

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Одинаева Шарифджона Ахтамджоновича «Закономерности локализации ювелирного скаполита и рудной минерализации на Черногорском месторождении, Центральный Памир (Таджикистан)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Развитие рынка цветных камней требует поиска новых месторождений камнесамоцветного сырья, а также доразведку уже известных и эксплуатирующихся. Группа скаполита объединяет в себе природные тетрагональные аллюмосиликаты с общей формулой $M_4[T_{12}O_{24}]$ (где $M = \text{Na}, \text{K}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Fe}^{2+}$; $T = \text{Si}, \text{Al}, (\text{Fe}^{3+})$; $\emptyset = \text{Cl}, (\text{CO}_3), (\text{SO}_4)$) и в настоящее время представлена изоморфным рядом мариалит–мейонит, а также минералом сильвиалитом.¹ При этом, представители данной группы обладают хорошими ювелирными характеристиками,² а наибольший интерес привлекают окрашенные разновидности цвет которых зависит от примесей и может быть желтой, розовой и фиолетово-синей.^{2,3,4,5} Подобные ювелирные разновидности скаполита встречаются в различных регионах мира, в том числе, в месторождениях Памира.⁶ Таким образом, актуальность работы не вызывает сомнений, поскольку расширяет представления о локальных особенностях распределения залежей минералов группы скаполита в пределах месторождения, а также особенностях их химического состава.

Диссертация Одинаева Ш.А. продолжает начатое ранее его научным руководителем систематическое изучение месторождений камнецветного сырья Центрального Памира^{7,8} и посвящена детальному геологическому изучению генезису Черногорского месторождения Центрального Памира (Таджикистан) и установлению особенностей образования и локализации ювелирного скаполита, а также сопутствующей рудной минерализации. Исследования выполнены с использованием комплекса современных методов изучения

¹ Sokolova E., Hawthorne F.C. The crystal chemistry of the scapolite-group minerals. I. Crystal structure and long-range order // Can. Mineral. 2008. V. 46. P. 1527–1554.

² Смит Г. Драгоценные камни: Пер. с англ. М.: Мир. 1984. 558 с.

³ Couper A.G. Colour as a guide to the composition of scapolite from Burma // J. Gemmology. 1991. V. 22. P. 259–263.

⁴ Superchi M., Pezzotta F., Gambini E., Gastaman E. Yellow scapolite from Ihosy, Madagascar // Gems & Gemology. V. 46. P. 274–279.

⁵ Таран М.И., Таращан А.Н., Платонов А.Н. и др. // Зап. ВМО. 1989. Ч. 118. Вып. 1. С. 90–100.

⁶ Золотарев А.А. Ювелирный скаполит с Восточного Памира и некоторые общие особенности конституции скаполитов // Зап. ВМО. 1993. Ч. 122. Вып. 2. С.90–102.

⁷ Литвиненко А.К., Барнов Н.Т. Генетические типы скаполита музкольской метаморфической серии (Центральный Памир) // Изв. ВУЗов. Геол. Разведка. 2011. № 4. С. 50–66.

⁸ Литвиненко А.К., Монсеева С.Б., Шарифи Д.Д. Две генерации скаполита месторождения рубина Снежное, Центральный Памир // Изв. ВУЗов. Геол. Разведка. 2017. № 1. С. 82–86.

вещества и включали в себя рентгенодифракционный, микрорентгеноспектральный, рентгенофлюoresцентный, масс-спектрометрический с индуктивно связанный плазмой (ИСП-МС), а также силикатный анализы. Подобный набор аналитических методов позволяет получать надежные и достоверные данные с высокой точностью.

Диссертация Одинаева Ш.А. состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 157 наименований. Общий объем диссертации составляет 139 страниц, включая 21 таблице и 42 рисунка.

Во **Введении** автор доказывает актуальность работы, определяет ее цели и задачи, рассматривает научную новизну и практическую значимость полученных результатов, приводит данные об апробации работы на различных международных и отечественных конференциях, количество опубликованных работ, указывает личный вклад в исследованиях, формулирует также основные защищаемые положения, которые раскрываются в последующих главах.

В **первой главе** дана общая географическая характеристика территории Черногорского месторождения, приводятся физико-географическая и схематическая тектоническая карты Памира, охарактеризованы климат, природные зоны и поверхностные воды. Кратко приводятся данные о численности и плотности населения в районе, а также промышленности.

Во **второй главе** детально описана история изучения Центрального Памира и открытия Черногорского месторождения.

В **крупной третьей главе** приводится детальное описание геологического строения Восточной части Центрального Памира. Охарактеризовано тектоническое положение Центрального Памира, указано положение Черногорского месторождение в тектонической структуре Памира. Территория месторождения расположена в Музкол-Рангульским антиклиниории, на юго-западном фланге Шатпутского блока. Вещественной основой антиклиниория является музкольский метаморфический комплекс (серия), разрез которого снизу вверх составлен четырьмя свитами: шатпутской (в настоящее время сассыкская), белеутинской, сарыджилгинской и бурулюкской. На основе ранее опубликованных данных⁹ детально описаны стратиграфия музкольской, охарактеризованы магматические комплексы, которыми сложена музкольская серия и приведены их средневзвешенные химические составы, а также тектоно-метаморфические циклы. Показано, что основными полезными ископаемыми рассматриваемой части Центрального Памира являются месторождения самоцветов, которые сосредоточены в контурах метаморфических пород

⁹ Расчленение стратифицированных и интрузивных образований Таджикистана. Душанбе: Дониш. 1976. 207 с.

музкольской серии и характеризуются метаморфическим, пегматитовым, гидротермально-метаморфическими генетическими типами.¹⁰ Месторождения и проявления скаполита приурочены к мраморам, кристаллическим сланцам и гнейсам сарыджилгинской свиты музкольской серии – породам амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма. Приводится температура кристаллизации скаполита как в скаполитовых, так и во вторичных полостях на основе литературных данных. При этом отмечается тесная связь скаполитовых залежей с ювелирным скаполитом с темными сланцами, которые являются вмещающими породами для второй группы скаполитовых месторождений. Кроме скаполитовых месторождений отмечаются также геохимические аномалии золота и редкоземельных элементов.

В четвертой главе приводится детальный геологический анализ Черногорского месторождения. Глава состоит из нескольких крупных разделов. В разделе 4.1. описывается геологическое строение. Показано, что вмещающие породы представлены двумя типами: темные (которые делятся на две генетические группы – магматическую и метасоматическую) и светлые породы. Магматическая группа темных пород представлена гарцбургитом. Светлые породы представлены альбититами, а также многочисленными секущими и согласными карбонатными телами. Глава содержит данные о валовом химическом составе пород и отдельных минералов, а также большое число иллюстраций, характеризующие взаимоотношения между минералами. В разделе 4.2 приведены особенности минерального состава пород. Показано, что главным породообразующими минералами являются амфиболы, которые присутствуют во всех породах комплекса. Вторым, третьим и четвертым по количеству идут черная слюда, кислый плагиоклаз и скаполит, соответственно. Для всех минералов (породообразующих и акцессорных, в том числе рудных) приводятся данные об их химическом составе. В разделе 4.3. приведены данные о строении и вещественном составе залежей с ювелирным скаполитом. Показано, что он локализован в 28 линзовидных телах длиной 5–8 м и мощностью до 1–2 м (средняя – 0.3 м). Установлено, что ювелирный скаполит Черногорского месторождения относится к мариалиту, содержащему около 10 % мейонитового минала. Кристаллы имеют фиолетовую, сиреневую, жёлтую, розовую, дымчатую окраску или бесцветны. Гамма-облучение увеличивает интенсивность сиреневой и розовой окраски, а жёлтая меняется на сиреневую. В разделе 4.4 обсуждается генезис Черногорского месторождения. Предложена модель его формирования: образование докембрийских нефелиновых сиенитов → развитие по ним альбититов → рост на стенках пустот шестоватого (неювелирного) скаполита →

¹⁰ Литвиненко А.К. Нуристан-Южнопамирская провинция докембрийских самоцветов // Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46. № 4. С. 305–312.

кристаллизация в пустотах ювелирного скаполита и альбита-клевеландита. Анализ геологии известных месторождений ювелирного скаполита позволил предположить, что мариалитовые и мейонитовые проявления генетически различны.

К данной главе имеются следующие замечания:

- В Табл. 4.1 (продолжение) и др. приводятся эмпирические формулы, которые, при этом, не всегда сбалансированы по заряду. Называть их кристаллохимическими без проведения рентгеноструктурного анализа преждевременно. Во всех формулах есть неточности, связанные с отсутствием знака « Σ » (например, должно быть $(\text{Mg}_{1.55}\text{Fe}_{0.42})_{\Sigma 1.97}[\text{Si}_{0.99}\text{O}_4]$ вместо $(\text{Mg}_{1.55}\text{Fe}_{0.42})_{1.97}[\text{Si}_{0.99}\text{O}_4]$).
- Группа метасоматических темных пород (амфиболитов) сложена, в основном, амфиболом, близким по составу к амфиболу из гарцбургитов. Диссертант охарактеризовал его как гастингсит, тем не менее, согласно современной номенклатуре минералов надгруппы амфиболов¹¹ в породах встречается магнезио-ферри-горнблендит (состав 15, Табл. 4.6), магнезио-гастингсит (состав 16, 21, 22, Табл. 4.6), паргасит (составы 17, 18, 20, Табл. 4.6), актинолит (состав 19, Табл. 4.6), ферро-ферри-саданагит (состав 23, Табл. 4.6), а также . потенциально новый минеральный вид ферри-тарамит с идеализированной формулой $\text{Na}(\text{CaNa})(\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+})_2(\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ (эмпирическая формула для состава (6) из Табл. 4.1 имеет вид: $^A(\text{Na}_{0.596}\text{K}_{0.22})_{\Sigma 0.816}$ $^B(\text{Ca}_{1.861}\text{Na}_{0.074}\text{Fe}_{0.065})_{\Sigma 2}$ $^C(\text{Mg}_{2.296}\text{Fe}^{2+}_{1.875}\text{Fe}^{3+}_{0.353}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{0.152}\text{Ni}_{0.012}\text{Co}_{0.007}\text{Cr}_{0.005})_{\Sigma 5}$ $(\text{Si}_{6.245}\text{Al}_{1.729}\text{P}_{0.026})_{\Sigma 8}\text{O}_{22}$ $((\text{OH})_{1.868}\text{Cl}_{0.132})_{\Sigma 2}$). Кроме того, магнезио-ферри-горнблендит хоть и был ранее описан,¹² но не проходил формальную процедуру утверждения в качестве самостоятельного минерального вида.
- На Рис. 4.4. и др. не хватает изображений в скрещенных николях.
- Реакция образования содалита по нефелину не полная.
- Химические составы содалитов (Табл. 4.7) характеризуются завышенными суммами (>100 мас. %). Кроме того, для минералов группы содалита характерно наличие воды, а также других внекаркасных группировок, например, SO_4^{2-} или CO_3^{2-} (что нельзя исключать, поскольку в породах встречены карбонаты).
- Для ювелирных скаполитов следовало бы привести данные оптической спектроскопии.

¹¹ Hawthorne F.C. Oderti R., Harlow G.E. et al. Nomenclature of the amphibole supergroup // Am. Mineral. 2012. V. 97. P. 2031–2048

¹² Зарубина Е.С. Аксенов С.М., Чуканов Н.В., Расцветаева Р.К. Кристаллическая структура магнезио-ферри-горнблендита $\square\text{Ca}_2(\text{Mg}_4\text{Fe}^{3+})_2[\text{Si}_7\text{Al}_1]\text{O}_{22}]_{\text{OH}}_2$ // Доклады РАН. 2016. Т. 470. № 1. С. 43–49.

В пятой главе приводятся данные об особенностях геохимической аномалии Co–Ni, Ti, Nb, W, REE в контурах месторождения. Установлено, что в минералах Черногорского месторождения всегда присутствуют высокие примеси Co и Ni, что возможно рассматривать как типоморфный признак. Co-Ni минерализация является унаследованной от первичных магматических пород кукуртского комплекса. Также отмечается повышенное содержание TiO_2 в амфиболах и черных слюдах, а наиболее высокие содержания титана наблюдаются в амфиболитах до 6.4 мас. %

В заключении приводятся основные выводы:

- Проведенные исследования позволяют рекомендовать Министерству геологии и Министерству промышленности Республики Таджикистан месторождение ювелирного скаполита Черногорское как комплексный объект на Co-Ni сырьё, на котором требуется проведение первоочередных поисково-оценочных работ.
- Установлено, что метасоматические карбонатиты месторождения Черногорское, имеют пространственную и, вероятно, генетическую связь с гарцбургитами, габброидами и нефелиновыми сиенитами.
- Детально охарактеризованы минералы пород черногорского месторождения и предложена последовательность процессов на месторождении.

Результаты исследований опубликованы в 13 печатных работах, включая 9 статей, 5 из которых опубликованы в журналах, рекомендованных перечнем ВАК РФ.

Приведенные в отзыве замечания не являются критическими и не влияют на общее благоприятное впечатление от содержания, изложения и оформления диссертации. На наш взгляд они лишь подчеркивают ее актуальность и показывают некоторые интересные пути продолжения исследований. Полученные данные оригинальные и существенным образом расширяют сведения о генезисе ювелирного скаполита.

Таким образом, диссертационная работа полностью соответствует п. 1. «Условия образования месторождений твердых полезных ископаемых (геология и генетические модели, геодинамические и формационно-магматические условия образования и закономерности пространственного размещения эндогенных месторождений; метаморогенные месторождения: геологические и физико-химические условия формирования метаморфических и метаморфизованных месторождений) и п. 4. «Прогнозирование, поиски, разведка и геолого-экономическая оценка месторождений (методология прогнозирования и оценки ресурсов полезных ископаемых)», «Положения о порядке присуждения ученых степеней» паспорта научной специальности 25.00.11-

геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения, Постановления правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.

Диссертант, Одинаев Шарифджон Ахтамджонович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11-геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Официальный оппонент
Аксенов С.М.*

06.07.2020г.



Аксенов С.М. заверено.

Заведующим РК Сергеем Михайловичем

Я, Аксенов Сергей Михайлович, даю
согласие на выполнение своих персональных
данных в документах, связанных с работой
диссертационного совета и их дальнейшую
организацию

06.07.2020г.

* Аксенов Сергей Михайлович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории природоподобных технологий и техносферной безопасности Арктики Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», 184209, г. Апатиты, Мурманская обл., ул. Ферсмана, д. 14; e-mail: aks.crys@gmail.com