

2. Изученная селенсодержащая минерализация включает простые и сложные селениды, сульфоселениды и селеносульфиды свинца, висмута, меди, кобальта, никеля, железа, талия, серебра, золота и палладия. Образование их осуществлялось, по меньшей мере, в два этапа. При этом, по характеру взаимоотношений минералов, к ранним относятся клаусталит, уаткинсонит и платинит, а остальные формировались в поздний этап рудообразования.

3. Большинство селенидов отвечает известным и описанным в справочной и специальной литературе разновидностям. Однако, для некоторых минеральных фаз соответствующие аналоги отсутствуют.

4. Степень изученности описанных разновидностей селенсодержащих минералов неодинакова и для некоторых из них, встречаемых в единичных зернах и обладающих малыми размерами (до 5–10 мкм), необходимо дальнейшее их изучение.

Список литературы

1. Кондаков С.Н., Петров Ю.В., Булавин А.В., Пичугин В.А., Титов В.К. блоковое и глубинное строение Онежского прогиба. В кн. «Блоковая тектоника и перспективы рудоносности северо-запада Русской платформы». Л., Тр. ВСЕГЕИ, 1986, с. 68–75.
2. Мельников Е.К., Шариков П.И. Структурно-стратиграфические несогласия Карелии и их роль в рудообразовании. В кн. Блоковая тектоника и перспективы рудоносности северо-запада Русской платформы. Л., Тр. ВСЕГЕИ, 1986, с. 62–68.
3. Никитин С.А., Андерсон Е.Б., Петрова Н.В. Новые данные о платините и изотопия свинца в ассоциирующих селенидах. ЗВМО, N 3, 1989, с. 22–27.
4. Полеховский Ю.С., Голубев А.И. Людикийский надгоризонт Онежского прогиба. В кн. Проблемы стратиграфии нижнего протерозоя Карелии. Петрозаводск, 1989, с. 106–107.
5. Полеховский Ю.С., Волошин А.В. Новые природные системы платиноидов в метасоматитах Карелии. ДАН СССР, 1990, т. 315, N 3, с. 700–703.
6. Полеховский Ю.С., Волошин А.В., Тарасова И.П., Никитин С.А., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.С., Крецер Ю.Л., Кольчева Т.И. Падмаит PdBiSe – новый селенид палладия и висмута из метасоматитов Южной Карелии. ЗВМО, № 3, 1991, с. 85–88.
7. Полеховский Ю.С., Волошин А.В., Тарасова И.П., Пахомовский Я.А., Крецер Ю.Л. Новый тип палладийсодержащей минерализации в метасоматитах Карелии. Известия АН СССР, сер. геол., № 7, 1991, с. 86–95.
8. Полеховский Ю.С., Тарасова И.П. Гидротермально-метасоматические процессы и минеральные ассоциации метасоматитов в нижнепротерозойских породах Онежского прогиба Карелии. В кн. Метасоматиты и рудообразование. Л., 1987, 4.2., с. 40–42.
9. Полеховский Ю.С., Тарасова И.П., Нестеров А.Р., Пахомовский Я.А., Бахчисарайцев А.Ю. Судовиковит – PtSe₂ новый селенид платины из метасоматитов Южной Карелии. ДАН РАН, т. 354, №1, 1997, с. 82–85.
10. Румянцева Е.В., Миценко К.С., Калиничева Л.И. Тайниолит и хром-ванадиевые слюды в метасоматитах Карелии. ЗВМО, N 1, 1984, с. 68–75.
11. Фекличев В.Г. Диагностические константы минералов: справочник. М., Недра, 1989.

СРАВНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ КВАРЦА ШУНГИТОВЫХ ПОРОД МАКОВСКОЙ ЗАЛЕЖИ

Садовничий Р.В.

Институт геологии Карельского научного центра РАН, romanpost1@rambler.ru

Введение. Существующее многообразие текстурных разновидностей шунгитовых пород Максовской залежи (Атлас, 2006) является следствием проявления различных по времени и генезису геологических процессов (Фирсова и др., 1986). В настоящее время на Максовской залежи выделяют шунгитовые породы массивной, прожилковой, брекчиевой и слоистой текстуры. Распределение указанных пород в теле залежи имеет сложный характер, но в целом устанавливается тенденция увеличения степени брекчированности пород к кровле (по вертикали) и к центру залежи (в плане) (Фирсова и др., 1986).

Главным минералом шунгитовых пород Максовской залежи является кварц (Купряков, 1994), представленный в виде трёх морфологических разновидностей. Кварц *первой* морфологической разновидности входит в состав микрозернистого углерод-кварцевого агрегата, слагающего массивные шунгитовые породы и обломочную составляющую пород прожилковой и брекчиевой текстуры (рис. 1 а). Содержание углерода в данном минеральном агрегате варьирует в широких пределах (Садовничий, Рожкова, 2014). Зёрна кварца различаются по размерам и степени идиоморфизма: на фоне ксеноморфных микрозёрен кварца выделяются относительно крупные кристаллы с более чётко выраженными кристаллографическими очертаниями.

Кварц *второй* морфологической разновидности входит в состав различных по морфологии прожилков, секущих шунгитовые породы (рис. 1 б). Прожилки имеют сложный и прерывистый характер распространения; протяжённость варьирует от нескольких см до первых метров. Мощность колеблется от долей мм до нескольких см; в редких случаях в породах залежи наблюдаются отдельные протяжённые жилы мощностью до 15 см.

Кварц *третьей* морфологической разновидности входит в состав цемента шунгитовых брекчий (рис. 1 в). В зависимости от содержания и морфологии выделения шунгитового углерода в цементе брекчированных пород меняется и его окраска, в соответствии с которой выделяют черноцементные и белоцементные шунгитовые брекчии (Фирсова и др., 1986). В цементной составляющей белоцементных брекчий структура кварца гранобластовая; размер зёрен минерала растёт по мере удаления от обломков больших размеров.

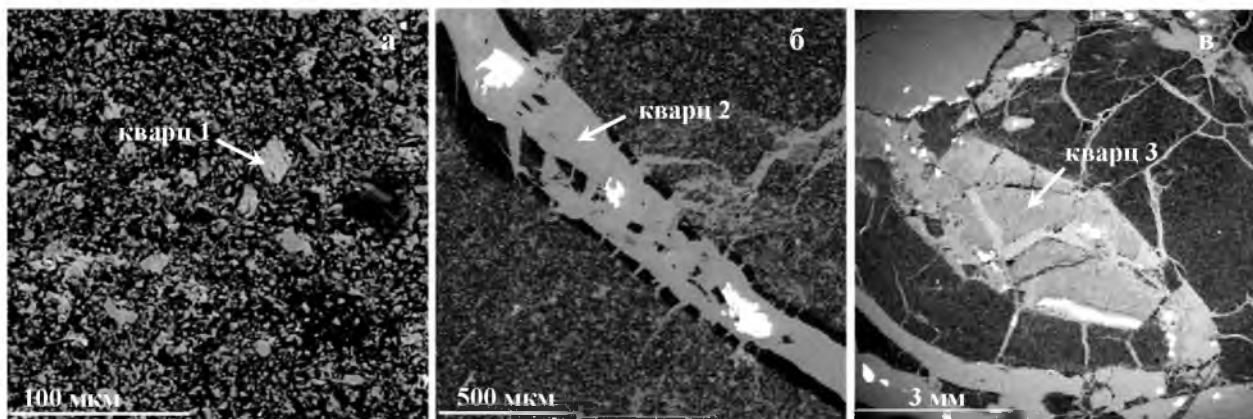


Рис. 1. Морфологические разновидности кварца шунгитовых пород (СЭМ, BSE-детектор)

Таким образом, в составе шунгитовых пород Максовской залежи выделяются три различных по морфологии разновидности кварца. Изучение и сравнение структурных параметров данного кварца может стать важным инструментом в решении ряда вопросов, связанных с генезисом шунгитовых пород, а также для определения новых высокотехнологичных направлений использования шунгитового сырья.

Объекты и методы. Для изучения структурных параметров кварца первой морфологической разновидности были взяты образцы шунгитовой породы массивной текстуры с содержанием углерода от 3,9 до 41,4%. Содержание кремнезёма также варьирует в широких пределах, при этом в сумме углерод и кремнезём составляют около 90% от общего веса породы. Для изучения влияния углерода на свойства кварца образец массивной шунгитовой породы дополнительно был подвергнут термической обработке до полного удаления углерода.

Образцы кварца второй морфологической разновидности были отобраны из протяжённых кварцевых жил мощностью 1–5 см, которые хорошо выделялись на стенке карьера, а также из шунгитовой породы с разветвлённой системой кварцевых прожилков мощностью 2–7 мм. Образцы были представлены крупнозернистым дымчатым и молочным кварцем, в котором визуальнo диагностировалась рассеянная тонкая вкрапленность углерода.

Для изучения кварца третьей морфологической разновидности из шунгитовой брекчии, предварительно раздробленной до фракции 2–3 мм, при помощи бинокля были выбраны наиболее хорошо диагностируемые зёрна кварца. Отобранный кварц был представлен несколькими разновидностями: молочно-белый, дымчатый, прозрачный (горный хрусталь), чёрный, с красным и жёлтым оттенком. Дополнительно исследовались образцы кварца третьей морфологической разновидности, отобранные из шунгитовой брекчии после дробления породы и разделения полученного материала в тяжёлой жидкости. Содержание углерода в данных образцах шунгитового кварца по данным термоанализа варьирует от 0,7 до 4,3%.

Для сравнения структурных параметров кварца шунгитовых пород в качестве эталонов были взяты хорошо изученные образцы кварца различного генезиса: горного хрусталя (м. Желанное, Приполярный Урал), силицита (Койкарская структура, Ведлозерско-Сегозерский зеленокаменный пояс) и пегматитового кварца (Чупинская группа).

Для сравнения особенностей кристаллического строения кварца шунгитовых пород и эталонов методом рентгеноструктурного анализа для каждого образца были определены значения параметров кристаллической решётки, области когерентного рассеяния – ОКР, индекса кристалличности – ИК (Murata, Norman, 1976) и степени совершенства кристаллического строения – СКС (Юргенсон, Тумаров, 1980). Работы выполнялись

на автоматическом дифрактометре ARL X'TRA. Рентгенограммы исследуемых образцов кварца шунгитовых пород и эталонных образцов кварца были получены в области углов 2θ : 2° – $156,5^\circ$ с шагом $0,01^\circ$, время набора импульсов – 3 сек. на CuK_α излучении. В качестве эталона при анализе структуры кварца шунгитовых пород использовался образец кристаллического кварца месторождения Кожим (Полярный Урал).

Результаты исследований. Результаты анализов показывают, что кварц шунгитовых пород в целом характеризуется достаточно высокими значениями параметров кристаллической решетки. Для наглядного сравнения полученных значений была построена точечная диаграмма (рис. 2), на которой также обозначены точки, соответствующие промышленному кварцу гидротермально-метаморфогенных жил Приполярного Урала (Светова, Инина, 2012).

Среди кварца шунгитовых пород наименьшие значения усреднённых параметров решетки характерны для кварца второй морфологической разновидности ($a=4,9136 \text{ \AA}$, $c=5,4053 \text{ \AA}$). Средние значения параметров решетки кварца первой ($a=4,9138 \text{ \AA}$, $c=5,4055 \text{ \AA}$) и третьей разновидностей ($a=4,9137 \text{ \AA}$, $c=5,4053 \text{ \AA}$) в пределах ошибки эксперимента близки, и их можно сопоставить с параметрами решетки эталонного образца горного хрусталя и силицита. Было замечено, что кварц первой разновидности, входящий в состав массивных шунгитовых пород с различным содержанием углерода, характеризуется небольшим разбросом значений параметров кристаллической решетки, несмотря на то, что породы, из которых данный кварц был отобран, существенно различаются по содержанию в них углерода. Удаление углерода не сказалось на параметрах элементарной ячейки и размере кристаллита кварца массивной породы, прошедшей термическую обработку.

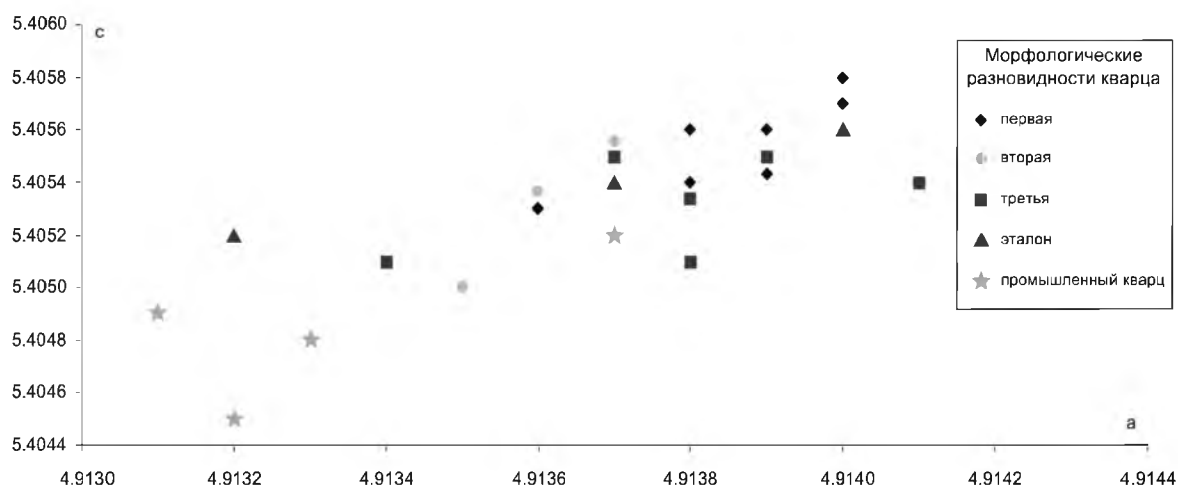


Рис. 2. Соотношение значений параметров a и c элементарной ячейки ($\text{\AA}$) кварца шунгитовых пород, эталонов и промышленного кварца

Значения ОКР для всех образцов шунгитового кварца характеризуются большой вариацией, при этом минимальный разброс характерен для кварца первой морфологической разновидности (79,22–91,56 нм), максимальный – для кварца третьей разновидности (20,78–93,87 нм); ОКР кварца второй разновидности составляет 63,9–93,13 нм. Различие значений ОКР свидетельствует о вариации размеров кристаллитов в образцах кварца. Необходимо отметить, что исследуемые образцы кварца не подвергались специальной очистке.

Значения ИК и степени СКС являются показателями, которые помогают оценить степень дефектности кристаллической решетки кварца, а также проследить изменение термодинамических условий кристаллизации минералов и влияние метаморфических процессов. Для общего сравнения полученных значений ИК и степени СКС кварца шунгитовых пород и эталонов была построена точечная диаграмма, в которой по оси абсцисс фиксировались значения СКС, по оси ординат – значения ИК (рис. 3).

Графическое сравнение полученных значений степени СКС и ИК для разных образцов наглядно показывает четкое разделение шунгитового кварца по морфологическим разновидностям, при этом хорошо прослеживается тенденция синхронного роста значений ИК и СКС.

Минимальный разброс значений ИК характерен для кварца второй морфологической разновидности (7,87–7,88). Для кварца третьей морфологической разновидности характерны небольшие вариации значения ИК (7,24–7,81); исключение составляет образец, в котором ИК кварца достигает значения 8,06. Большая часть образцов кварца первой морфологической разновидности характеризуется значениями ИК от 6,34 до 6,67. Исключениями являются образец, который отличается минимальными показателями ИК (5,53) и степени СКС (53%), и образец, полученный после термической обработки, для которого характерно весьма высокое значение ИК – 7,37.

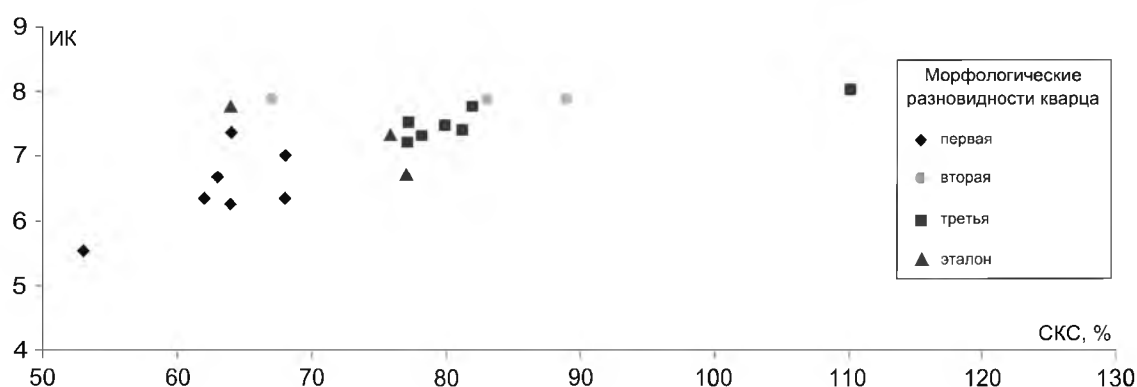


Рис. 3. Соотношение значений СКС и ИК для кварца пунгитовых пород и эталонов

Кварц первой морфологической разновидности имеет несколько пониженные значения СКС (53–68%) и по этому показателю приближается к кварцу силицитов (СКС – 64%). Кварц второй и третьей морфологических разновидностей пунгитовых пород характеризуется большими значениями СКС (67–89%) и (77–110%), соответственно, сопоставимыми с показателями СКС горного хрусталя (76%) и кварца пегматитов (77%).

Выводы. Исходя из результатов проведённых анализов можно сделать вывод, что кварц первой морфологической разновидности характеризуется наименьшей структурной упорядоченностью по сравнению с другими образцами. Параметры элементарной ячейки близки для образцов кварца всех трёх морфологических разновидностей. Вариации значений ИК и СКС в пределах одной морфологической разновидности могут быть связаны с наличием нескольких генераций кварца данной разновидности, что могло быть обусловлено изменением условий кристаллизации. Данное предположение подтверждается наличием в общей массе зёрен кварца первой морфологической разновидности относительно крупных кристаллов более высокой степени идиоморфизма.

Список литературы

1. Атлас текстур и структур пунгитоносных пород Онежского синклинория / Ред. М.М. Филиппов, В.А. Мележик. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2006. 80 с.
2. Купряков С.В. Геология и генезис пунгитовых пород Зажогинского месторождения // Органическое вещество пунгитоносных пород Карелии (генезис, эволюция, методы изучения). Ред. М.М. Филиппов, А.И. Голубев, П.В. Медведев и др. Петрозаводск. 1994. С. 93–98.
3. Садовничий Р.В., Рожкова Н.Н. Минеральные ассоциации высокоуглеродистых пунгитовых пород Максовской залежи (Онежская структура) // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Серия Геология докембрия. 2014. №1. С. 148–158.
4. Светова Е.Н., Инина И.С. Рентгеноструктурные особенности промышленных разновидностей кварца гидротермально-метаморфогенных жил Приполярного Урала // Сб. ст. по матер. докл. VI Российского семинара по технологической минералогии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. С. 10–05.
5. Фирсова С.О., Шатский Г.В. Брекчии в пунгитовых породах Карелии и особенности их генезиса // ДАН СССР. 1988. Т. 302. С. 17–80.
6. Юргенсон Г.А., Тумаров Г.Т. О совершенстве кристаллического строения жильного кварца // Известия высших учебных заведений геология и разведка. 1980. № 6. С. 50–59.
7. Murata K.J., Norman H.M.B. An index of crystallinity for quartz // American Journal of Science. 1976. Vol. 276. P. 1120–1130.

АНАТОМИЯ КРИСТАЛЛОВ ЦИРКОНА ИЗ ЭКЛОГИТОВ КУРУ-ВААРЫ, КОЛЬСКИЙ РЕГИОН

Сидоров М.Ю., Волошин А.В.

ГИ КНЦ РАН (Anatymy), sidorov@geoksc.apatity.ru

В северо-западной части Беломорской провинции известны многочисленные находки докембрийских эклогитов. Наиболее изученными из них являются эклогиты пегматитового карьера Куру-Ваара. Здесь широко распространены южные и северные эклогиты, выделяемые по их геологическому положению, составу, возрасту и степени регрессивных метаморфических преобразований (Щипанский и др., 2012а, Balagansky et al.,