считать доказанными все три защищаемых положения. Результаты исследования изложены в журналах, рекомендованных ВАК для опубликования результатов диссертационных исследований. Они докладывались на различных международных и отечественных совещаниях. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Все это позволяет заключить, что работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология и вулканология, а соискатель – присуждения искомой ученой степени.

доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории термобарогеохимии

доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории прогнозно-металлогенических исследований


Томиленко Анатолий Алексеевич

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ
КАНЦЕЛЯРИЕЙ
ПАЛЬЯНОВА
Е.Е.
26.11.2018г.
Пальянова Галина Александровна

Отзыв рассмотрен и одобрен в качестве официального на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН». Протокол № 11 от 26 ноября 2018 года