



Электронная версия доступна на сайте
[www.fmm.ru/Новые данные о минералах](http://www.fmm.ru/Новые_данные_о_минералах)

Минералогический музей
имени А.Е. Ферсмана РАН

Новые данные о минералах, том 57, вып. 1 (2023), 5–13

НДМ

Минералогия и генезис каритов Мурунского комплекса

Плечов П.Ю.¹, Ушакова С.А.², Щербаков В.Д.²

¹Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Карит относится к семейству силекситов и до сих пор являлся одной из немногих пород этого семейства, магматический генезис которой не подвергался сомнению. В работе изучен эталонный образец карита Мурунского щелочного комплекса из научно-исследовательского фонда Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана. Порода состоит из кварца (73 об.%), эгирина (4 об.%), ортоклаза (23 об.%) и ряда аксессуарных минералов, характерных для фенитов (нарсарсукиит, стисиит-туркестанит, дэлиит и др.). Крупные идиоморфные кристаллы кварца с многочисленными ориентированными вростками эгирина создают внешнее сходство с порфировой структурой эффузивных пород. Условия формирования породообразующих минералов отвечают относительно низкой температуре (< 400 °С). Возможно, порода сформировалась при проработке богатым кремнеземом флюидом/коллоидом/гелем грорудитового или эгиринового субстрата. Изучение карита Мурунского комплекса не выявило ни одного признака магматического генезиса этих пород. Можно заключить, что кариты, подобно многим другим представителям семейства силекситов, имеют не магматическую, а гидротермально-метасоматическую природу.

Ключевые слова: Мурунский комплекс, силекситы, кварц, стисиит, туркестанит, нарсарсукиит.

Введение

Карит – редкая и необычная порода, состоящая из крупных кристаллов кварца с вростками эгирина, погруженных в мелкозернистую массу, сложенную калиевым полевым шпатом, эгирином и альбитом. Главными критериями выделения этих пород являются крайне высокое содержание SiO_2 (80–92 мас.%) и их структурно-текстурные особенности, выраженные в хорошо оформленных крупных (1–3 мм в диаметре) кристаллах кварца с многочисленными вростками эгирина (рис. 1). Количество кварца в породе достигает 80 об.%.

Впервые кариты были найдены А.Э. Гедройцем в аллювии реки Кары (притоке реки Шилки в Забайкальском крае) и описаны А.П. Карпинским (Карпинский, 1903). Позже кариты были обнаружены в различных районах Восточного Забайкалья, Якутии и Иркутской области (Конев, Феоктистов, 1998). А.П. Карпинский (1903)

сделал детальные петрографические описания двух образцов, сравнил их с многочисленными находками пород семейства грорудитов и предположил, что кариты являются экстремально обогащенными кварцем представителями серии жильных пород тингуаит – грорудит – кварцевый грорудит – карит. Действительно, во многих описанных объектах грорудиты, кварцевые грорудиты и кариты связаны фациальными переходами (Конев, Феоктистов, 1998).

В кварце из кварцевых грорудитов района реки Кары, формирующих с каритами единую серию, были обнаружены многочисленные флюидные включения (Волкова и др., 2016). Они были гомогенизированы в жидкость при 350 °С, их соленость соответствует 4.2 мас.% NaCl экв., а плотность – 0.64 г/см³, что соответствует давлению 1.6 кбар (Волкова и др., 2016). Расплавные включения в

кварцевых грорудитах и каритах не описаны. Присутствие во время кристаллизации кварца жидкого и относительно низкотемпературного плотного флюида при отсутствии расплавных включений ставит под вопрос магматический генезис данных пород.

В данной работе мы изучили минеральный состав карита и текстурные особенности кварца. Особое внимание было уделено аксессуарным минералам как индикаторам процессов минералообразования.

Образцы и методы

В настоящей работе был изучен образец карита из коллекции А.А. Конева (ИЗК СО РАН, Иркутск), переданный в коллекцию Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН и зарегистрированный в научно-исследовательском фонде музея с номером FMM_FN_669. Образец отобран в дайке грорудитов, находящейся в пределах тела эруптивной брекчии с грорудитовым цементом. Эта дайка находится среди архейских гранито-гнейсов и сланцев, примерно в 300–400 метрах от контакта с щелочными гранитоидами Кедрового массива (Конев, Феоктистов, 1998).

На рис. 1 представлен общий вид образца исследованного карита. Многочисленные кристаллы кварца хорошо обособлены и имеют зеленоватый оттенок за счет вростков эгирина.

Состав минералов определен энергодисперсионным электроннозондовым анализом (спектрометр Oxford X-MaxN с площадью кристалла 50 мм², установленный на электронный микроскоп JEOL IT-500) в лаборатории локальных методов исследования вещества кафедры петрологии и вулканологии геологического факультета МГУ. Анализ проводился при ускоряющем напряжении 20 кэВ и токе зонда 0.7 нА. В качестве стандартов

использованы природные силикаты (Jarosevich et al., 1980) и синтетические оксиды металлов.

Спектры комбинационного рассеяния были получены с помощью конфокального рамановского микроскопа JY Horiba XPLORA Jobin (кафедра петрологии и вулканологии геологического факультета МГУ), оборудованного двумя лазерами (532 и 785 нм) на основе поляризованного микроскопа Olympus BX41. Рабочая температура CCD (IVAC Andor CCD) детектора –51 °С, охлаждение производится с помощью элементов Пельтье. Накопление спектров производилось при возбуждении лазером с длиной волны 532 нм и мощностью 25 mW (измеренная на образце 12 mW), объективе 100x (пространственное разрешение < 1 мкм), размере щели спектрометра 100 мкм, конфокального отверстия 300 мкм. Съемка проводилась в диапазоне от 200 до 4000 см⁻¹ с использованием спектральной решетки 1800T (1800 линий на мм). Спектры накапливались на полированной поверхности кристаллов в произвольной ориентировке. Время накопления каждого окна спектра составляло 60 сек (3 раза по 20 сек) в режиме автоматической склейки окон с перекрытием 100 линий. Первичная обработка спектров производилась в программе LabSpec, ver. 5.78.24.

Результаты

Породообразующими минералами в изученном образце являются кварц, эгирин и калиевый полевой шпат. Модальный состав породы определен с помощью баланса масс по всем петрогенным компонентам. Валовый анализ образца приведен в (Конев, Феоктистов, 1998). Состав кварца принят как 100% SiO₂, для эгирина и калиевого полевого шпата взяты усредненные значения из 10 анализов на каждый минерал. Сумма квадратов отклонений

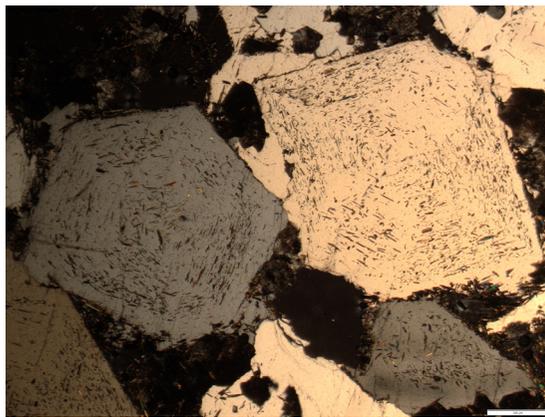


Рис. 1. Общий вид карита. Слева – сканированная поверхность образца, грань масштабного кубика 1 см, справа – фотография шлифа, выполненная в скрещенных николях, масштабная линейка 0.5 мм.

измеренного и рассчитанного составов составила менее 0.14. Объемные содержания рассчитывались с учетом плотности кварца (2.65 г/см^3), эгирина (3.6 г/см^3) и ортоклаза (2.56 г/см^3). Изученный образец содержит кварц (73 об.%), эгирин (4 об.%), калиевый полевой шпат (23 об.%), а также акцессорные нарсарсукид, дэлиит, туркестанит, грэйит, ванадийсодержащий рутил, свинецсодержащий магнетит и др.

Кварц формирует правильные кристаллы (1–2 мм в поперечнике) с шестиугольными сечениями. Кварц встречается только в крупных кристаллах, а в матрице породы отсутствует. Все разрезы изометричны и, как отмечают предыдущие исследователи (Карпинский, 1903; Конев, Феоктистов, 1998), соответствуют бипирамидальному габитусу кристаллов. Грани четкие, без заливообразных очертаний, характерных для кварца эффузивных и субвулканических пород. В некоторых кристаллах кварца заметно секториальное строение (рис. 2), которое подчеркивается неодновременным погасанием кристаллов в скрещенных николях, неоднородным распределением вростков эгирина и выростами отдельных секторов за контуры идеального кристалла.

Кристаллы кварца не обнаруживают никаких признаков катодолюминесцентного свечения, содержание Al и Ti находится ниже порога обнаружения (0.04 и 0.03 мас.% соответственно). В кристаллах кварца были обнаружены флюидные включения (около 20 мкм в диаметре) сходные с описанными в (Волкова и др., 2016). Расплавных включений в просмотренных шлифах не обнаружено.

Эгирин представлен мелкими (до 200 мкм) удлиненными призматическими кристаллами, большая часть которых находится в виде вростков в кварце, но также может формировать скопления в межзерновом пространстве (рис. 3). Явной корреляции между размером зерен, их положением по отношению к центрам кристаллов кварца и их составами не наблюдается, однако наиболее крупные зерна (около 200 мкм) чаще встречаются в межзерновом пространстве или в краевых частях зерен кварца. Состав эгирина варьирует в очень узком диапазоне: $\text{Aeg}_{(81.4-89.3)} \text{Di}_{(5.9-9.2)} \text{Hed}_{(2.8-14.4)}$. Средний из 15 анализов состав при расчете на 4 катиона соответствует кристаллохимической формуле $(\text{Na}_{0.93} \text{Ca}_{0.06})_{0.99} (\text{Fe}^{3+}_{0.71} \text{Fe}^{2+}_{0.10} \text{Mg}_{0.08} \text{Ti}_{0.08} \text{Al}_{0.01} \text{V}_{0.01} \text{Mn}_{0.01})_{1.00} [\text{Si}_{2.01} \text{O}_6]$. В эгирине исследованного карита отмечаются устойчивые примеси TiO_2 (2.2–3.7 мас.%), Al_2O_3 (0.14–0.39 мас.%), V_2O_5 (0.13–0.26 мас.%) и MnO (0.20–0.48 мас.%) (табл. 1).

Калиевый полевой шпат также однороден по составу. Он содержит 96–99% ортоклазового и 1–4% альбитового минералов. Содержание

железа незначительно – до 0.36 мас.% Fe_2O_3 , а содержание кальция во всех анализах ниже порога обнаружения (табл. 1).

На рис. 4 показаны представительные спектры комбинационного рассеяния породообразующих минералов. Спектр кварца соответствует α -кварцу калиевого полевого шпата – ортоклазу.

Из акцессорных минералов наиболее распространен минерал группы стисииита, который образует мелкие (5–10 мкм) хорошо оформленные зерна, равномерно распределенные в кристаллах кварца (рис. 5а). Анализы этого минерала и других акцессорных силикатов приведены в Supplementary к статье. Общая формула минералов группы стисииита может быть представлена в виде $\text{AB}_2(\text{K}_{1-x} \square_x) \text{Si}_8\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где полиэдры А заняты Th, U и REE, полиэдры В – Na, Ca и другими двухвалентными катионами, а вода может присутствовать в цеолитоподобных каналах (Kaneva et al., 2023). На

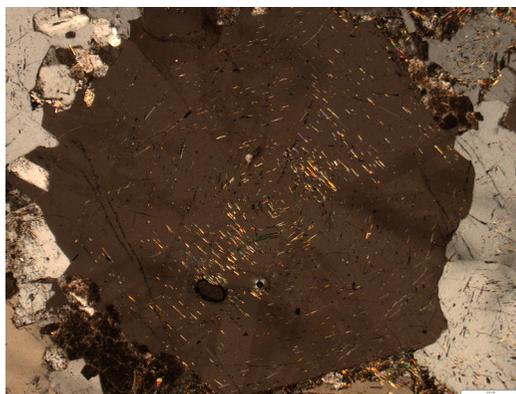


Рис. 2. Секториальное строение кристалла кварца в карите. Хорошо видно секториальное распределение в кристалле кварца вростков эгирина. Фотография в проходящем поляризованном свете, николи скрещены, масштабная линейка 500 мкм. Обр. FMM_FN_669.



Рис. 3. Вростки эгирина в кварце и в межзерновом пространстве в карите. Фотография в проходящем поляризованном свете, николи скрещены. Масштабная линейка 100 мкм. Обр. FMM_FN_669.

спектрах комбинационного рассеяния не выявлены колебания в диапазоне 3200–3600 см⁻¹, которые могли бы свидетельствовать о присутствии воды, поэтому мы считаем этот минерал безводным. Формула, нормированная на 8 атомов кремния, может быть представлена в виде $(Th_{0.78-0.92} U_{0.05-0.08} REE_{0.07-0.12})_{0.95-1.10} (Na_{0.76-1.0} Ca_{0.88-1.02})_{1.64-2.03} (K_{0.87-1.0} □_{0-0.13}) Si_8 O_{20}$. Отношение Ca/Na минерала варьирует от 0.98 до 1.31, что является промежуточным между стисиитом $K_{0.3} (Na, Ca)_2 ThSi_8 O_{20}$ и

туркестанитом $(K, □)(Ca, Na)_2 ThSi_8 O_{20} \cdot nH_2O$. При этом калия значительно больше (0.87–1.00 ф.е. в пересчете на 8 атомов кремния), чем указано в формуле стисиита.

Кристаллы нарсарсукиита имеют прямоугольные сечения (рис. 5б), размер от 10 до 200 мкм и отвечают формуле $(Na_{3.48-388} K_{0.06-0.1})_{3.56-3.94} (Ti_{1.46-1.50} Fe_{0.34-0.42} Al_{0.04-0.06} Zr_{0.02-0.1})_{1.97-1.99} [Si_8 O_{20}] (O, OH, F_{0.42-0.5})_2$. Рутил TiO₂ образует игольчатые агрегаты, которые чаще всего приурочены к

Таблица 1. Состав породобразующих минералов в карите Мурунского комплекса

Оксид	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	52.12	52.21	52.08	52.32	51.93	52.49	52.21	51.56	52.17	52.37	64.54	64.54
TiO ₂	2.76	2.31	2.94	2.91	2.48	2.68	3.00	2.78	3.64	2.71	-	-
Al ₂ O ₃	0.19	0.34	0.14	0.36	0.36	0.33	0.32	0.33	0.34	0.39	18.42	18.80
FeO	4.34	4.20	3.49	4.09	3.97	3.25	4.10	3.43	6.00	3.52	-	-
Fe ₂ O ₃	24.84	25.45	24.48	25.10	26.11	27.15	25.69	26.31	22.32	26.53	0.47	0.07
MnO	0.24	0.18	0.48	0.23	0.20	0.25	0.22	0.21	0.26	0.22	0.06	b.d.l.
MgO	1.41	1.16	1.75	1.24	1.11	1.26	1.27	1.33	1.21	1.24	b.d.l.	b.d.l.
CaO	1.47	1.45	1.45	1.22	1.22	1.40	1.25	1.30	1.46	1.15	b.d.l.	0.07
Na ₂ O	12.04	12.12	12.07	12.31	12.21	12.43	12.28	12.18	11.94	12.43	0.42	0.07
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.48	17.13
V ₂ O ₃	0.19	0.23	0.08	0.19	0.16	0.18	0.14	0.17	0.26	0.13	-	-
Total	99.60	99.65	98.96	99.97	99.75	101.42	100.48	99.60	99.61	100.69	100.40	100.68
Mg#	36.68	32.98	47.20	35.06	33.28	40.89	35.57	40.88	26.43	38.59		
Aeg	80.29	81.76	80.89	81.91	82.64	83.99	81.73	82.96	77.23	83.42		
Di	7.23	6.02	9.02	6.34	5.78	6.55	6.50	6.97	6.02	6.40		
Hed	12.48	12.23	10.09	11.75	11.58	9.46	11.77	10.07	16.75	10.18		

Примечания.

Анализы приведены в мас. %.

1–10 – эгирин, 1–5 – вростки в кварце, 6–8 – зерна в интерстициях, 9–10 – вростки в калиевом полевоом шпате,

11–12 – калиевый полевоый шпат.

Прочерки – не определялось, b.d.l. – концентрации ниже порога обнаружения.

FeO и Fe₂O₃ для анализов эгирина рассчитаны по балансу кислорода. Для эгирина рассчитана магнезиальность $Mg\# = 100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+})$ и содержание главных минералов ($Aeg + Di + Hed = 100$ мол. %).

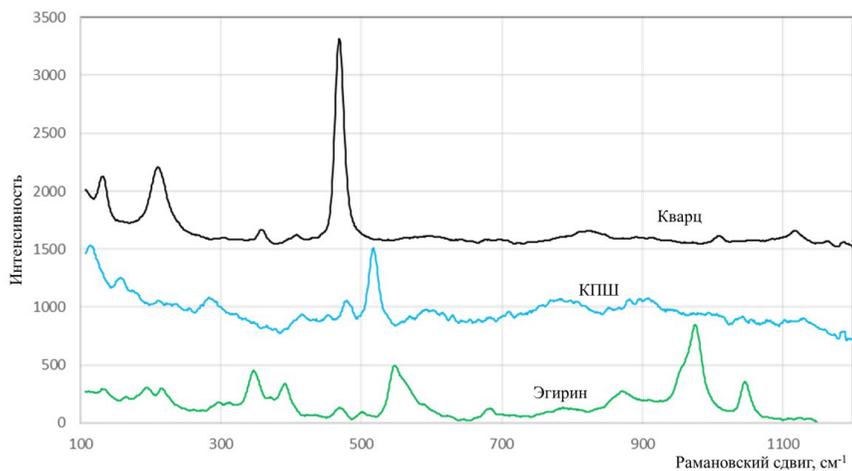


Рис. 4. Спектры комбинационного рассеяния породообразующих минералов карита. Обр. FMM_FN_669.

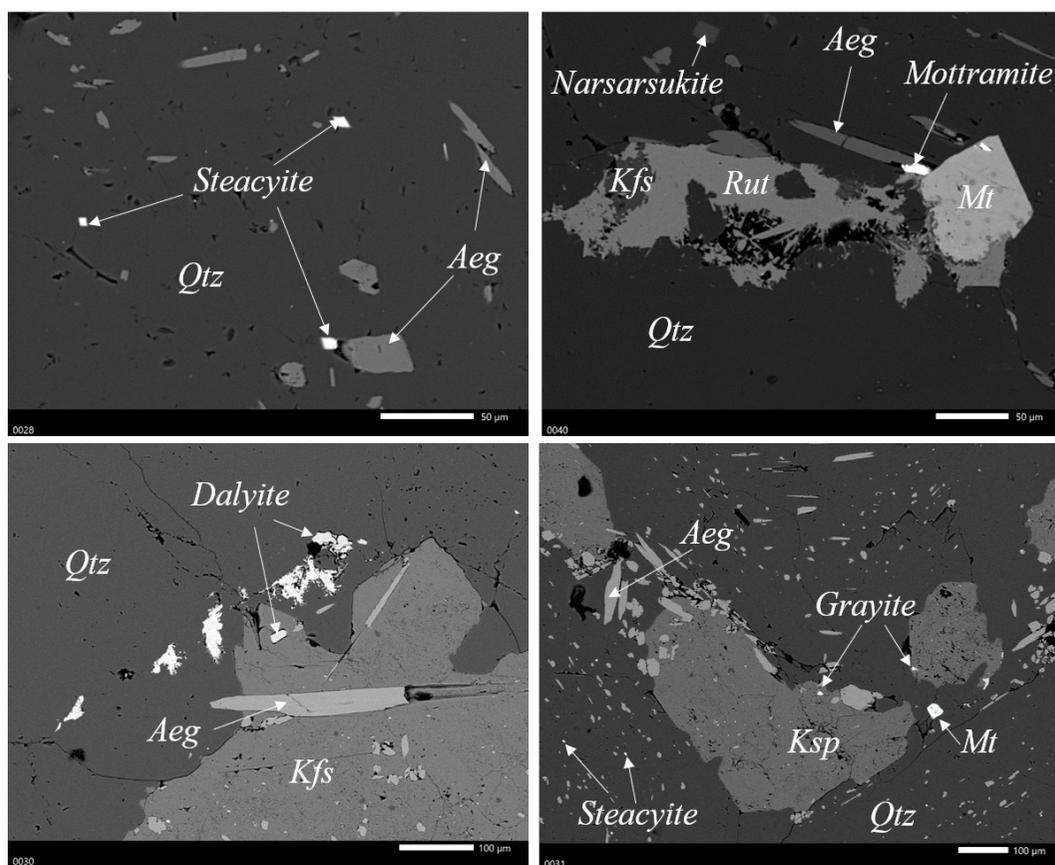


Рис. 5. Акцессорные минералы в исследованном карите (обр. FMM_FN_669). Изображения сделаны в режиме BSE. Масштабная линейка 50 мкм (а, б) и 100 мкм (в, г). Названия редких акцессорных минералов подписаны полностью. Qtz – кварц, Aeg – эгирин, Kfs – калиевый полевой шпат, Mt – магнетит.

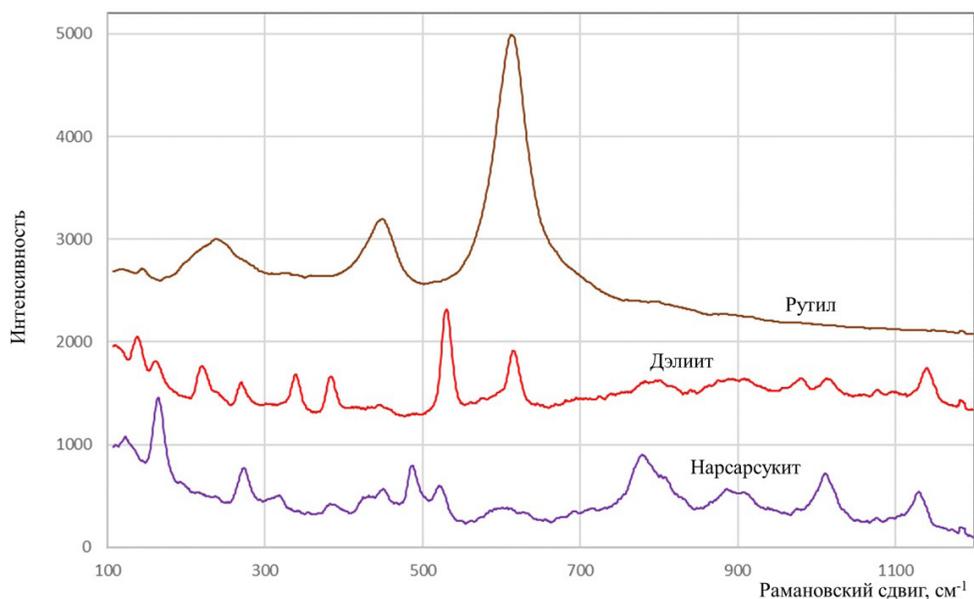


Рис. 6. Спектры комбинационного рассеяния акцессорных минералов карита. Обр. FMM_FN_669.

границам между кварцем и калиевым полевым шпатом или находятся внутри кварца (рис. 5б). Внутри кварца рутил встречен только в полиминеральных агрегатах с калиевым полевым шпатом другими акцессорными минералами (магнетитом, нарсарсукитом, моттрамитом, дэлиитом). Магнетит формирует отдельные октаэдрические кристаллы от 20 до 60 мкм в диаметре (рис. 5б, г). Дэлиит $K_{2-2.02}(Zr_{0.94-0.99}Ti_{0-0.04})_{0.98-1.0}Si_6O_{15}$ образует удлиненные зерна от 10 до 600 мкм, приуроченные к границам зерен кварца (рис. 5в). Моттрамит $PbCu[VO_4](OH)$ образует выделения до 10–15 мкм в участках скопления других акцессорных минералов. Эти минералы были ранее описаны в породах Мурунского комплекса (Конев и др. 1996).

С помощью рамановской спектроскопии (рис. 6) были подтверждены рутил, нарсарсуцит и дэлиит. Остальные акцессорные минералы либо оказались в выделениях, непригодных для получения рамановского спектра хорошего качества (малые размеры, высокое отражение, люминесценция) на доступном нам приборе, либо спектры исследованных минералов, пригодные для сравнения, отсутствуют в референсных базах спектров (грэйит, стисиит, туркестанит).

Обсуждение результатов

Происхождение пород, экстремально обогащенных кварцем, является дискуссионным уже более столетия. Первоначально в качестве магматических пород рассматривались кварцевые ядра

пегматитов, а также кварцевые дайки и жилы, рассматривавшиеся как отделившийся от пегматитового расплава кварцевый расплав. Для таких кварцевых пород (> 60% кварца) было предложено название силексит (sillexite) (Miller, 1919). Для пород, содержащих более 90% кварца, А. Холмсом предложен термин кварцолит (quartzolite) (Holmes, 1928). А. Йохансен в своей классификации (Johannsen, 1920) подробно описал семейство силекситов, к которому были отнесены эсмеральдит (кварц-мусковитовая порода), тарантулиты и ортотарантулиты (породы, переходные между лейкократовыми аляскитами и чистым кварцем), турмалин (турмалин-кварцевая порода), топазит (топаз-кварцевая порода), а также грейзены и березиты. Для части вышеперечисленных пород было доказано обогащение кварцем, которое происходило за счет метасоматоза на постмагматической стадии (Johannsen, 1920), а другая часть оказалась метасоматическими породами, близкими к грейzenам.

Карит до сих пор являлся одной из немногих пород этого семейства, магматический генезис которой не подвергался сомнению (Карпинский, 1903; Конев, Феоктистов, 1998, и др.). Действительно, структура каритов внешне очень похожа на порфиоровую или серийно-порфиоровую структуру эффузивных пород. Однако при детальном изучении породы выявляется значительное количество признаков, позволяющих утверждать, что это сходство только внешнее.

Место находки каритов находится вне массива Кедровый, примерно в 300–400 метрах от контакта с граносиенитами. Вмещающими породами являются фенитизированные архейские гранито-гнейсы и сланцы (Конев, Феоктистов, 1998), а также черные сланцы (алевролиты, доломиты) (Dumanska-Slowik et al., 2022). В этой же северной приконтактовой зоне Кедрового массива описаны дианиты (рихтеритовые метасоматиты), многочисленные кварцевые жилы с анатазовым оруденением, жилы с литий-бериллиевой минерализацией и др. Сами кариты не образуют самостоятельного геологического тела, формируя отдельные линзы в грорудитах (Конев, Феоктистов, 1998). Если бы кариты относились к магматической стадии формирования Мурунского комплекса, то в них должны были бы быть следы постмагматических стадий минералообразования, которые фиксируются во всех породах этой зоны. Однако в карите не отмечено никаких наложенных на парагенезис кварц – калиевый полевой шпат – эгирин процессов. Следовательно, сам этот парагенезис сформировался на относительно поздней (низкотемпературной) стадии эволюции Мурунского массива и не подвергался после этого существенным изменениям. В пределах образца никакой зональности не наблюдается, и мы не имеем возможности изучить контакты карита и вмещающего грорудита, чтобы определить тип их взаимоотношений. Отмечаются фациальные переходы между грорудитом и каритом (Конев, Феоктистов, 1998), что может служить косвенным признаком метасоматической зональности.

Кварц в изученном карите имеет очень характерные черты (резкие грани, секториальное строение, вроски эгирина), которые не описаны ни в одной известной авторам эффузивной породе. Вкрапленники кварца в эффузивных породах обычно имеют округлую форму, заливообразные очертания и множество крупных расплавленных включений (Плечов, 2014; Barbee et al., 2020). Секториальное строение описано в кварце при гидротермальном синтезе и быстром росте из коллоидных растворов (Chernov, Khadzhi, 1968). В природном кварце секториальное распределение включений актинолита и гематита описано для кварца в пегматитах и гидротермальных жилах (Jiang et al., 2022). Секториальное строение кристаллов считается надежным критерием первичного роста низкотемпературной тригональной модификации кварца (Леммлейн, 1948). Отсутствие расплавленных включений и относительное обилие флюидных включений также свидетельствует против магматического генезиса этих кристаллов кварца.

Эгирин содержит в катионной позиции M1 92–94% Na и всего 5–7% Ca, что не характерно для

клинопироксена магматической стадии. Значимых различий между составом вростков и эгирином в матрице породы не обнаружено. Калиевый полевой шпат содержит 97–99% ортоклазового минала, что также свидетельствует о низкой температуре формирования. В зернах калиевого полевого шпата нет пертитов или других признаков, указывающих на первоначально более высокую температуру. Температура формирования калиевого полевого шпата может быть оценена только приблизительно, так как в породе отсутствует альбит. Малое количество альбитового минала в присутствии натрия в минералообразующей среде свидетельствует о температуре кристаллизации менее 300–400 °C (Parson and Lee, 2009). Мы предполагаем, что эгирин сформировался вместе с калиевым полевым шпатом раньше кварца. При росте кристаллов кварца эгирин частично сорбировался на поверхности растущих кристаллов (и затем формировал ориентированные вроски), а частично отгеснялся в межзерновое пространство.

В карите встречен набор акцессорных минералов, который был описан в приконтактовых метасоматических породах Маломурунского массива и других щелочных массивов. Нарсарсукиит, стисиит и дэлиит описаны в чароититах и других породах зоны фенитизации Маломурунского массива (Конев и др., 1996). Эгирин-альбит-кварц-нарсарсукиитовые метасоматиты хорошо известны в фенитизированной приконтактовой части Ловозерского массива на горе Флора (Карташов, 1994; Пеков, 2001). Дэлиит также описан в фенитизированных породах Ловозерского массива горы Киткнюн (Иванюк и др., 2006). Эти минералы могут служить индикатором процессов фенитизации, проходящей при избытке кремнезема.

Кариты могли сформироваться в зоне фенитизации Кедрового массива за счет пропитки более раннего субстрата флюидом, богатым кремнеземом. Таким субстратом могли бы служить грорудиты (эгириновые микрограниты) или эгириниты, которые широко распространены в пределах Мурунского комплекса. Под воздействием флюида исходная порода была полностью перекристаллизована и был сформирован низкотемпературный парагенезис кварц – эгирин – калиевый полевой шпат с сопутствующим набором акцессорных минералов. Предметом дискуссии остается состав и состояние флюида, который мог вызвать подобные изменения. По нашему мнению, это мог бы быть коллоидный раствор, который может легко проникать по порам породы и вызывать перекристаллизацию породы при относительно низкой температуре. Такие коллоидные растворы распро-

странены в природе (Чухров, 1955) и стабилизируются в щелочной среде. Они могут переносить до 3.2 мас.% SiO₂, оставаясь в коллоидном состоянии. В лабораторных условиях из коллоидных растворов выращивают крупные кристаллы различных веществ (Moreno, Mendoza, 2015, и ссылки в ней). Альтернативным вариантом может быть проработка породы газом, насыщенным кремнеземом. Рост кристобалита из газовой фазы описан на экстразивных куполах многих вулканов (например, Ivanova et al., 2018, и ссылки в ней). Существенную роль в кристаллизации кварца, возможно, играют эффекты, возникающие на границе раствор – пар в термоградиентной системе (Алексеев, Медведева, 2018), если предположить существование гетерофазного флюида на стадии формирования карита.

Сходными по генезису могут быть «мокрушиты», описанные в приконтактовой зоне пегматитов Мурзинки (Северный Урал) (Иванов, 1999). Эти породы, так же как и кариты, сложены кристаллами кварца (около 2 мм в диаметре), но матрица породы сложена альбитом, а не калиевым полевым шпатом. Авторы планируют дальнейшее изучение кварцсодержащих пород Мурунского комплекса (грорудитов, чароитов и т.д.). Было бы интересным сравнение этих пород с грорудитами и каритами долины реки Кары, где кариты были впервые описаны. Детальное изучение онтогении кварца и флюидных включений в нем может способствовать восстановлению более полной картины генезиса этих необычных пород. Остается непонятным, почему кварц формирует в

породе только крупные кристаллы и отсутствует в виде мелких зерен.

Выводы

Кариты Мурунского комплекса сложены парагенезисом кварц – эгирин – ортоклаз и содержат стисмит, дэлиит, нарсарсуцит, рутил, грэйт, моттрамит, магнетит в качестве акцессорных минералов. Этот парагенезис отвечает низкотемпературным условиям формирования (< 400 °С). Возможно, порода сформировалась при проработке богатого кремнеземом флюида грорудитового или эгиринитового субстрата. Изучение карита Мурунского комплекса не выявило ни одного признака магматического генезиса этих пород. Можно заключить, что кариты Мурунского комплекса, подобно многим другим представителям семейства силекситов, имеют не магматическую, а гидротермально-метасоматическую природу.

Благодарности

Авторы благодарны Л.А. Ивановой и А. Шевелеву (ИЗК СО РАН) за образец карита, переданный Минералогическому музею им. А.Е. Ферсмана в 2021 году, М.Е. Генералову, Е.В. Каневой и Л.А. Паутову за ценные конструктивные замечания.

Работа выполнена в рамках государственной научной исследовательской темы Минмузея РАН FMWF-2022-0004 «Минералогическое разнообразие эталонных и уникальных геологических объектов» с использованием оборудования, приобретенного в рамках Программы развития МГУ.

Список литературы:

Алексеев В.А., Медведева Л.С. Распределение кремнезема в системе кварц-вода-пар в зависимости от температурного градиента. *Геохимия*. 2018. № 2. с. 147–159.

Волкова М.Г., Спиридонов А.М., Боровиков А.А., Брянский Н.В., Савина Е.А. Щелочные жильные породы Карийского рудного узла: состав рудообразующих растворов и условия образования (по результатам изучения флюидных включений) // *Геодинамика и тектонофизика*. 2016. Т. 7(4). С. 679–690.

Иванов О.К. Мокрушит – новая ультракислая кварцевая порода с кумулятивной структурой // *Урал. геолог. журн.* 1999. №3. С. 55–70.

Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А., Яковенчук В.Н., Меньшиков Ю.П. Редкометалльные минералы микроклино-кварцевых жил в вулканогенно-осадочных породах г.

Киткнун (Ловозерский массив) // *Записки Российского минералогического общества*. 2006. Т. 135(1). С. 66–81.

Карпинский А.П. О замечательной, так называемой грорудитовой породе из Забайкальской области // *Известия Императорской Академии наук*. 1903. Т. 19. №2. С. 1–32.

Карташов П.М. О новой находке нарсарсуquita в фениitized породах Ловозерского массива // *ЗВМО*. 1994. Т. 123. №4. С. 58–66.

Конев А.А., Воробьев Е.И., Лазебник К.А. Минералогия Мурунского щелочного массива. 1996. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 221 с.

Конев А.А., Феоктистов Г.Д. Ультракислые щелочные гранитоиды: некоторые вопросы генезиса // *Петрология*. 1998. Т. 6. №1. С. 70–78.

Леммлейн Г.Г. Секториальное строение кристаллов.

М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 39 с.

Пеков И.В. Ловозерский массив: история исследования, пегматиты, минералы. 2001. «Земля», 464 с.

Плечов П.Ю. Методы изучения флюидных и расплавных включений. 2014. М.: КДУ.

Чирвинский П.Н. Эгириновый кварцевый порфир с р. Кары (Забайкалье) // Изв.АН СССР. 1946. Сер. геол. №2. С. 121–123.

Чухров Ф.В. Коллоиды в земной коре. 1955. М.: АН СССР, 671 с.

Barbee O., Chesner C., & Deering C. Quartz crystals in Toba rhyolites show textures symptomatic of rapid crystallization // American Mineralogist. 2020. V. 105(2). P. 94–226.

Chernov A.A., & Khadzhi V.E. Trapping of colloidal inclusions in the growth of quartz crystals // Journal of Crystal Growth. 1968. V. 3. P. 641–646.

Dumańska-Słowik M., Powolny T., Natkaniec-Nowak L., & Stankiewicz K. Mineralogical and geochemical implications on the origin of dianite from the alkaline Murun Complex (Eastern Siberia, Russia) // Ore Geology Reviews. 2022. 141. 104684.

Holmes A. The nomenclature of petrology: with references to selected literature. 1928. Thomas Murby & Company, 284 p.

Ivanova, D.A., Shcherbakov, V.D., Plechov, P.Yu., Nekrylov, N.A., Davydova, V.O., Turova, M.A., Stepanov, O.V. Cristobalite in extrusive rocks of Bezymianny volcano. New data on minerals. 2018. V. 52(2). P. 51–59.

Jarosewich E., Nelen J.A., & Norberg J.A. Reference samples for electron microprobe analysis // Geostandards Newsletter. 1980. V. 4(1). P. 43–47.

Jiang L., Chen Z., & Liu Y. The Chemical Composition of Trapiche-like Quartz from Huanggangliang Area, Inner Mongolia, China // 2022. Crystals. V. 12(1). 122.

Johannsen A. A Quantitative Mineralogical Classification of Igneous Rocks: Revised. Part I. // The Journal of Geology. 1920. V. 28(1). P. 38–60.

Kaneva E., Radomskaya T., Belozeroва O., Shendrik R. Crystal chemistry of turkestanite (Dara-i-Pioz massif, Tajikistan) // Mineralogical Magazine. 2023. P. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.1180/mgm.2023.3>.

Miller W.J. Silixite: a new rock name // Science. 1919. V. 49(1258). P. 149–149.

Moreno A., Mendoza M.E. Crystallization in gels // Handbook of Crystal Growth. 2015. P. 1277–1315. Elsevier.

Parsons I., & Lee M.R. Mutual replacement reactions in alkali feldspars I: microtextures and mechanisms // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2009. V. 157(5). P. 641–661.