

4. *Белковский А.И.* Кыштымское месторождение прозрачного жильного кварца: геодинамическая, «возрастная» позиция и генезис кварцевых жил (Средний Урал). // Матер. межд. семинара «Кварц, кремнезем». Сыктывкар, 2004, с.189-191.
5. *Воробьев Е.И., Спиридонов А.М., Непомнящих А.И., Кузьмин М.И.* Сверхчистые кварциты Восточного Саяна (Республика Бурятия). Доклад РАН 2003, т.390 №2, с. 219-223.
6. Минералургия жильного кварца. Ред. Кузьмин В.Г., М. Недра, 19990, 255 с.
7. *Кораго А.А., Козлов А.В.* Текстуры и структуры жильного кварца хрусталеносных областей. Л.Недра, 1988, 159 с.
8. *Данилевская Л.А.* Геология, минералогия проявлений кварцевого сырья и критерии прогноза его качества на территории Карельского кратона. Кандидатская дисс., КНЦ РАН, Петрозаводск, 2003, 188 с.
9. Методические рекомендации по оценке качества кварцевого сырья для плавки и оптического стекловарения. М. 1983, 69 с.
10. *Jung L.* High puritg quartz. Quartz Technology Jnc. New jersey, 1992, 550 с.
11. *Данилевская Л.А., Скамницкая Л.С., Щитцов В.В.* Кварцевое сырье Карелии. Петрозаводск, 2004, 220с.
12. *Крейсберг В.А.* Некоторые особенности вскрытия и анализа газово-жидких примесей в кварце. Разведка и охрана недр. 1999, №3. С. 21.
13. Природный кварц и его физико-химические свойства. М. Недра, 1985, 124 с.
14. *Вотьяков С.Л., Крохалев В.Я., Пуртов В.К., Краснобаев А.А.* Люминесцентный анализ структурного несовершенства кварца. Екатеринбург, 1993, 69 с.
15. *Борозновская Н.Н., Быдтаева Н.Г.* Люминесценция как индикатор микродефектности при оценке качества кварцевого сырья.// Рудные месторождения. Минералогия. Геохимия. Томск, 2003, вып. 3, с. 12-27.

СТРУКТУРНЫЕ ПРИМЕСИ В КВАРЦЕ КАК ВАЖНЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КВАРЦЕВОГО СЫРЬЯ И ПРОГНОЗА ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Данилевская Л.А.¹ Раков Л.Т.²

¹Институт геологии КарНЦ РАН,
²ВИМС

Основными показателями качества кварцевых концентратов являются содержание элементов-примесей в кварце и газонасыщенность. При этом элементы-примеси могут входить в кварц в виде минеральных, флюидных и структурных примесей. В последнее время в связи с переходом промышленности на новые технологии наплава кварцевых стекол и ужесточением требований к качеству конечной продукции резко повысились требования к кварцевым концентратам по общему содержанию элементов-примесей. Так для наплава кварцевых труб в печах ПНД содержание Al<25 ppm, Ti<0,8 ppm, Fe<0,8 ppm, сумма щелочей <6,0 ppm, для производства формоустойчивых реакторов для эпитаксиальных процессов содержание Al<25 ppm, Ti<1,2 ppm, Fe<0,8 ppm, сумма щелочей <6,0 ppm, для производства кварцевых тиглей для выращивания монокристаллического кремния содержание Al<10 ppm, Ti<1,0 ppm, Fe<0,3 ppm, Cu<0,5 ppm, Na-1 ppm, K-1 ppm, Li-0,5 ppm [12].

В свою очередь развитие современных технологий обогащения кварцевого сырья позволяет говорить о возможности практически полного удаления минеральных примесей в кварце, за исключением субмикроскопических минеральных примесей, например, волосовидных включений рутила. Примером этому является ЮТА-кварц (мировой стандарт высокочистого кварца), который производится из плагио-пегматито-гнейсов в результате технологической обработки сырья с применением высокоинтенсивной магнитной сепарации, флотации, высокотемпературного хлорирования [1].

Структурные примеси в кварце при современных технологиях переработки являются практически неудаляемыми, поэтому их концентрация фактически определяет предел обогатимости кварцевого сырья. Именно поэтому изучение структурных примесей в кварце является одной из важнейших задач при изучении обогатимости кварцевого сырья на стадиях поисково-оценочных работ.

Несмотря на то, что кварц является устойчивым минералом к изоморфизму и характеризуется стабильной структурой, в его решетку входят структурные примеси, *концентрации* которых могут значительно варьировать. Количество структурных примесей в кварце зависит от его генезиса и определяется в основном термодинамическими условиями образования, химизмом растворов, скоростью роста [4, 5, 7, 13 и др.].

При изучении структурных примесей в кварце наиболее эффективным является метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), позволяющий характеризовать закономерности распределения и состав парамагнитных дефектов в кварце. Существует несколько классов структурных дефектов, обусловленных причинами их вызывающими [8]:

1) генетические дефекты – возникают в процессе минералообразования за счет внедрения изоморфных ионов или возникновения нарушений кристаллической структуры типа вакансий и междоузельных атомов Si и O. Наиболее типичные изоморфные примеси – Al, Ti, Ge, с которыми связано образование различных парамагнитных центров в зависимости от иона-компенсатора. К данному классу также относятся центр O₂³⁻, кото-

рый возникает в кремнекислородных тетраэдрах с вакансией Si, и Т-центры, локализующиеся в кластерах высокотемпературной β -фазы кварца;

2) радиационные дефекты – образуются в кварце под воздействием естественного радиационного облучения. Это, прежде всего парамагнитные дефекты типа Е-центров, представляющие собой кислородные вакансии, захватившие электроны, а также ряд других дефектов, имеющие более сложное строение;

3) диффузионные дефекты – образуются в результате диффузионного взаимодействия дефектов в минерале в природных условиях под воздействием естественной радиации, температурного прогресса и других факторов (центры Ge(III), E₅, E₆);

4) дефекты разрушения – возникают в областях высокой дефектности кварца, связанной с процессами аморфизации, наличием межзерновых границ, скоплением дислокаций или междоузельных атомов и т.д. Этот класс охватывает большое количество дефектов, многие из которых могут являться сложными комплексами. В состав последних могут входить атомы примесей, которые несовместимы с кристаллической решеткой кварца из-за своей валентности или размеров. Поэтому дефекты разрушения можно рассматривать как своего рода «матрицу» для локализации в кварце рассеянной примеси различных элементов.

На вхождение элементов-примесей в решетку кварца существенное влияние оказывают физико-химические условия образования кварцосодержащих пород (температура, давление, состав вмещающих пород, химизм растворов). Поэтому для прогнозирования получения высокочистых кварцевых концентратов из кварцевого сырья важным моментом является понимание связи процессов изоморфизма с геологическими условиями формирования кварцевых образований. Для выявления этих закономерностей и определения перспектив кварцевого сырья Карелии методом ЭПР в ВИМСе было проведено изучение структурных примесей в различных генетических типах кварца Карелии: пегматитовом, жильном, сливных кварцитах и кварцевых метасоматитах.

Результаты исследований структурных примесей (концентрации парамагнитных центров), а также суммарные содержания элементов-примесей в кварце, содержания Al, Ti и Li приведены в обобщенной таблице.

Кварц выбранных для исследования генетических типов формировался в различных геолого-фациальных комплексах на территории Карелии.

Слюдоносно-редкометалльные пегматиты месторождения Пиртима и перекристаллизованный, гранулированный жильный кварц участков Рухнаволок, Хизоваара локализованы в пределах Парандово-Тикшеозерского зеленокаменного пояса, который является зоной сочленения Карельского кратона и Беломорского подвижного пояса и характеризуется проявлениями полихронного метаморфизма амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций кианит-силлиманитового типа (повышенных давлений).

Блоковый и ядерный кварц месторождения Пиртима варьирует по цвету, степени прозрачности и характеризуется незначительными деформационными преобразованиями в виде блокования (рис. 1а,б). Газово-жидкие включения распределены в основном по залеченным трещинам и представлены существенно-газовыми включениями с высоким содержанием газовой фазы (рис. 1в). Кварц характеризуется невысоким суммарным содержанием элементов-примесей, при этом характерно повышенное содержание Ti (табл.). Практически половину составляет структурный Ti, в качестве компенсатора основную роль играют Li и Na. Остальная часть примеси Ti связана с присутствием в зернах кварца микроскопических волосовидных включений рутила. Li в кварце, по всей видимости, является структурной примесью. Основная масса примеси Al также связана со структурными примесями. Таким образом, несмотря на довольно низкое содержание элементов-примесей в предварительно обогащенном кварце данного месторождения можно прогнозировать, что кварцевые концентраты после операций глубокого обогащения не будут соответствовать требованиям к особо чистому кварцу. Это связано как с присутствием большого количества структурных примесей, так и с мелкими волосовидными включениями рутила в кварце, которые также являются неудаляемыми при операциях технологического передела.

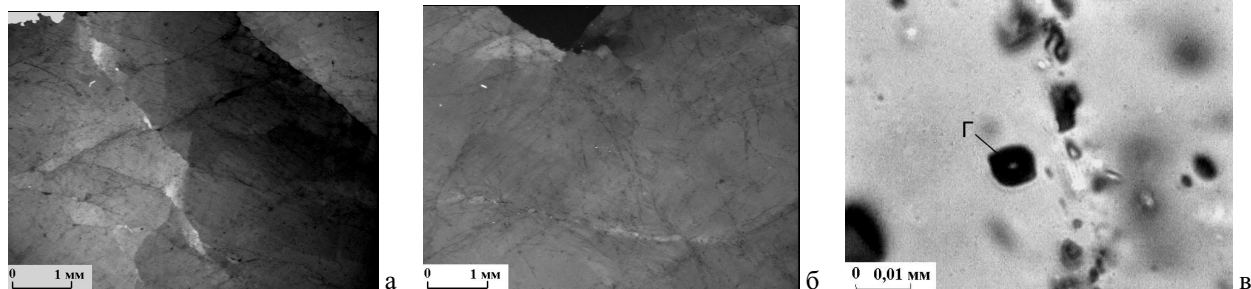


Рис. 1. Пегматитовый кварц Пиртима: а, б – пластические деформации в кварце (фото шлифов, николи+), в – газово-жидкие включения (николи||)

Формирование жильного кварца участков Рухнаволок и Хизоваара происходило в условиях эпидот-амфиболитовой фации повышенных давлений с проявлениями перекристаллизации и грануляции кварца в результате диафореза с образованием участками гранулированного кварца с гранобластовой равновесной и неравновесной структурой (рис. 2). Характерной особенностью является малое содержание газовой-жидких включений (коэффициент светопропускания в среднем 70-90%), особенно в гранулированном кварце, а также низкое содержание элементов-примесей в предварительно обогащенных кварцевых концентратах. При этом содержание структурных примесей варьирует в гранулированном кварце и стекловидном, не подвергшемся грануляции кварце. Наблюдается значительное увеличение концентрации S_{Al} , S_{Ti} и *содержания лития* в кварце, претерпевшем процесс грануляции (табл.). Этот фактор противоречит общепринятому представлению о химическом очищении кварца в результате грануляции [3, 4 и др.]. Данные процессы, по всей видимости, приводят к очищению кварца от минеральных и газовой-жидких включений, что видно по результатам химических анализов кварцевых концентратов после предварительного обогащения. Что касается структурных примесей, то процесс грануляции, проходящий в условиях высоких температур и давлений, не способствует очищению кварца от структурных примесей. В результате концентрации основных элементов-примесей в кварцевых концентратах, полученных из гранулированного кварца, фактически обусловлены концентрациями парамагнитных центров, которые превышают 30 ppm. То есть получение высокочистого кварца из данного типа сырья является проблематичным. Концентрации структурных примесей в стекловидном негранулированном кварце данных участков несколько ниже, чем в гранулированном, однако данный кварц содержит включения волосовидных зерен рутила, что приводит к повышенному содержанию Ti в кварцевых концентратах.

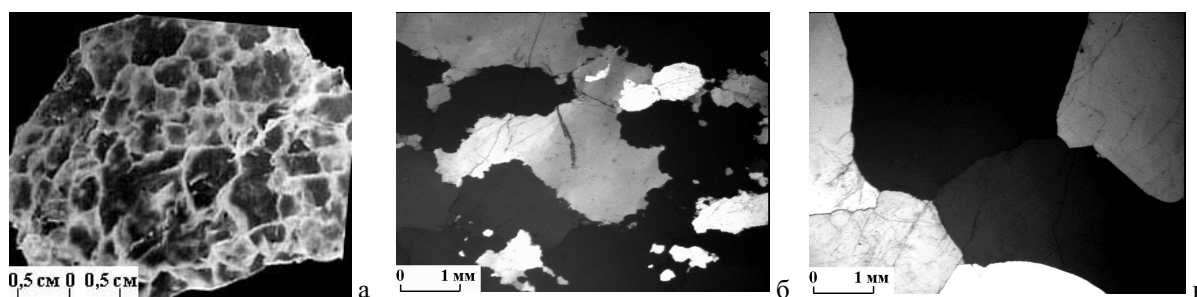


Рис. 2. Перекристаллизованный, гранулированный жильный кварц Рухнаволок, Хизоваара:

а – грануляция кварца (Хизоваара, фото пластинки), б, в – неравновесная и равновесная гранобластовая структуры (Рухнаволок), фото шлифов, николи+

Кварц из кварцевых жил месторождения гранатов Тербеостров (Беломорский подвижный пояс), представленного гранатовыми амфиболитами, гранат-биотитовыми, кианит-гранат-биотитовыми гнейсами, также характеризуется проявлением собирательной рекристаллизации с образованием гранулированного кварца. Формирование кварцевых жил в пределах данного участка связано с проявлением кислотного метасоматоза в основном кианит-кварцевой фации, которое проходило наряду с железом-магнетитовым метасоматозом. Проанализированный стекловидный кварц из данных жил характеризуется высокой прозрачностью (коэффициент светопропускания 91%) и высоким содержанием Ti , что обусловлено в основном присутствием волосовидных включений рутила в кварце. Концентрации структурных примесей в данном кварце аналогичны стекловидному кварцу участка Хизоваара и характеризуются довольно высоким содержанием S_{Ti} в основном с компенсатором Li . Такое содержание структурного Ti , а также присутствие неудаляемых включений рутила дает возможность прогнозировать невозможность получения высокочистых кварцевых концентратов из данного кварца.

Наиболее низкие концентрации структурных примесей, особенно S_{Ti} и S_{Li} наблюдаются в жильном молочно-белом кварце (Фенькина-Лампи, Меломайс), для которого характерны низкотемпературные деформационные изменения, сопровождающиеся процессами катаклаза, фрагментации и вторичной рекристаллизации с образованием мелкозернистого вторично рекристаллизованного кварца (рис. 3). Высокие содержания элементов-примесей в кварцевых концентратах после предварительного обогащения в основном обусловлены повышенными концентрациями Al , K , Na , Ca . По всей видимости, данные примеси в основном связаны с присутствием минеральных включений, не удалившихся в процессе обогащения (мусковит, кальцит, полевошпат). В тоже время характерны низкие содержания Ti и Li (табл.). Таким образом, данные анализов показали, что теоретически возможно получение высокочистых кварцевых концентратов из данного типа кварца. Учитывая современные технологии обогащения, позволяющие практически полностью удалять минеральные примеси, можно предположить, что подбор технологических схем обогащения, соответствующих специфике сырья, позволит улучшить качество кварцевых концентратов. Важным моментом, конечно, остается присут-

ствии флюидных включений в данном кварце. Удаление их потребует применения определенных, возможно нестандартных схем обогащения. В частности есть данные по положительному влиянию на очищение кварца от ГЖВ применение СВЧ излучения [2].

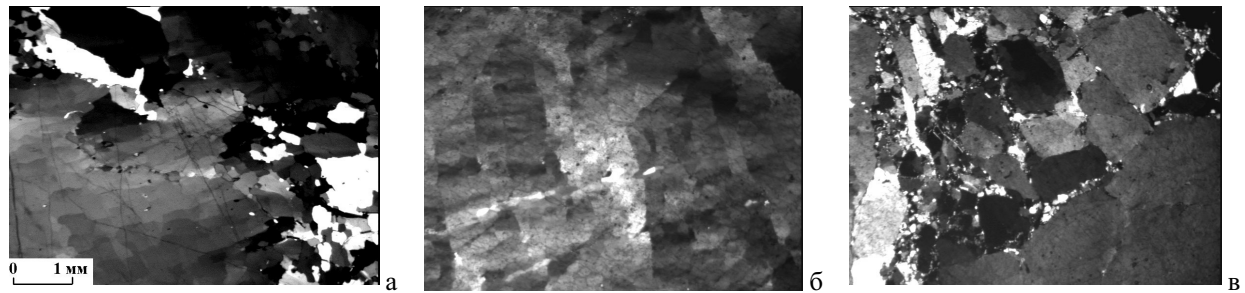


Рис. 3. Деформационные изменения в молочно-белом кварце:

а, б – катаклаз и фрагментация, в – образование вторично рекристаллизованного кварца (фото шлифов, николи+)

Таблица

Концентрации парамагнитных центров и содержания элементов-примесей в кварце

Тип кварца	Название	Номер образца	Концентрации по данным ЭПР, ppm								Валовые содержания элементов-примесей, ppm			Сумма элементов-примесей, ppm
			(Ti-Li) _{900°C}	(Ti-Na) _{900°C}	(Ti-H) _{нес.}	C _{Ti} сумм)	C _{Al}		C _{Ge}	Сум-ма	Al	Ti	Li	
							Исх.	Отжиг 900°C						
Пегматитовый	Пиртима	Пр-50	1,8	1,1	0,2	3,1	18	44	0,09	21,19	28	7,4	0,84	63,89
Жильный молочно-белый	Фенькина Лампи	Ф-9	0,1	0,1	0,05	0,25	6,4	23	0,02	6,67	35	0,7	0,1	84
		Ф-32/98	0,1	0,1	0,05	0,25	5,4	19	0,02	5,67	63	0,5	0,3	234,1
Жильный катаклазированный, минерализованный	Меломайс	Мел-1	0,1	0,1	0,05	0,25	6,5	5,3	0,02	6,77	64	0,06	0,86	109,29
		Мел-27	0,1	0,1	0,05	0,25	6,6	3,9	0,02	6,87	54	0,07	0,44	101,4
Жильный гранулированный	Рухнаволок	Рхб-97/1			0,05	0,05	33	55	0,06	33,11	32,6	2,3	3,5	67,1
		РХ-92	3,2	0,65	0,05	3,9	28	48	0,05	31,95	34,4	2,7	2,8	69,1
Жильный крупнозернистый стекловидный		РХ-100	2,5	0,5	0,2	3,2	18	33	0,05	21,25	19,4	10,2	1,8	82,5
Жильный гранулированный	Хизоваара	ХВ-129	4,1	0,2	0,2	4,5	28	44	0,28	32,78	48	10,3	2,95	102,45
Жильный крупнозернистый		Q-1	1,6	0,76	0,65	3,01	8,4	32	0,08	11,49	73	13	5	133,4
Жильный крупнозернистый стекловидный	Шуерецкое	Шу-6/98	1	0,88	0,3	2,18	8,6	28	0,02	10,8	61	15,1	0,5	141,1
Сливные кварциты	Степаново-озеро	Щ-7/98	0,2	0,5	0,1	0,8	6,1	23	0,02	6,92	41	10,5	0,15	86,15
Кварц-мусковитовые метасоматиты	Хизоваара	ХВ-1/2004	0,24	1,5	0,76	2,5	7,6	44	0,07	10,17				

Данные по содержанию C_{Al} в исходном кварце и кварце после отжига при 900°C показали, что в основном в кварце наблюдается значительное увеличение содержания структурного Al после температурной обработки, то есть для данного кварца противопоказано температурное дробление. Только в жильном кварце участка Меломайс содержание C_{Al} уменьшается при отжиге, соответственно применение термодробления для данного кварца является благоприятным.

Кроме жильного и пегматитового кварца были изучены кварцсодержащие породы – сливные кварциты участка Степаново озеро и кварц-мусковитовые метасоматиты участка Хизоваара, расположенные в пределах Парандово-Тикшеозерского зеленокаменного пояса. Для сливных кварцитов характерны сильно вытянутые, ленточные структуры со взаимопроникновением зерен и образованием грануляционной мозаичности, что связано с растворением и рекристаллизацией кварца под давлением (рис. 4 а,б). Основной минеральной примесью в кварце является мусковит, в качестве акцессорных минералов встречаются рудные (пирит, сфалерит), апатит, клиноцоизит. Содержание кварца в кварц-мусковитовых метасоматитах составляет 60-70%. Кварцевые зерна в данной породе характеризуется грануломорфными формами, ровными границами и практически отсутствием газовой-жидких включений (рис. 4в).

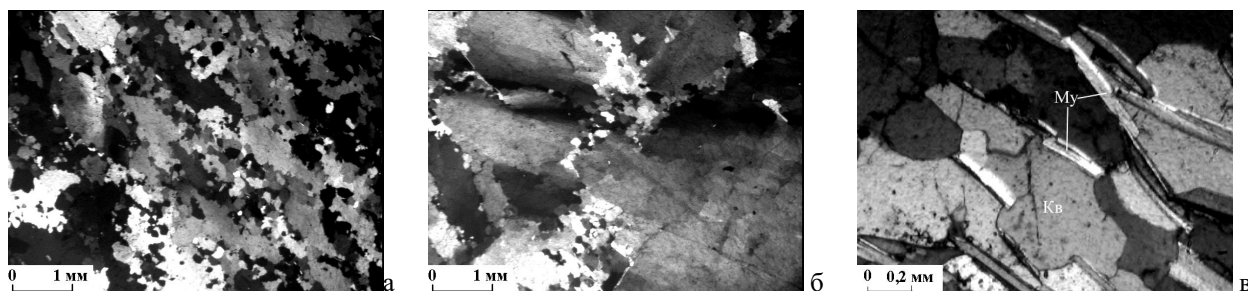


Рис. 4. Кварцсодержащие породы:

а, б – сливные кварциты (Степаново озеро), в – кварц-мусковитовые мусковиты (Хизоваара), фото шлифов, николи+

Для данных пород характерны невысокие концентрации C_{Al} и C_{Li} , содержание C_{Ti} значительно ниже в сливных кварцитах, вместе с тем содержание Ti в целом в кварцевых концентратах высокое и, по всей видимости, связано с присутствием игольчатого рутила в зернах кварца, что позволяет прогнозировать невозможность получения кварцевых концентратов, пригодных для производства плавленного кремнезема, из данного кварца

Характерной особенностью практически для всех кварцев (за исключением жильного гранулированного кварца Хизоваары) является низкое содержание C_{Ge} (в среднем 0,02-0,09 ppm). По данным Г.И. Крыловой [6] средние концентрации C_{Ge} в кварце месторождений Полярного Урала колеблются от 0,09 до 0,26 ppm, а для Иота-стандарта США составляют 0,15-0,18 ppm. В работе [11] показано, что германий в кварце является очень активным элементом. В зависимости от структурных особенностей минерала и характера его термической обработки ионы германия могут, как входить в кристаллическую структуру кварца, так и выходить из неё. Кроме того, установлена важная роль германия в полиморфных превращениях, протекающих в кварце при высоких температурах. Это дает основание предполагать, что содержание примеси германия в кварце может оказывать существенное влияние на его технологические свойства.

Проведенные исследования подтвердили более ранние наблюдения, что распределение структурных примесей в кварцах высокой чистоты и рядовых кварцах, как правило, существенно различаются. Например, соотношение концентраций содержаний структурного Ti и Al (C_{Ti}/C_{Al}) в чистых почти на порядок ниже, чем в обычных кварцах. Пониженными значениями C_{Ti}/C_{Al} характеризуются месторождения кварца высокой чистоты как Урала, так и Карелии. Данная закономерность подтверждает точку зрения о двухстадийности процесса изоморфизма в кварце и разной скорости вхождения различных примесей на этих стадиях [9]. Как предполагается, примесь Al входит в структуру кварца как на первой стадии – стадии кристаллизации, так и на второй – стадии остывания минерала. В отличие от Al примесь Ti внедряется в структуру кварца, преимущественно, на второй стадии. Причем, содержание структурной примеси титана определяется степенью термического воздействия окружающей среды на кварц, т.е. температурой образования и длительностью остывания минерала. Поэтому низкие значения C_{Ti}/C_{Al} можно объяснить тем, что влияние термического воздействия на второй стадии было весьма ограниченным. Следовательно, кварцы высокой чистоты образованы в условиях слабого проявления второй стадии изоморфизма, т.е. при низких температурах и, возможно, при относительно быстром остывании.

На основе полученных данных для различных генетических типов кварцевого сырья Карелии можно сказать, что наиболее перспективным для исследований на получение плавленного кремнезема является кварц, претерпевший низкотемпературные метаморфические преобразования с образованием вторично рекристаллизованного кварца. Именно такой кварц содержит минимальное количество структурных примесей. Вместе с тем приведенные оценки перспективности различных видов кварцевого сырья могут оказаться более оптимистическими в связи с необходимостью совершенствования стандартных образцов для количественных измерений содержаний структурных примесей в кварце, которые использовались в ВИМСе в течение 15 лет и считаются общепризнанными [9]. Введение новых стандартных образцов приведет к значительному уменьшению значений содержания Al , представленных в таблице, поэтому число образцов, представляющих перспективное сырье, возрастет.

Гранулированный кварц, который в течение долгого времени считался самым чистым кварцевым сырьем, в настоящее время в связи с ужесточением требований к чистоте кварцевых продуктов отходит на второй план. Несмотря на его химическую чистоту в исходном сырье, получение высокочистых кварцевых концентратов из данного кварца затруднительно, так как основные примеси являются структурными и не могут быть удалены в процессе технологического передела.

Таким образом, определение содержания структурных примесей в кварце на предварительных стадиях изучения кварцевого сырья является важным фактором для его разбраковки и прогноза технологических свойств.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Jung L. High purity natural quartz. Quartz Tehnology. – Inc., New. Jersey, 1992. – 550 p.
2. Белашев Б.З., скамницкая Л.С., Лебедева Г.А., Озерова Г.П. Нетрадиционные методы очистки кварца от газо-жидких включений / Геология и полезные ископаемые Карелии. – Петрозаводск, 2001. – С. 131-135.
3. Геология, генезис и промышленные типы месторождений кварца / Сост. Е.П. Мельников. – М.: Недра, 1988. – 216 с.
4. Емлин Э.Ф., Синкевич Г.А., Якшин В.И. Жильный кварц Урала в науке и технике. – Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1988. – 272 с.
5. Каменцев И.Е. влияние условий кристаллизации на вхождение посторонних примесей в решетку кварца // Вестник Ленингр. ун-та. Серия геологии и географии. – 1962. – Вып. 3, № 18. – С. 109-112.
6. Крылова Г.И. Изучение физико-химических свойств основных типов кварцев Приполярного Урала с целью разработки рекомендаций по их рациональному обогащению // Отчет ВНИИСИМС. – Александров, 2001. – 175 с.
7. Природный кварц и его физико-химические свойства // Комов И.Л., Самойлович М.И. – М.: Недра, 1985. – 124 с.
8. Раков Л.Т. Генетическое и поисковое значение структурных дефектов в кварцевых месторождениях полезных ископаемых // Минеральное сырье: Вопросы фундаментальной и прикладной минералогии. – 1997. – № 1. – С. 74-84.
9. Раков Л.Т. Двухстадийный характер изоморфизма в кварце // Материалы XV Российского совещания по экспериментальной минералогии. Сыктывкар. 2005. С. 299-301
10. Раков Л.Т. Общие закономерности образования структурных дефектов в кварце // Геохимия, 2005, №11. С. 1196-1207
11. Раков Л.Т., Крылова Г.И. Роль структурных примесей в полиморфных превращениях в кварце // Геохимия. – 2001. – № 12. – С.1277-1284.
12. Серых Н.М., Борисов Л.А., Гулин Е.Н. Проблемы лабораторного сопровождения работ на особо чистый кварц // Неметаллические полезные ископаемые России: современное состояние сырьевой базы и актуальные проблемы научных исследований. М.: ИГЕМ РАН. – 2004. С. 142-147
13. Франк-Каменецкий В.А., Каменцев И.Е. Микроизоморфизм и условия образования кварца // Проблемы кристаллохимии минералов и эндогенного минералообразования. – Л.: Наука, 1967. – С. 68-76

ОЦЕНКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЕКОВ ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ

В П. Ильина

Институт геологии Карельский НЦ РАН

Предварительная оценка нетрадиционных видов полевошпатového сырья для электротехнической керамики проводилась методом определения диэлектрических свойств спеков, полученных путем сплавления этих материалов. Диэлектрические свойства природных образцов полевых шпатов и их спеков сопоставлены с опубликованными данными [1]. ИК спектры, особенности химических связей природных полевых шпатов сохраняются после сплавления их при 1350°C и наследуются стеклофазой полученного фарфора.

Для образования стеклофазы при изготовлении электротехнической керамики применяют пегматиты (лянгарские, чупинские, елисеевские). При этом особое внимание уделяется качеству пегматитов, в которых должен преобладать K_2O , обеспечивающий по сравнению с Na_2O , повышенные диэлектрические свойства и снижающий склонность при обжиге к деформации изделий [2]. Поэтому необходимо полевошпатového сырье со строго регламентированным количеством K_2O и Na_2O , что обусловлено различным поведением их ионов в электрическом поле. К такому сырью относится микроклиновый пегматит северной Карелии Чупино-Лоухской пегматитовой провинции, который широко применялся для электротехнической керамики в бывшем СССР. Но в связи с ограниченностью запасов высококачественного сырья актуальным становится расширение сырьевой базы за счет нетрадиционных видов полевошпатовых пород.

К нетрадиционным полевошпатовым породам Карелии относятся щелочные и нефелиновые сиениты Элисенваары и Елетьозерского месторождений, граниты аплитовидные Лоухского района, вулканиты – геллефлинта Костомукшского месторождения железистых кварцитов (вскрышные породы) и кварцевые порфиры Роза-Ламби. В мировой практике подобные породы являются обычным источником минерального сырья, имеющего ряд преимуществ по отношению к пегматитам.

Спеки (материал в стеклообразном состоянии, в котором он находится в керамике), готовились из тонкоизмельченных (размер частиц 0.063мм) порошков обогащенных кварц-полевошпатовых пород путем спекания их в тиглях при 1350°C в течение 3 часов. Вязкость расплавов определяли по длине растекания, при 1350°C, штабика, приготовленного из порошка концентратов. Подложку в силитовой печи устанавливали под углом 45°.

Для измерения диэлектрических свойств подготовлены образцы из спеков методом шлифования на абразивном круге до размеров : – диаметр – 20 – 25 мм, высота 2 – 3 мм. Измерение величин ϵ , $\lg \rho$, $\lg \delta$ проводили с использованием моста емкостью Е-7-8; рабочая частота 1000 Гц, температура 20°C. Измерения выполнены сотрудниками лаборатории геофизики Клабуковым Б.Н. и Коршуновой В.И. Расчет электрических