

новка детальных поисков масштаба 1:5000–1:10 000. Участки к северу от оз. Верхнего и к югу от оз. Нижнее, Кумозеро рекомендованы для постановки прогнозно-минерагенических исследований как участки 2-ой очереди;

перспективы участка Половина (80 км²) представляются весьма высокими. Ряд критериев объединяет его с участками Рухнаволок и Хизоваара. В первую очередь здесь необходимо провести оценку с поверхности и на глубину известных жил, что позволит выделить участки для постановки поисковых работ;

на участке Чула-Гридино необходимо проведение детальных работ на прибрежной полосе Белого моря с целью выявления коренных источников гранулированных и полупрозрачных разновидностей кварца и изучение рыхлых пляжных отложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордиенко В.В., Богданов Ю.Б., Бойцова Ю.Н. и др. Слюдоносные пегматиты Северной Карелии. — Л.: Недра, 1976.
2. Данилевская Л.А., Скамницкая Л.С., Щипцов В.В. Кварцевое сырье Карелии. — Петрозаводск: КНЦ РАН, 2004.
3. Серых Н.М., Федотов В.К., Атабаев К.К. Минерально-сырьевая база кварцевого и оптического сырья: Состояние, проблемы, перспективы / Геологический съезд — СПб., 2000.
4. Щипцов В.В., Данилевская Л.А., Гаранжа А.В., Родионов В.С. Прогнозно-минерагеническая оценка кварценоности Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. — 2001. — Вып. 4. — С. 71–79. — Петрозаводск: Изд-во КНЦ РАН.

© Данилевская Л.А., Щипцов В.В., 2007

Данилевская Л.А., Щипцов В.В. (Институт геологии КНЦ РАН)

ПРОГНОЗ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ НОВОГО КВАРЦЕНОСНОГО ОБЪЕКТА МЕЛОМАЙС В КАРЕЛИИ

В гранитогнейсах северо-западной части Карельского кратона выявлена мощная кварцево-жильная зона субмеридионального простирания, которая по масштабам является уникальным проявлением кварца на территории Фенноскандинавского щита. Фрагмент этой зоны — проявление Меломайс расположен в Калевальском районе Респ. Карелия. Он находится в 17 км к востоку от г. Костомукша, лесовозная дорога подходит с юго-востока на расстояние 500 м от жилы (рис. 1). В пределах зоны разветвляющаяся кварцевая жила были проведены геологические и геофизические исследования, включавшие магниторазведку, электроразведку методом дипольно-осевого профилирования с незаземленными рабочими линиями (ДЮП, $f = 625$ Гц) и метод естественного электрического поля (ЕЭП), а также были проведены комплексные минералогические и технологические исследования кварцевого сырья.

При проведении геофизических исследований наиболее ощутимые различия вмещающих пород и кварцевого тела наблюдались в электрическом поле. В ходе интерпретации осредненные графики измерений позволили установить границы тела, выделяющегося более высокими значениями R_k (ом·м), а также его крутое падение и сдвиговые нарушения в центре кварцевого тела (см. рис. 1). Изрезанный характер графиков электрического и магнитного полей характеризует неоднородность кварцевого тела, что подтверждается геологическими наблюдениями.

Кварцевая жила залегает согласно сланцеватости вмещающих пород, представленных микроклинизированными гранитогнейсами. На контакте с кварцевой жилой гранитогнейсы претерпели значительное окварцевание и милонитизацию, что определяет большое влияние тектонического фактора во время формирования кварцевого тела. Азимут простирания кварцевого тела 320°, падение крутое, мощность тела варьирует от 70 до 170 м, длина составляет более 1,5 км, а максимальная видимая мощность жилы — около 130 м. Кварцевая жила подвергнута интенсивному позднему рассланцеванию, особенно в краевых частях, где наблюдаются тонкие чередующиеся прослойки, сложенные мелкозернистым кварцем и эпидот-слюдисто-полевошпатовым материалом. Направление рассланцевания субпараллельно простиранию жилы и гнейсовидности пород (320–340° СЗ). Более рассланцованные и минерализованные области чаще приурочены к краевым частям жилы. В центральных частях жилы наблюдается чередование без закономерной последовательности различных типов кварца: 1 — серого рассланцованного с участками сливного, 2 — массивного серовато-белого с полевым шпатом, имеющего иногда розоватый оттенок, 3 — сливного белого кварца, образующего в основном вытянутые зоны или небольшие жилки (рис. 2).

По минеральному составу кварцевая жила довольно однородна, суммарное содержание минеральных примесей варьирует от 1 до 5 %. Минеральные примеси, по всей видимости, наследуются из вмещающих пород и представлены: мусковитом с высоким содержанием K_2O (в среднем 11 %) и несколько повышенным содержанием суммарного железа (около 2,6 %); биотитом с довольно высоким содержанием MgO (14 %), который часто замещается хлоритом; калиевым полевым шпатом, представленным микроклином и Ва-К полевым шпатом (со средним содержанием Ва около 3 %) и плагиоклазом двух генераций — более ранним олигоклазом (№ 20), поздним — альбитом (№ 5) (рис. 3). В качестве единичных зерен присутствует эпидот, иногда встречаются зерна эпидота, содержащие Се (от 1 до 3,5 % Se_2O_3) и La (до 1,6 %). В качестве аксессуарных минералов также встречаются редкие зерна циркона, F-апатита и рутила, который образует включения в хлорите. Минерализация в основном развивается по субпараллельным трещинам и микротрещинам. Минеральные примеси ориентированы в одном направлении, микровключения равномерно распределены в породе, крупные зерна приурочены к трещинам.

Структурно-текстурные особенности кварцевой породы характеризуются наличием катаклаза крупных зерен кварца с образованием мелкогранулированного кварцевого агрегата, в основном приуроченного к минерализованным трещинам. Вытянутость зерен кварца и минеральных включений в одном направлении обуславливает линейно-параллельную текстуру породы. В зернах кварца наблюдается линейная и брусковидная блочность, местами переход в мозаичность, иногда сочетание блочности и облачного погасания. В некоторых крупных зернах наблюдаются факела или пластинки деформации. Размер зерен кварца варьирует от 0,1–0,4 мм (микрогранулы), до 0,45–4,4 мм (относительно крупные зерна).

Газонасыщенность кварца невысокая — средняя плотность включений по подсчету в шлифах составляет $3,38 \times 10^5$ см⁻², что незначительно превышает газонасыщенность перекристаллизованного, гранулированного

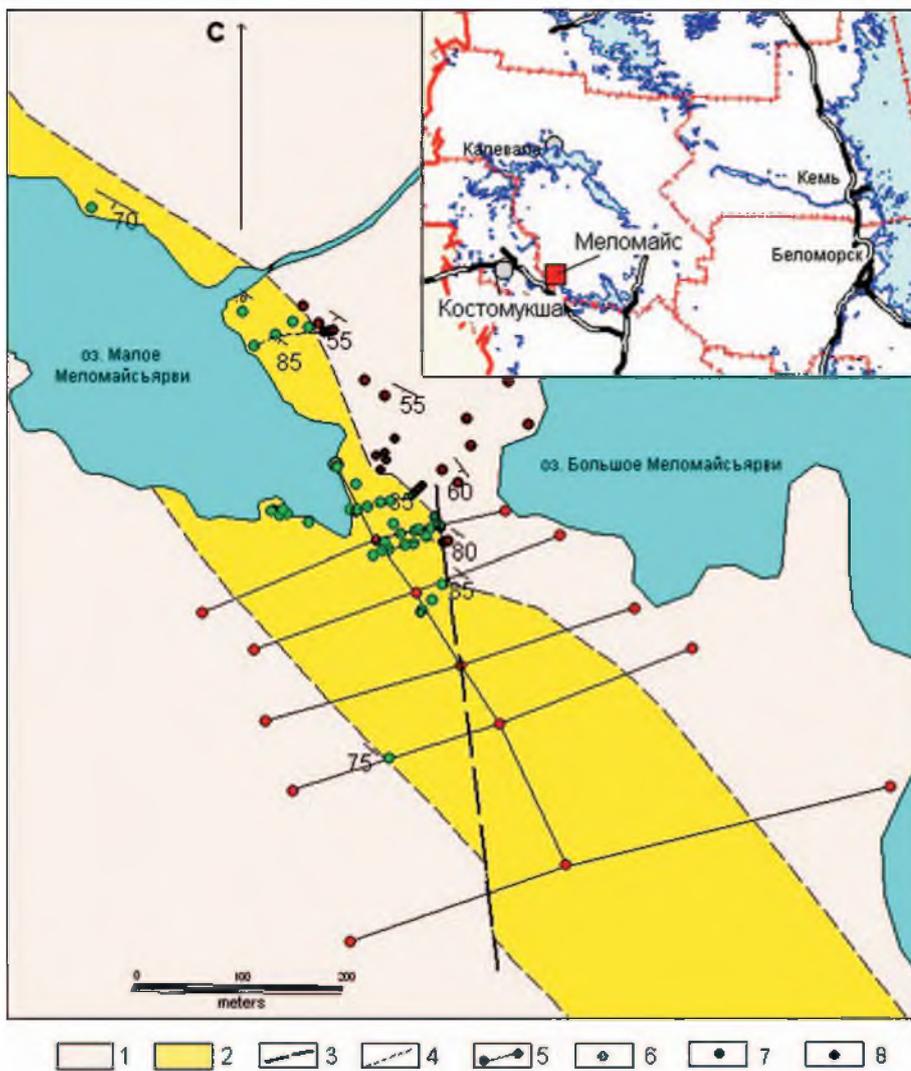


Рис. 1. Расположение и геологическая схема участка Меломайс: 1 — гнейсограниты; 2 — кварцевая жила; 3 — разлом; 4 — профили отбора проб; 5 — геофизические профили; 6 — выходы жильного кварца; 7 — точки контакта гнейсогранитов и жильного кварца; 8 — выходы гнейсогранитов

кварца и значительно ниже таковой у молочно-белого жильного кварца [1]. ГЖВ в основном распределены по трещинам залечивания, образуют небольшие ореолы на границах зерен кварца и вблизи минеральных включений.

Технологические испытания кварца были проведены в Институте геологии КНЦ РАН (предварительное обогащение) и в лаборатории ОАО «Полярный кварц» (глубокое обогащение). Среднее содержание SiO_2 в пробах исходного необогащенного кварца составляет 96,84 % при вариациях от 90,6 до 98,8 % (табл. 1). Характерно повышенное содержание примесей Al_2O_3 и K_2O , что связано с присутствием минеральных включений, а также Fe_2O_3 и FeO , которые обусловлены в основном наличием гидроксидов железа.

После операций предварительного обогащения (магнитная сепарация и кислотное выщелачивание) при крупности материала 0,4–0,1 мм наблюдается значительное уменьшение примесных оксидов (см. табл. 1), однако сохраняются высокие содержания алюминия и калия, что обусловлено

присутствием мелкодисперсных включений внутри зерен кварца и неполным раскрытием сростков. Кварцевое сырье данного проявления относится к одному технологическому типу.

Анализ концентрата на присутствие элементов-примесей также показал повышенные содержания ряда элементов, в основном Al и K, связанных с присутствием минеральных примесей (мусковита, биотита, плагиоклаза, калиевого полевого шпата) (табл. 2). Характерны низкие содержания Li, B и P, которые являются наиболее трудно удаляемыми примесями, особенно при получении поликристаллического кремния.

Проведенные технологические испытания показали, что кварцевый продукт после операций предварительной очистки в среднем отвечает требованиям стекольной промышленности для производства изделий высокой светопрозрачности, а также может быть легко применим для производства диносовых изделий и карбида кремния. Кроме того, кварцевые концентраты после стадий предварительного обогащения соответствуют требованиям промышленности для производства кристаллического кремния [1].

Исследования по глубокому обогащению кварца, проводимые в лаборатории ОАО «Полярный кварц», осуществлялись с целью оценки данного сырья для получения высокочистых кварцевых кон-



Рис. 2. Фото обнажения центральной части жилы — чередование массивного и сливного кварца

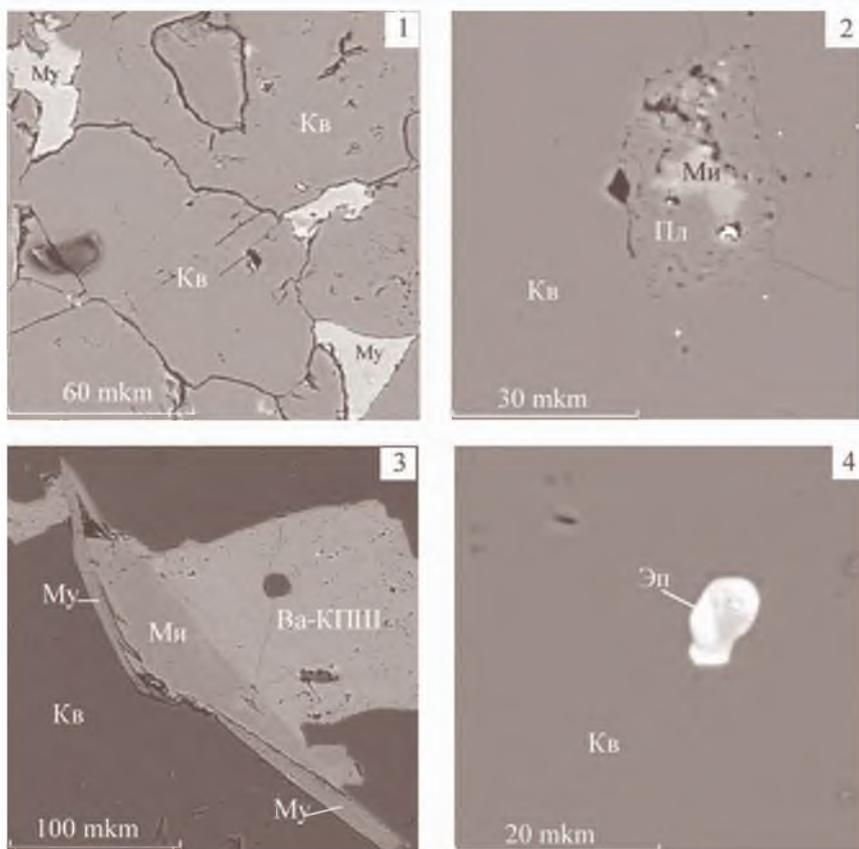


Рис. 3. Минеральные включения в кварце (Кв): 1 — мусковит (Му), 2 — микроклин (Ми) и плагиоклаз (Пл); 3 — микроклин (Ми) в сростании с Ва-К полевым шпатом (Ва-КПШ) и мусковитом (Му); 4 — эпидот (Эп). Фото выполнены на сканирующем микроскопе TESCAN

центратов, пригодных для производства плавленного кремнезема. Проведенное изучение показало, что по данной технологии обогащения, разработанной для крупнозернистого кварца месторождения Додо (Полярный Урал), обогащение кварца проявления Меломайс не дает положительных результатов, так как в концентратах сохраняются тонкие включения мусковита, дающие повышенные содержания Al и K [1]. Несмотря на данный эксперимент, вопрос получения особо чистых кварцевых концентратов из кварцевого сырья участка Меломайс остается открытым и требует дополнитель-

ного изучения физико-химических свойств кварца и подбора технологий обогащения.

Весь комплекс проведенных исследований дал возможность оценить потенциал кварца крупного кварценозного тела Меломайс. На данный момент целесообразным является проведение дальнейших укрупненных исследований кварцевого сырья с целью оценки его для производства кристаллического кремния, который, в свою очередь, является источником для получения поликристаллического кремния. Актуальность этой задачи определяется в первую очередь высоким мировым спросом на поликристаллический кремний со стороны полупроводниковой промышленности и солнечной энергетики. В настоящее время (по данным USGS Mineral Commodity Summaries, информации на страницах журналов «Industrial Minerals» и др.) мировое производство поликристаллического кремния составляет около 30 тыс. т в год, четвертая часть из которых используется в фотоэнергетике. Основную часть мирового рынка поликристаллического кремния контролируют несколько крупнейших компаний из США, Японии, ФРГ и Италии (Hemlock, Tokuyama, Waker, REC, Mitsubishi Materials Polysilicon и MEMC), в последнее время к ним присоединился и

Китай. В настоящее время (по данным пресс-релизов лидирующих компаний) мировые производители принимают меры по увеличению производства поликремния, дефицит на этом рынке оценивается в 40 %, а потребности рынка ежегодно растут в среднем на 10 %. Это привело к быстрому росту цен на него, в 2005 г. по сравнению с 2004 — в 2 раза (с 30 до 60 долл. США/кг), а в 2006 г. цена на поликремний в мире поднялась до 80 долл./кг и сейчас уже доходит до 120 долл./кг.

Кроме того, постоянно расширяется спектр применения металлического кремния и феррокремния и соответ-

Таблица 1

Средний химический состав исходного и предварительно обогащенного кварца

Кварц (количество проб)	Содержание оксидов, масс. %												
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	ппп	Σ
Исходный (31)	96,84	0,05	1,37	0,27	0,44	0,01	0,19	0,05	0,08	0,41	0,07	0,28	100,06
После обогащения (21)	98,36	0,01	0,65	0,07	-	0,002	0,18	0,06	0,05	0,25	0,04	0,15	99,82

Анализы выполнены в лаборатории ИГ КНЦ РАН

Таблица 2

Содержание элементов-примесей в кварце после предварительного обогащения, ppm

Al	Ba	B	Ca	Cr	Cu	Fe	Ge	Li	K	Mg	Mn	Na	Ni	P	Sr	Ti	Zn	Zr
184	4,3	0,5	25	0,15	1,3	39	<0,1	0,4	54	22	0,5	38	0,22	<0,1	0,5	3,4	0,5	0,3

Анализы выполнены в лаборатории химического анализа РНЦ «Курчатовский институт»

ственно растет спрос на них на мировом рынке. Феррокремний является самым крупнотоннажным и выгодным ферросплавом и основой целых направлений высокотехнологических производств современной промышленности. Отмечается также рост потребления кремния в химической промышленности, производстве силиконовых (кремнийорганических) материалов для изготовления пластмасс, лакокрасочной продукции и т.п.

Россия является одной из немногих стран в мире (наряду с Японией, США и Германией), владеющих технологией производства поликремния и на его основе монокремния. Несмотря на то, что в 1990-е годы произошел резкий спад в производстве поликремния, связанный с распадом СССР и кризисом в экономике, в последние годы наметился значительный прогресс в развитии данной отрасли. И дальнейшие тенденции, по всей видимости, будут положительными, поскольку цены на импортное сырье растут, дефицит увеличивается (в т.ч. и для оборонной промышленности), а в то же время в стране есть все необходимые компоненты для успешного развития этой отрасли: дешевая электроэнергия, недорогая высококвалифицированная рабочая сила, а также запасы высококремнеземистого сырья.

Так, в Восточной Сибири, где сосредоточены значительные ресурсы кварцевого сырья, к 2008 г. намечается запуск больших мощностей по производству поликремния. Это в первую очередь заводы «Группы Нитол», ГХК (Железногорск) (по информации с Интернет-сайтов этих компаний). Но и они не будут полностью удовлетворять потребности российского рынка. Чтобы решить проблему зависимости российской микроэлектроники и других высокотехнологических отраслей промышленности от импорта, возникнет необходимость строительства новых заводов и открытия новых мощностей уже существующих заводов по производству поликремния, в т.ч. и в Европейской части России. Встает вопрос об источниках высококремнеземистого сырья, пригодных для производства кристаллического кремния и поликремния, и, вместе с тем, возникает необходимость оценки существующих кварценозных объектов и поиска новых. В этом отношении предварительная оценка кварцевой жилы Меломайс дает основания считать, что этот достаточно крупный по ресурсам объект относится к весьма перспективным для получения металлического и поликристаллического кремния, тем более что объект находится вблизи транспортных путей и в районе с развитой инфраструктурой.

Подсчитанные прогнозные ресурсы кварцевого сырья жилы Меломайс по категории P_1 (наиболее обнаженная и опробованная часть тела) составляют 820 тыс. т, а по категории P_2 — 7,2 млн. т. Кроме того, рассматриваются возможности комплексного использования кварцевого сырья данной жилы, в т.ч. и для производства минеральных фильтров, кварцевой керамики и др. [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилевская Л.А., Скамницкая Л.С., Щипцов В.В. Минералогическая оценка и перспективы и использования сырья кварцевой жилы Меломайс (Карелия) // Обогащение руд. — 2006. — № 3. — С. 11–15
2. Данилевская Л.А., Щипцов В.В., Скамницкая Л.С. Крупная кварценозная зона Меломайс (Карелия) — возможности комплексного использования / Промышленные минералы и научно-технический прогресс. Матер. 2-ой международ. конференции. — М.: ГЕОС, 2007. — С. 106–109

Кузнецов С.К., Юхтанов П.П., Лютоев В.П., Котова Е.Н., Шанина С.Н. (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН)

ПРИПОЛЯРНОУРАЛЬСКАЯ КВАРЦЕВОЖИЛЬНО-ХРУСТАЛЕНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОСОБО ЧИСТОГО КВАРЦА

Высококачественное кварцевое сырье, к которому относятся горный хрусталь, прозрачный и гранулированный жильный кварц, имеет большое промышленное значение. Такое сырье используется для плавки стекла и синтеза монокристаллов, производства керамики и других материалов. Месторождения жильного кварца и горного хрусталя находятся в России, Бразилии, США, Китае, Мадагаскаре и некоторых других странах. В последние годы в связи с развитием оптики и электроники возникла проблема особо чистого кварцевого сырья для плавки стекла. Основным его производителем является фирма UNIMIN (США), применяющая эффективные способы глубокого обогащения природного кварца. Получаемые на российских предприятиях кварцевые концентраты пока не отвечают уровню мировых стандартов.

С целью формирования сырьевой базы особо чистого кварца ФГУП «Центркварц», некоторыми другими предприятиями и научно-исследовательскими институтами начаты ревизионные геологические работы, включающие переоценку известных месторождений Урала, Прибайкалья, поиск месторождений нетрадиционного типа, совершенствование технологий обогащения сырья [1, 5, 9, 11]. Большой интерес в отношении особо чистого кварца представляет Приполярноуральская кварцевожильно-хрусталеносная провинция. В ходе выполненных ранее геологоразведочных работ здесь установлено более 200 проявлений и месторождений жильного кварца и горного хрусталя. Оценены запасы прозрачного жильного кварца, горного хрусталя, пье-

Таблица 1
Основные провинции и месторождения высококачественного кварцевого сырья. По данным [9]

Провинции, месторождения	Административная принадлежность	Запасы кварцевого сырья, %	
		Прозрачный кварц	Гранулированный кварц
Южноуральская	Челябинская обл.		
<i>Кыштымское</i>		—	17,2
<i>Ларинское,</i>		—	58,4
<i>Вязовское,</i>			
<i>Кузнецкихинское,</i>			
<i>Аргазинское</i>			
<i>Беркутинское</i>	Респ. Башкортостан	—	1,1
<i>Пугачевское</i>		1,2	—
<i>Новотроицкое</i>		1,9	—
Приполярноуральская	Респ. Коми		
<i>Желанное</i>		80,4	—
<i>Додо, Пуйва</i>	Ханты-Мансийский АО	16,5	—