



*Российская Академия Наук*

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ  
И ГЕОЭКОЛОГИИ  
СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

**Том VII  
Часть 1**

Москва, 2017 г.

**КОПИЯ  
ВЕРНА**



*Handwritten signature*



*Российская Академия Наук*

Департамент по недропользованию по СКФО  
Академия наук Чеченской Республики  
ИИЕТ им С.И. Вавилова РАН  
КНИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН  
Геофизический институт ВНЦ РАН  
Институт геологии ДНЦ РАН  
Чеченский государственный университет

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ  
СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

**Том VII**

**Часть 1**

Коллективная монография  
по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции  
«Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа»  
6-9 декабря 2017 г., г. Ессентуки

*Научный редактор*  
*д.ф.-м.н., профессор, академик Академии наук ЧР*  
*И.А. Керимов*

**КОПИЯ  
ВЕРНА**

Москва 2017



УДК 55.478.6

ББК 26.3 (235.7)-26.2(235.7)-2013(235.7)

Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа.  
Том VII. Часть I / Под ред. Керимова И.А. М.: ИИЕТ РАН, 2017. 551 с.

*Авторский коллектив*

*Керимов И.А., Айдарова З.Г., Анискин Е.М., Алексеев В.А., Алиев А.Р., Антонов В.А., Арсланов Х.И., Арсланов Е.В., Арсланов В.П., Барабошкина Т.А., Баталин Ю.В., Бочаров Т.Х., Белая Е.В., Бариев Г.Н., Босум И.А., Бойко Н.И., Борисенко (Редкобородова) З.Г., Бочаров А.В., Бочаров В.А., Буриев А.А., Быдаева Н.Г., Вертий С.И., Висмурадов А.В., Воронцова И.В., Гайдух В.В., Гайнутдинов И.К., Галияхметова Л.Х., Горбачев Б.Ф., Грознев В.А., Грибов В.С., Гусейнов М.М., Данилов М.Н., Даукаев А.А., Деметьева И.Е., Джобраилов А.В., Добродородный В.Н., Доля А.Н., Доценко В.В., Егорова Н.Г., Жестков Д.Н., Жигалин А.Д., Земцов П.А., Норисов И.А., Исаев В.С., Исаков С.И., Исмаилов Д.А., Казанова Э., Кайгородова Е.Н., Калинин В.В., Кафтанатий Е.Б., Кодаш А.С., Кокш А.В., Коломенская В.Г., Корнилов А.В., Куранов Ю.В., Курбанов М.М., Лузин В.П., Лузина Л.П., Махарюха С.В., Масловская Е.Г., Мацапулин В.У., Мельников П.Н., Моллаев З.Х., Морозов В.В., Мурыгин А.П., Немцов Н.И., Нисматов И.Н., Никифоров Ю.А., Николаев А.В., Оздоев А.В., Омельченко В.Л., Парада С.Г., Первозчиков С.Н., Перин А.Н., Пермьяков Е.Н., Пинчук Т.Н., Писаренко Г.П., Поликарпов М.Ю., Полянин В.С., Попков В.И., Попков И.В., Прозорова Г.И., Прохляков С.Л., Распопов Ю.В., Рябов Г.В., Савина Ю.А., Савинов А.В., Саидхмедов Т.С., Салтыкова Н.Н., Самигуллин Р.Р., Самойленко И.Ю., Семенов Ф.В., Сианиски С.Э., Сианиски Э.С., Сичинава В.В., Снежко В.А., Снежко В.В., Соловьев Б.А., Старосуд Э.Р., Степанов А.Н., Сютин В.П., Тимурзиев А.И., Трофимов В.Т., Трунов Н.М., Труфанов А.В., Труфанов В.Н., Тулышева Е.В., Улановская Т.Е., Харьковина М.А., Чайкин В.Г., Чапыгина Н.В., Черкашин В.И., Чешев М.В., Шатиев Д.Ш., Швыдкая Н.В., Штунь С.Ю., Щербакова Т.А., Юсупов А.Р., Ярошенко А.А.*

Монография подготовлена коллективом авторов по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа», состоявшейся в г. Ессентуки 6-9 декабря 2017 г. В коллективной монографии, состоящей из 2-х частей, рассматривается широкий круг вопросов по геологическому строению и полезным ископаемым Северного Кавказа. В 1-й части монографии представлены материалы по геологии разведке месторождений углеводородов и твердых полезных ископаемых Северного Кавказа, во 2-й части опубликованы материалы по геодинамике, геофизике, сейсмологии, геоэкологии и истории наук о Земле.

Публикуемые материалы представляют интерес для широкого круга специалистов научных и производственных организаций, студентов и аспирантов геологических, геофизических, географических и геоэкологических специальностей, а также для производственных предприятий и организаций, занятых в освоении минерально-сырьевых ресурсов и предпринимателей, готовых вложить инвестиции в геологию, геоэкологический туризм и т.д. Материалы публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-98866-067-5

© ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, 2017

© Академия наук Чеченской Республики, 2017

© Коллектив авторов, 2017

**КОПИЯ  
ВЕРНА**



## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КВАРЦЕВОГО СЫРЬЯ ПО КОМПЛЕКСУ ТИПОМОРФНЫХ ПРИЗНАКОВ КВАРЦА

© Быдтаева Н.Г., Беляев Е.В., Галиахметова Л.Х., Нигматов И.Н.  
ЦНИИГеолеруд, г. Казань

*Рассмотрены основные направления использования кварцевого сырья и требования к качеству продуктов на его основе. Предложен комплексный подход в исследовании типоморфных свойств природного кварца, который позволяет прогнозировать качество кварцевых продуктов и корректировать схемы обогащения при получении особо чистых кварцевых концентратов. Качественная оценка кварцевого сырья проводилась по совокупности признаков, учитывающих химический и минеральный состав, текстурно-структурные особенности и физико-химические характеристики на примере кварцевого сырья Республики Северная Осетия-Алания и Патомского кварцевого района, входящего в состав Прибайкальской кварцевосной провинции.*

*Ключевые слова:* кварцевый, сырье, продукты, кварц, желтый, молочно-белый, гранулированный, минеральный, примеси, газовой-жидкий, включения, элементы-примеси, Северный Кавказ, Прибайкалье, Россия

Минерально-сырьевая база кварцевого сырья России объединяет месторождения пьезооптического кварца, горного хрусталя и жильного кварца (гранулированного, прозрачного, молочно-белого), традиционно используемого для получения однокомпонентного кварцевого стекла и в качестве шихты для синтеза искусственных кристаллов кварца [6].

В последние годы в России и в мире существенно возросли сферы использования кварцевого сырья, в том числе, в электронной и космической промышленности, в сфере нанотехнологий, для получения кварцевых тиглей, кремния «солнечного качества», микропорошков. Для каждого вида получаемой продукции разработаны технические условия. Так, для производства тиглей требуется кварц высокой минеральной чистоты. Лучшие современные образцы кварцевых труб изготавливаются из кварцевых концентратов с общим содержанием химических примесей менее 25 ppm. Особое значение придается отсутствию в кварцевых концентратах газовой-жидких включений и красящих примесей.

Вторая сфера использования кварцевого сырья – получение поли- и монокремния для солнечной энергетики и электроники. Поликристаллический кремний применяется полупроводниковой промышленности в качестве



исходного продукта для получения «солнечного кремния». Кварцевые порошки с размером частиц менее 100 микрон и содержанием  $\text{SiO}_2$  99,5–99,9% согласно требованиям к гранулометрии, химической чистоте и форме частиц порошков различаются областями использования. Порошки, применяемые в качестве наполнителей при производстве подложек больших интегральных схем (БИС), должны иметь минимальные содержания радиоактивных элементов (прежде всего U и Th), влияющих на стабильность работы БИС. Определение качественных параметров природного кварцевого сырья имеет важное значение на ранних этапах изучения объектов, для предварительного определения областей его применения. Для разработки комплекса методов изучения и оценки природного кварцевого сырья был проанализирован обширный материал по геолого-минералогическому, аналитическому и технологическому изучению месторождений кварцевого сырья основных кварценозных провинций РФ [6].

В настоящее время в практике геологоразведочных работ используются технические условия на кварцевые концентраты (ТУ-97), а не к природному сырью. Поэтому большое внимание при проведении исследований уделено методам изучения исходного кварцевого сырья. Полевые методы включали визуальное изучение кварцевой жилы, ее параметры, характер контактов жилы с вмещающими породами, наличие и виды проникающих примесных минеральных компонентов и степень их развития, визуальная чистота самого кварца, гранулометрия, а также исследование жилывмещающего комплекса. Качественная оценка кварцевого сырья проводилась по совокупности признаков, учитывающих химический и минеральный состав, текстурно-структурные особенности, физико-химические характеристики, определяющие возможные направления и показатели использования сырья и корректировки схем обогащения при получении особо чистых кварцевых концентратов. Комплекс включал петрографический, минералогический, ИСР, ЭПР методы.

Петрографическими методами (оптическая микроскопия) определялись:

- структурно-текстурные особенности: структура (однородная, неоднородная, гетеробластовая и т.д.), форма и размер зерен, минеральные включения, текстура (однородная массивная, полосчатая, линзовидная);
- структуры метабазиса кварца, характеризующие интенсивность проявленных метаморфических процессов и степень дефектности кварцевых зерен [5];
- субструктура отражает дислокации, пояса деформации, блокирование и др.; увеличение степени наложенного метаморфизма (появление рекристаллизационных процессов) приводит к появлению однородных, недеформированных, вторично образованных зерен, которые характерны для гранулированного кварца;
- минеральные примеси, которые оказывает решающее влияние на обогатимость природного кварцевого сырья, выбор рациональной



технологии переработки и качество получаемых кварцевых концентратов;

- наличие твердых минеральных примесей в кварцевых концентратах приводит к образованию в получаемом кварцевом стекле макро неоднородностей;
- газопо-жидкие включения (ГЖВ), для оценки содержания которых использована петрографическая методика определения в шлифах, позволяющая распределять газопо-жидкие включения по классам крупности, характеру их распределения (внутри зерен, в межзерновом пространстве).

Коэффициент светопропускания отражает газонасыщенность кварца и позволяет предварительно разбраковывать кварцевое сырье по возможным сферам его использования.

Структурные примеси входят в структуру кварца. Для их определения использован метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Наиболее важным критерием качества является содержание структурного алюминия в кварце, а также Ti- и Ge-центров. Очистка кварца от структурных примесей при современных методах обогащения не представляется возможной. Изучение типоморфных свойств кварца является важной подстадий для определения обогатимости кварцевого сырья, корректировки технологических схем его переработки и отбраковки труднообогатимого сырья.

В последние годы ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» проведены поисковые работы в ряде регионов РФ с целью оценки объектов кварцевого сырья, в том числе на территории Северного Кавказа и Прибайкалья с использованием их комплексной оценки. На территории Северного Кавказа, особенно в горной его части, развиты осадочные, метаморфические и гидротермальные комплексы, несущие кварцевое оруденение. В период 2012-2014 гг. специалистами ОАО «Севостеологоразведка» при участии сотрудников ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» изучалось кварцевое сырье территории Республики Северная Осетия-Алания. Поисковые работы были проведены на целом ряде участков развития жильного кварца (Водораздельный Шток, Хардочинский, Бугультинский, Арсикомский, Даргшудонский, Дзагалькомский, Зругский, Лядонский, Байкомский и др.), кварцевых песков (Фиагонский, Кодахляинский, Майрамадагский, Чернореченский, Медвежегайский и др.), кварцитов (Ларцидонский-II) и кварцевых гравелитов (Мидаграбинский, Ларцидонский-I, Волопадный, Штырдонский и др.). Предварительные аналитические исследования показали, что наиболее качественным сырьем является молочно-белый жильный кварц [7]. Перспективными признаны Арсикомское, Дзагалькомское и Даргшудонское проявления Фиагонской площади. В геологическом строении площади проявления Фиагонской площади основную роль играют терригенно-вулканогенные образования нижней юры и приуроченные к ним зоны окварцевания. Перспективные проявления Фиагонской площади расположены в зоне окварцевания Лядонского района, относящихся его

КОПИЯ  
ВЕРНА



Handwritten signature or initials.

структур и объединяют две группы кварцевых тел: зоны окварцевания, жилы и линзообразные тела в глинистых сланцах, а также жилы, прожилки и линзообразные тела в базальтоидах.

Наиболее перспективными являются жилы терригенных толщ, выполненные молочно-белым кварцем. Жильная масса Арсикомского и Дзагъалыкомского проявлений представлена преимущественно молочно-белым крупнозернистым трещиноватым слабо ожелезненным кварцем, залегающим в сложноразбитой толще глинистых сланцев циклаурской свиты ( $J_1ck$ ). На протяжении 5500 м, с запада на восток жила приурочена к осевой зоне. Мощность жилы варьирует от 1,9 до 5,0 м, средняя кварценность составляет 14-16%.

Проявление Даргшуадонское представлено сближенными зонами окварцевания, приуроченными к системе субпараллельных, крутонадающих ( $55-75^\circ$ ) сколовых трещин, оперяющих зону Льядонского разлома. Мощности наиболее представительных жильных тел варьирует от 2,1 до 10,2 м. Кварц в жилах молочно-белый крупнозернистый трещиноватый слабо ожелезненный. По латерали на юго-запад жилы сливаются и прослеживаются на 580 м. Кварценность данного проявления составляет 18-20%. Кварц мономинеральных жилы мелко- и разнозернистой структуры, массивной текстурой и наличием существенного количества газово-жидких включений, в связи, с чем он не просвечивает даже в полированных пластинках толщиной 2-3 мм. Полученные кварцевые концентраты имеют низкое светопропускание, которое не позволяет использовать их для изготовления прозрачного кварцевого стекла, но возможно применение для получения различных сортов технического кварцевого стекла, а молочно-белый кварц – как шихту при синтезе кристаллов кварца и получения металлургического кремния.

Лабораторно-аналитические исследования, проведенные АТСИЦ ФГУП «ЦНИИгеолнатур» [2] показали, что в необогащенном виде жильный молочно-белый кварц содержит  $SiO_2$  в количестве 99,2-99,6%. Это сырье пригодно для производства металлургического (кристаллического) кремния, специальных сплавов силуминов, для силикатно-термических процессов восстановления, производства водорода и производства поликристаллического кремния с использованием Сименс-процесса. Возможно также использование обогащенного молочно-белого жильного кварца РСО-Алания с низким содержанием бора (не более 0,5 ppm) и фосфора (не более 0,1 ppm), а также суммарным содержанием 16-ти элементов-примесей (Fe, Na, K, Li, B, P, Ca, Sr, Ni, Co, Cu, Mg, Mn, Ni, Ti, Zr) не более 50 ppm для прямого восстановления с получением высококачественного UMG-Si и для последующего получения кремния «солнечного качества».

Полученные предварительные результаты поисковых работ и аналитико-технологические исследования могут служить основой создания на территории Северного Кавказа и Северной Осетии в частности производства кремниевой продукции для солнечной энергетики и микроэлектроники.







надвигов. В пределах минерагенической зоны выделена система купольно-кольцевых структур разного ранга и формы с ограничивающими их кольцевыми и дуговыми разломам, линейным сдвиго-надвигами, с которыми установлена пространственная связь кварцевой минерализации [4]. Жиловмещающими являются преимущественно породы, относимые к хайвергинской и бугарихтинской свитам, в составе которых объединены как терригенно-осадочные комплексы, так и продукты их метаморфизма. Присутствуют кварциты, гнейсы, кристаллические сланцы. Среди кварцитов преобладают слюдяные разновидности с содержанием слюды (мусковита и биотита) от 15 до 30%. Гнейсы содержат плагиоклаз (преимущественно альбит-олигоклазового ряда), в количествах более 20% присутствует кварц, темноцветные представлены биотитом, гранатом, редко амфиболом и моноклинным пироксеном. Аксессуарные минералы – апатит, магнетит, ильменит, рутил, циркон; турмалин. Среди кристаллических сланцев преобладают биотит-мусковитовые, графит-слюдяные разновидности, содержащие 10-15% биотита, 25-55% мусковита и 15-40% кварца. Минералы группы титана – ильменит и рутил – присутствуют в большинстве пород, также широко распространено графитсодержащее вещество.

Петрографо-петрохимическое изучение показало, что исходные терригенно-осадочные породы преобразованы в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций. Практически все изученные породы несут следы динамометаморфических преобразований: полосчато-линзовидный и пятнистый облик, микропорфирокластические обособления, повышенное содержание углеродисто-графитового вещества. Размер зерен основной ткани породы составляет 0,1-0,3 мм, что не характерно для продуктов регионального метаморфизма.

Кварцевые жилы, выявленные в пределах Мало-Чипикетской зоны, линзо-, клино-, копье-, седло- и четковидные, невыдержанные по простиранию, с резкой изменчивостью по мощности, частыми раздувами и пережимами, образующими будинообразные формы. Крупные жилы имеют преимущественно линзовидную, реже линзовидно-пластовую форму. Жильные зоны представлены сближенными кварцевыми телами. Контакты преимущественно пологие с падением в северных румбах, согласные с вмещающими породами. Редкие крупные штилообразные жилы при средней мощности 3-4 м по простиранию прослеживаются на 100-150 м. Кварцевые жилы Мало-Чипикетской зоны сложены тремя структурно-текстурными разновидностями: 1) равномернозернистым гранулированным кварцем; 2) неравномернозернистым гранулированным кварцем с участками стекловидного или полупрозрачного крупно-гигантозернистого кварца; 3) первичнокристаллическим крупно-гигантозернистым кварцем.

Равномернозернистый гранулированный кварц в шлифах представлен кварцевым агрегатом равновесной гранобластовой структуры, сложенный полигональной, изометричной и близкой к изометричной формы с



довольно гладкими контурами (рис. 1 А). Средний размер зерен составляет 1-3 мм, максимальный – не превышает 7-8 мм. Следы деформаций отсутствуют либо слабо проявлены и представлены факелами деформации, полосками Бёма и слабо выраженным блочным строением зерен. Погасание зерен преимущественно однородное, реже волнистое.

Неравномернозернистый гранулированный кварц с участками стекловидного или полупрозрачного крупно-гигантозернистого кварца микроскопически представлен кварцевым агрегатом гетеробластовой структуры, сложенный зернами неправильной, удлиненной формы с извилистыми, фьордовыми, зубчатыми границами, часто с входящими углами.

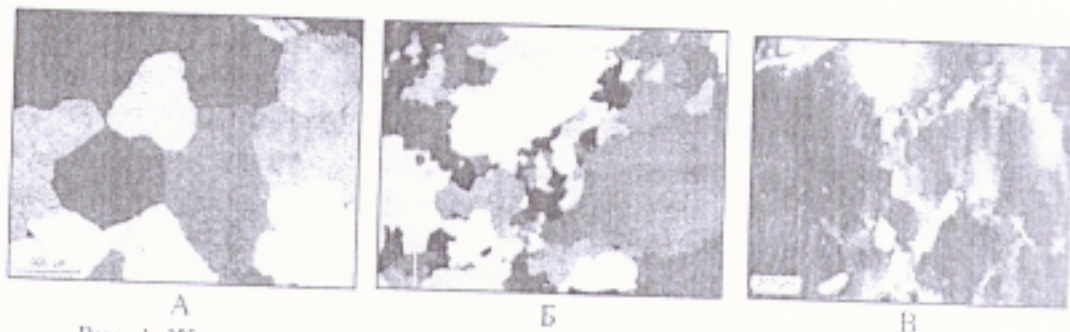


Рис. 1. Жильный кварц Мало-Чипикетской площади. Николи скрещены  
 А – мелкозернистый кварц равновесной гранобластовой структуры; Б –  
 рекристаллизация по границам зерен; В – пояса деформации с начальной  
 рекристаллизацией в гигантозернистом первичнокристаллическом кварце

Размеры зерен варьируют от 1 до 15 мм. Кварц интенсивно деформирован, содержит трещины хрупкой деформации и субструктуры метабазиса, отражающие пластические деформации. Субструктуры представлены факелами и пластинками деформации, неоднородным погасанием, большим количеством полосок Бёма в двух взаимоперпендикулярных направлениях, деформационными изгибами и системами сопряженных субпараллельных изгибов. Зерна характеризуются блочным строением, наблюдается неравномерное блокование, местами с разориентировкой блоков. Вблизи границ крупных зерен блокование переходит в мозаичность, где нередко наблюдается процесс начальной рекристаллизации с образованием мелких изометричных зерен размером 0,2-0,8 мм. Начальная стадия процесса рекристаллизации также улавливается по редким поясам деформации и вдоль ступенчато-зубчатых границ интенсивно деформированных зерен (рис. 1 Б).

Первичнокристаллический крупно-гигантозернистый кварц в шлифах представлен зернами неправильной формы размером более 10 мм. Для данного типа кварца характерны субструктуры средних и высоких ступеней пластических деформаций, которые представлены факелами и пластинками деформаций, неоднородным погасанием, полосками Бёма, интенсивным линейным и неравномерным блокованием, деформационными изгибами.



Присутствуют полосы деформаций, по которым наблюдается начальная стадия процесса рекристаллизации с образованием единичных мелких зерен новообразованного кварца (рис. 1 В).

Наблюдаемые в кристаллах кварца газово-жидкие включения (ГЖВ) разнообразны по форме, размерам и фазовому составу и сгруппированы в 4 группы: 1) однофазовые и двухфазовые включения небольших размеров (1-2 мкм и менее), округлой, овальной формы, иногда с элементами огранки, расположенные в коротких и длинных прямолинейных залеченных трещинах; 2) включения, расположенные небольшими группами вблизи границ зерен либо вокруг локальных нарушений, характеризуются небольшими размерами (от 1-2 до 8-10 мкм) и неправильной формой; 3) мелкие точечные включения, распределенные по межзерновому пространству либо по контурам микроблоков в неравномерно блокованных зернах; 4) крупные включения (до 50 мкм и более) сложной неправильной формы без закономерностей распределения.

Содержание ГЖВ, определяемых в шлифах, варьирует в широком диапазоне. Наибольшее количество включений ГЖВ обнаружено в замутненных участках первичнокристаллического крупно-гигантозернистого кварца. Здесь преобладают довольно крупные включения без закономерностей распределения (4 группа) и густая сеть субпараллельно расположенных прямолинейных полосок, насыщенных мелкими включениями изометричной формы (1 группа). При этом в данном типе кварца встречаются высокопрозрачные (фрагментарно-стекловидные) участки, свободные от включений. Участки фрагментарно-стекловидного кварца в обнажениях достигают 10-15 см в поперечнике. Наименьшее количество ГЖВ наблюдается в равномернозернистом гранулированном кварце, где включения распределены в межзерновом пространстве и единичных прямолинейных залеченных трещинах (1 группа). Для количественной оценки степени прозрачности кварца и относительной оценки количества газово-жидких включений использовался метод определения коэффициента светопропускания (Т). Коэффициент светопропускания равномернозернистого гранулированного кварца составляет 69,2-80,5%. Данный показатель после глубокого обогащения в среднем может увеличиваться до 10%. Таким образом, этот тип кварца может быть потенциально пригодным для использования в высоких технологиях. Неравномернозернистый гранулированный кварц с участками стекловидного или полупрозрачного крупно-гигантозернистого кварца характеризуется светопропусканием от 52,1 до 79,8%. Неоднородность структуры сказывается на переменнойности показателя светопропускания. Эта разновидность кварца пригодна для использования в производстве светотехники. Светопропускание первичнокристаллического крупно-гигантозернистого кварца в замутненных участках не превышает 50-55%, а участки со стекловидным кварцем характеризуются высокими показателями Т до 92,5%. В связи с тем, что по ТУ 41-07-014-86 показатель светопропускания не нормируется, химически чистые разновидности первичнокристаллического кварца можно использовать в



качестве шихты для синтеза искусственных кристаллов кварца. Преобладающая часть кварцевого сырья Мало-Чипикетской зоны характеризуется светопропусканием  $\geq 70\%$  (рис. 2).

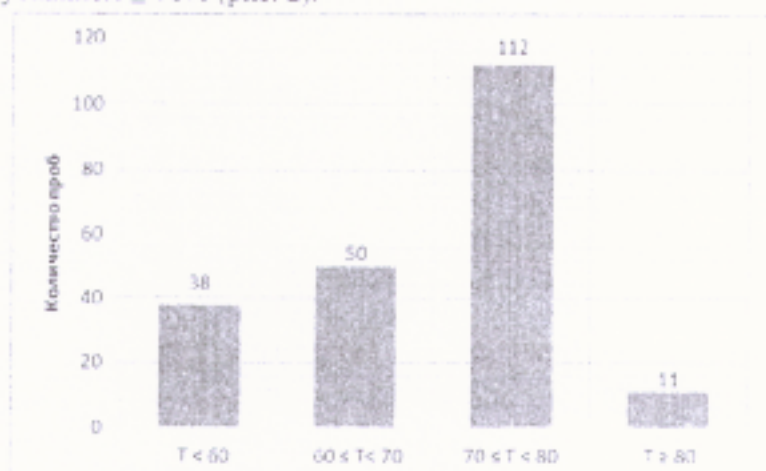


Рис. 2. Распределение коэффициента светопропускания по данным 211 анализов кварца

Минеральные примеси также оказывают решающее влияние на обогатимость природного кварцевого сырья, выбор рациональной технологии переработки и качество получаемых кварцевых концентратов. Исследования показали, что в кварце Мало-Чипикетской площади присутствуют (Ошибка! Источник ссылки не найден.) мусковит, гидроокислы железа, полевые шпаты, хлорит, биотит, фуксит, серицит; реже встречается графит, пирит, турмалин, амфибол, сподумен, апатит, гематит, цеолит, гранат и эпидот.

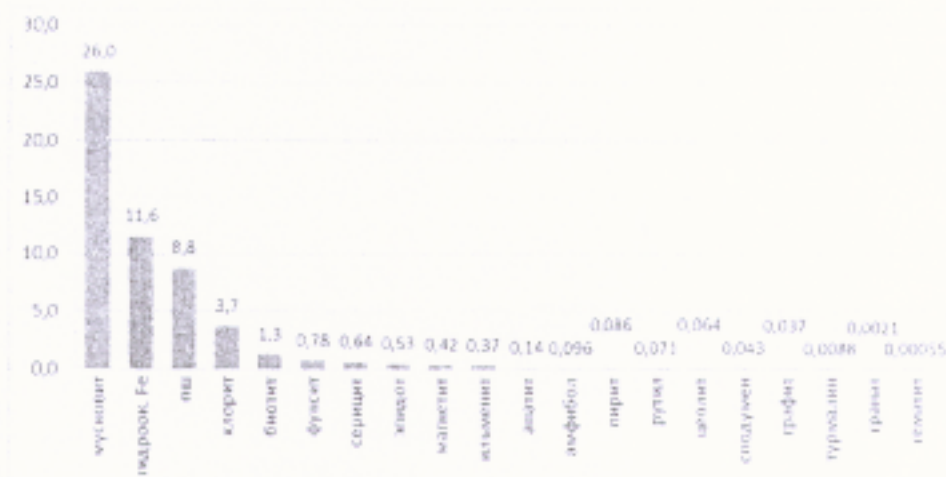


Рис. 3. Среднее содержание минералов примесей в кварце Мало-Чипикетской зоны,  $p\% \times 10^{-5}$

Общее количество минералов-примесей варьирует от  $0.0096\% \times 10^{-5}$  до  $905.936\% \times 10^{-5}$ , в среднем  $109.252\% \times 10^{-5}$ . Стоит отметить, что высокие средние

КОПИЯ  
ВЕРНА

*(Handwritten signature)*



содержания минеральных примесей характерны для призальбандовых участков и зон выклинивания кварцевых жил.

В равномернозернистом гранулированном кварце присутствуют минеральные включения мусковита, гидроокислов железа, полевых шпатов, хлорита, биотита и серицита, в единичных пробах – магнетита, гематита, турмалина, ильменита и рутила.

В неравномернозернистом гранулированном кварце отмечаются включения мусковита, гидроокислов железа, полевых шпатов, хлорита, биотита, также встречаются фуксит, магнетит, турмалин, рутил, апатит, графит и гранат.

Первичнокристаллический крупно-гигантозернистый кварц содержит включения мусковита, гидроокислов железа, полевых шпатов, хлорита, биотита, фуксита, серицита и магнетита, реже ильменита, амфибола, рутила и графита.

Промышленные схемы глубокого обогащения, позволяют достаточно успешно очистить кварц от минеральных примесей. Из вышеперечисленных включений наиболее трудно удалимыми являются сростки кварца и полевых шпатов, тонкие игольчатые включения рутила, ильменит, расположенные внутри кварцевых зерен, а также графит.

Изучение структурных примесей показало, что содержание Al-O центров изменяется от 7 до 18 ppm, при этом содержание для Jota-std составляет 9,9 ppm. Наиболее высоким содержанием Al-O центров характеризуется первичнокристаллический крупно-гигантозернистый кварц.

Среди элементов-примесей отмечаются повышенные содержания Al, Na, K, Ca и Fe. Общая концентрация элементов-примесей колеблется от 44,73 до 2109,62 ppm. Сумма щелочей (Na+K+Li) составляет 5,31-1048 ppm. В обогащенных концентратах нормируется содержание 10 элементов-примесей – Fe, Al, Ti, Ca, Mg, Cu, Mn, Na, K и Li. Глубокое обогащение кварцевого сырья Патомского нагорья позволяет получить кварцевые концентраты с высокими показателями светопропускания – более 85%, низким содержанием минералов-примесей и соответственно элементов-примесей менее 25 ppm, что соответствует современным требованиям.

Установленные качественные характеристики кварцевого сырья ряда объектов позволили предварительно наметить основные сферы его использования в производстве кварцевой и кремниевой продукции:

- кварцевое сырье, получаемое из жил гранулированного кварца первого типа (Патомский район), пригодно преимущественно для производства прозрачного кварцевого стекла различного назначения;

- кварцевое сырье второго типа пригодно преимущественно для производства рядового кварцевого стекла, прозрачного кварцевого стекла различного назначения, кварцевых тиглей для выращивания монокристаллического кремния;

- жильное кварцевое сырье объектов Республики Северная Осетия-Алания может быть использовано для производства кварцевых тиглей для выращивания монокристаллического кремния.



поликристаллического кремния методом прямого восстановления, а также различных видов кварцевых микро- и нанопорошков. Для кварцевого сырья этих проявлений характерно очень низкое содержанием минеральных примесей. Некоторые кварцевые жилы с низким содержанием радиоактивных элементов (U, Th менее 0.3 ppb) рекомендованы для производства микропорошков.

Комплексная оценка типоморфных особенностей кварца с использованием современных аналитических методов позволяет не только характеризовать исходное кварцевое сырье, но и прогнозировать качество полученных кварцевых продуктов. Данная методика предварительной оценки качества кварцевого сырья по комплексу типоморфных признаков, примененная при исследованиях проявлений Мало-Чипикетской площади Патомского Нагорья, может быть использована и на других объектах высококачественного кварца Российской Федерации.

#### Литература

1. *Аксенов Е.М., Бьдтаева Н.Г., Бурьян Ю.И., Колмогоров Ю.Г., Непряхин А.Е., Нигматов И.Н.* Перспективы использования кварцевого сырья России в высоких технологиях // Разведка и охрана недр, № 9, 2015. С. 57-66.
2. *Беляев Е.В., Антонов В.А.* Ресурсный и инновационный потенциал стратегических, ликвидных и дефицитных неметаллических полезных ископаемых Северного Кавказа // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа / Матер. II Всероссийской научно-технич. конф. Грозный, 8-10 ноября 2012 г.). Грозный, 2012. С. 11-19.
3. *Битаров В.Т., Мирошников К.Е., Туаев О.П., Беляев Е. В., Непряхин А.Е., Корчагин А. Г.* Высококачественное кварцевое сырье – новый перспективный вид нерудного сырья Республики Северная Осетия-Алания // Промышленные минералы: проблемы прогноза, поисков, оценки и инновационные технологии освоения месторождений: материалы Международной научно-практической конференции, 9-13 ноября 2015 г. Казань: ЗАО «Издательский дом «Казанская недвижимость», 2015. С. 86-89.
4. *Бьдтаева Н.Г., Киселева Р.А., Кириллов А.В.* Шовные зоны как основные рудоконтролирующие структуры месторождений безрудного кварца // Тезисы докл. Всеросс. совещ. «Современные проблемы изучения и использования минерально-сырьевой базы кварцевого сырья». Миасс, 2011. С. 33-47.
5. *Кораго А.А., Козлов А.В.* Текстуры и структуры жильного кварца хрусталеносных областей. Л.: Недра, 1988. 159с.
6. *Малышев А.Г.* Особенности формирования кварцевых жил в Патомском нагорье. ДАН, том 292, № 2, 1987. С. 430-432.
7. *Туаев О.П., Беляев Е.В.* Перспективы промышленного использования жильного кварца Республики Северная Осетия (Алания) // Тезисы докл. V Научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Геология, поиски и комплексная оценка месторождений тверд. пол. ископ.» 11-12 декабря 2013 г. М.: ФГУП «ВИМС», 2013. С. 114-116.



*Handwritten signature in blue ink.*

