

СТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГРАНУЛИРОВАННОГО КВАРЦА

Проблема наиболее полного использования гранулированного кварца не может быть решена без предварительной геометризации показателей его качества - содержаний элементов-примесей, минеральных примесей, значений коэффициента светопропускания, количества потерь при прокаливании. Оценка технологических свойств кварца в объеме наиболее крупных кварцевых жил проведена на Кыштымском и Ларинском месторождениях гранулированного кварца. Ниже приводятся данные в основном по самой крупной кварцевой жиле N175 Кыштымского месторождения.

Кыштымское месторождение гранулированного кварца располагается на Среднем Урале. Оно находится в пределах Уфалейского антиклинория, входящего в состав Центрально-Уральского поднятия [1,4]. Г.А.Кейльманом в пределах Уфалейского антиклинория выделены мигматитовые комплексы [1]. Они состоят из так называемых гнейсовых ядер - глубоко и равномерно метаморфизованных пород нижнего структурного этажа раннедокембрийского и протерозойского возраста, располагающихся в центральных частях крупных антиклинорных структур. Породы верхнего структурного этажа названы сланцевым обрамлением. Они представлены позднепротерозойскими или фанерозойскими геосинклинальными сериями. Метаморфизм глубоких ступеней здесь проявлен лишь в узких зонах. Сланцевое обрамление - это реакционная зона между гнейсовым ядром и породами вмещающей структуры, уровень метаморфизма которых не превышал зеленосланцевой фации. Здесь происходила перегруппировка главных петрогенных элементов, что способствовало формированию жильного кварца.

В пределах Кыштымского месторождения имеют развитие толща мигматизированных пород верхнего протерозоя и кристаллические сланцы ордовика. Первые относятся к гнейсовому ядру, представлены породами уфалейской свиты мощностью до 300 м и развиты в западной части месторождения - переслаивание мигматитов по слюдяно-кварцевым сланцам и амфиболитам, гнейсов амфибол-биотитовых, биотитовых и амфиболовых, гранито-гнейсов биотитовых, мусковитовых и амфиболовых, гнейсов различного состава и кварцитов.

Породы сланцевого обрамления - ордовикские отложения, мощностью до 700 м, распространены в восточной части месторождения. Это сланцы гранат-слюдяно-кварцевые, слюдяно-кварцевые, графит-слюдяно-кварцевые, амфиболовые и амфибол-кварцевые, кварциты амфиболовые и слюдяные.

Магматические образования представлены кислыми, основными и ультраосновными породами, превращенными в результате метаморфизма в гнейсо-граниты, амфиболиты и серпентиниты.

На месторождении выделено три этапа метаморфизма:

I. Верхнепротерозойский этап отвечает наиболее высокотемпературной альмандин-диопсид-роговообманковой субфации амфиболитовой фации и низкотемпературной субфации гранулитовой фации.

II. Послеордовикский этап - кианит-ставролитовая субфация амфиболитовой фации и альбит-эпидот-амфиболитовая фация.

III. Послесреднедевонский этап - зеленосланцевая фация.

Изучением кварцевых жил месторождения занимались геологи В.В.Богданов, П.П.Скобичевский, В.С.Красулин, Г.А.Кейльман, Г.Н.Вертушков, Н.А.Петров, Е.П.Мельников, И.И.Захарченко, С.Н.Сигаев и др. По их данным на месторождении известно более 200 кварцевых жил, образующих ряд кварцевожильных зон. Жилы имеют линзовидную форму. Длина их по простиранию от первых метров до первых сотен метров, по падению около половины длины по простиранию, мощность до 17 м. Объем большинства жил около 400 м³. Крупные жилы встречаются редко. Простирание жил субмеридиональное, падение восточное под углами 20 - 90°.

Н.И.Мельникова и Е.П. Мельников по особенностям кварца разделяют жилы на три формации. Формация А - жилы, сложенные крупно-гигантозернистым кварцем, наиболее позднее. Кварцевые жилы формации Б-I сложены тонко-мелкозернистым гранулированным кварцем и приурочены к гнейсовым ядрам. Жилы, сложенные средне-крупнозернистым кварцем формации Б-II, преимущественно располагаются в пределах сланцевого обрамления. Выделенные формации кварца связываются с этапами метаморфизма, соответственно, I, II, III.

Кварцевая жила 175 наиболее крупная на месторождении. Она содержит около 90% запасов гранулированного кварца месторождения. Располагается в пределах уфалейской свиты среди мигматизированных биотит-амфиболовых гнейсов (рис.1). Залегание с вмещающими породами согласное. Простираение жилы северо-восточное, падение юго-восточное под углами 32-45°. Размеры жилы по простиранию 318 м, по падению более 279 м, мощность до 17,5 м. Жила сложена гранулированным кварцем формации Б-I с размером зерен 1-3 мм массивной текстуры. Прозрачность кварца в соответствии с коэффициентом светопропускания составляет 50-91%, количество потерь при прокаливании 0,001-0,04%. По данным Г.Н.Вертушкова, газы во включениях представлены в основном CO_2 и в незначительных количествах H_2O и N_2 , соотношение влаги и газа 0,4:3,5. В кварце содержатся многие элементы-примеси и ряд минералов, что более детально будет показано ниже.

Существует в основном две точки зрения на генезис гранулированного кварца. По данным Г.Н.Вертушкова, А.А.Щеколкина, О.А.Сустава, Г.А.Синкевича, Э.Ф.Емлина и др., гранулированный кварц образовался в результате метаморфизма из крупно-гигантозернистого кварца. При этом крупные индивиды кварца разделились на зерна и очистились от газово-жидких включений. И.П.Ермаков, Н.А.Петров, Е.П.Мельников и др. считают структуру гранулированного кварца первичной, а сам кварц продуктом химических реакций между минералами в процессе метаморфизма под воздействием флюидов. Высокая прозрачность и химическая чистота позволяют использовать гранулированный кварц для получения высококачественных стекол, применяемых в различных отраслях промышленности.

В пределах кварцевой жилы 175 проведено изучение геологических полей -морфометрических (мощности, отметки кровли и подошвы жилы), геохимических (содержание элементов-примесей), минералогических (содержание минералов-примесей), технологических (величины коэффициента светопропускания, количество потерь при прокаливании). При этом применялась геометро-статистическая математическая модель, разработанная П.К.Соболевским, П.А.Каллистовым и В.Ф.Мягковым [3], которая базируется на доказанном практикой наличии у объектов более или менее четко выраженных закономерностей в пространственном изменении различных характеристик на фоне случайных флуктуаций.

Результаты исследований основаны на 88 замерах мощности, 88 определениях отметок подошвы и кровли, 346 определениях коэффициентов светопропускания и стольких же потерь при прокаливании по 31 скважине, определениях содержаний суммы элементов-примесей по 26 скважинам и суммы минеральных примесей по 23 скважинам. При обработке данных пользовались графическими изображениями аппроксимирующих геологические поля функций. Строились графики плоских функций $u=f(x,y)$ в изолиниях свойств (такие графики построены для всех характеристик жилы) и одномерных функций в виде кривых зависимости $u=f(x)$ (такие графики построены для характеристик по простиранию, падению и вкрест простирания жилы), где u - значение переменной, x, y - координаты пространства. Изучение пространственных соотношений полей проводилось путем расчета выборочных коэффициентов корреляции. Для обработки данных применялась ПЭВМ. Получены следующие результаты.

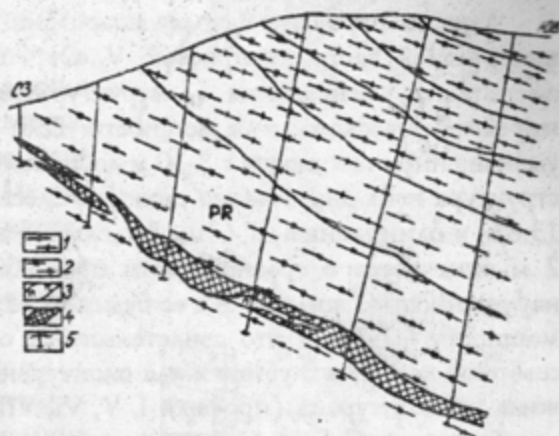


Рис.1. Кыштымское месторождение гранулированного кварца, геологический разрез жилы 175 по профилю V-V (по В.Я.Горбачеву):
1 - гранито-гнейсы с прослоями гнейсов амфибол-биотитовых; 2 - гнейсы биотит-амфиболовые; 3 - пегматиты; 4 - кварцевые жилы; 5 - разведочные скважины

Морфометрическое поле отметок подошвы. Отметки подошвы уменьшаются с 408 м в верхней части жилы до 228 м - в нижней. Структура поля в целом в верхней части жилы более - менее ровная или слабо выпуклая кверху, а ниже резко выпуклая - антиклиналевидная.

Морфометрическое поле отметок кровли. Отметки кровли закономерно уменьшаются с глубиной от 416 до 231 м. Структура поля в целом выдержана. В верхней части жилы кровля более - менее ровная (до горизонта 310 м). Глубже выражена пологая антиклиналевидная структура. В целом морфометрические поля отметок кровли и подошвы конкордантны (положительно согласованные), что свидетельствует о пластообразной форме жилы.

Морфометрическое поле мощности. Максимальную мощность 17,5 м жила имеет в центральной части на профиле V. От этого максимума в целом во все стороны мощность постепенно уменьшается (1 структурный уровень). На этом фоне отмечается усложнение морфометрического поля мощности. Если южная часть жилы характеризуется закономерным уменьшением мощности с 8-10 м до полного выклинивания, то в центральной и северной частях структура поля значительно сложнее. Здесь в верхней части жилы выделяется один максимум - 13,8 м и один минимум - 3 м. Выделяется второй структурный уровень. Пережим мощности до 2 м отмечается в средней части профиля I. Это может быть связано или с тектонической нарушенностью жилы, или с ее будинированием. В верхней части жила имеет довольно большую мощность - 7-10 м, что свидетельствует о значительном эрозионном срезе жильного тела. В северной части на глубине жила оконтурена полностью (профили IV, III, II). В восточной части жила не оконтурена (профили I, V, VI, VII, VIII). Здесь мощности жилы в краевых скважинах колеблются от 3,5 до 11,2 м. Даже если принять во внимание, что здесь будет иметь место закономерное уменьшение мощности, как в южной части, то имеются перспективы получения прироста запасов гранулированного кварца. Если же учесть двухуровневое строение морфометрического поля мощности, не исключено появление на глубине третьего максимума. Об этом свидетельствует и тенденция увеличения мощности на профилях VI и VII. В этом случае перспективы прироста запасов еще больше возрастут.

Отмеченные закономерности в строении морфометрического поля мощности отчетливо прослеживаются на одномерных графиках функций ее распределения.

Строение геохимического поля элементов-примесей. Требованиями промышленности ограничивается содержание в кварце натрия, калия, кальция, магния, алюминия, железа, марганца, титана и меди. Характеристиками кварца являются общая сумма элементов-примесей, сумма рудных компонентов, создающих в стекле окрашивающие включения, сумма щелочных элементов и др. Анализами в гранулированном кварце жилы выявлены элементы: натрий, калий, кальций, магний, алюминий, железо, марганец, титан, свинец, медь, хром, олово, цинк, литий, висмут, бор. Общая сумма элементов-примесей в единичных пробах по скважинам колеблется в пределах $6-410 \times 10^{-4}\%$, в усредненных данных по скважинам $13-120 \times 10^{-4}\%$. Изучено распределение общей суммы элементов-примесей в кварце. На двумерном графике наиболее низкие содержания химических компонентов (менее $20 \times 10^{-4}\%$) отмечаются в верхней северной части жилы на разведочных профилях I-а, II, II-а, III. По падению жилы в целом содержание элементов-примесей увеличивается - первый структурный уровень. На его фоне выделяется второй структурный уровень с двумя областями повышенных содержаний элементов-примесей. Первый максимум располагается в верхней части жилы на профиле I ($38 \times 10^{-4}\%$), второй находится в нижней части жилы на профиле VIII ($120 \times 10^{-4}\%$). Между этими максимумами в центральной части жилы отмечается область с низкими содержаниями элементов-примесей. Пониженными значениями содержаний элементов-примесей характеризуется и самая нижняя недооконтуренная часть жилы (менее $30 \times 10^{-4}\%$).

Строение минералогического поля. Требованиями промышленности в обогащенной кварце вой крупке для производства прозрачного кварцевого стекла ограничивается содержание минеральных примесей. При этом для изготовления изделий из прозрачного кварцевого стекла для микроэлектроники в крупке марок КО содержание сростков кварца с минералами и включениями (рутил, сфен, роговая обманка, сульфиды, углесодержащие) не должно превышать 20 зерен на 250 см^3 кварцевой крупки. Количественным минералогическим анализом в 40 пробах гранулированного кварца жилы 175 выявлены следующие минералы: полевые шпаты 0,12-0,51%, кальцит 0,02-1,97%, биотит 0-2,5%, мусковит 0-1,5%, хлорит 0-0,55%, цоизит 0-1,6%, сфен 0-0,19%, титаномагнетит 0-0,08%, амфибол 0-4,98%, пирротин 0-0,15%, пирит 0-0,36%, эпидот 0,03-

0,753%, гранат 0,003-0,043%, рутил - знаки, молибденит - знаки. Почти во всех пробах присутствовали полевые шпаты, кальцит, цоизит и амфибол. Остальные перечисленные минералы встречаются редко. Содержание суммы минералов-примесей, распределение которой в пределах жилы изучалось, колеблется от 0,85 до 25,69%.

Наиболее низкие содержания минеральных примесей, менее 3%, отмечаются в верхней части жилы. По направлению падения содержание их возрастает и достигает максимальных значений в самой нижней неоконтуренной части жилы - 17-26%. При этом более чистый кварц располагается в верхней половине жилы - до 6-7% минеральных примесей. Далее по направлению падения жилы количество минеральных примесей увеличивается, но закономерность иная. Отмечается два максимума: первый - в южной части жилы, второй - в северной. Между ними располагается желоб с низким содержанием минералов. Таким образом, в целом с глубиной содержание минералов в жиле увеличивается и, соответственно, уменьшается содержание кварца.

Строение технологических полей жильного тела. Важнейшей технологической характеристикой гранулированного кварца является коэффициент светопропускания (Т). Дополнительной характеристикой служит такой показатель, как потери при прокаливании (п.п.п.), который косвенно характеризует прозрачность кварца. Изучено распределение этих характеристик в объеме жилы.

Строение поля потерь при прокаливании. В плане в целом количество п.п.п. увеличивается от дневной поверхности на глубину. Жилу по этому показателю можно разделить на две части - северную от профиля IV до профиля I и южную от профиля I до профиля VIII. В северной части жилы количество п.п.п. колеблется в пределах $60-90 \times 10^{-4}\%$, в южной части достигает $180 \times 10^{-4}\%$. В середине южной части располагается узкий желоб с содержанием п.п.п. $50 - 80 \times 10^{-4}\%$. От него к зальбандам жилы количество п.п.п. закономерно увеличивается до $170-180 \times 10^{-4}\%$. По мощности от висячего к лежащему боку жилы в половине из 14 изученных скважин количество п.п.п. повышается, в половине снижается.

Строение поля коэффициента светопропускания. По Т в технических условиях выделяется три типа кварца: тип I - 60%, тип II - 75%, тип III - 80%. Значение Т в частных пробах колеблется в жиле в пределах 57-91,2%, в усредненных по скважинам 67,8-85,5%. Установлены следующие закономерности в распределении кварца с соответствующими значениями Т (рис. 2). В целом от верхней, выходящей на дневную поверхность части жилы по направлению падения жилы значение Т уменьшается от максимального 85% (профиль II-а) до минимального 67,8% (профиль VII). На фоне этой общей закономерности (I структурный уровень) выделяется второй структурный уровень строения поля Т. Он четко выделяется на одномерном графике по линии падения жилы. От дневной поверхности до разведочного профиля I значение Т уменьшается с 85,5 до 70%, затем до профиля VI увеличивается до 76,5 и далее уменьшается до 67,8%. Выделяется два максимума: один - в верхней части жилы, второй - в районе профиля VI. В направлении от висячего к лежащему боку жилы в 11 из 14 изученных скважин Т несколько увеличивается.

Проведено геолого-технологическое картирование типов кварца по значениям Т. Установлено, что наиболее высококачественный кварц с Т более 80% (тип III) распространен в верхней части жилы в районе профиля II-а (см. рис. 2). Гранулированный кварц с Т, равным 75-80% (тип II), имеет ограниченное распространение и образует в жиле четыре локальных участка. Первый участок примыкает к кварцу III типа в верхней части жилы - профили I-а, II, II-а, III. Второй участок размещается в нижней части профиля I-а. Третий участок выделяется в нижней части профиля II. Четвертый участок находится в нижней части жилы на профилях VI, VII. Кварц I типа с Т менее

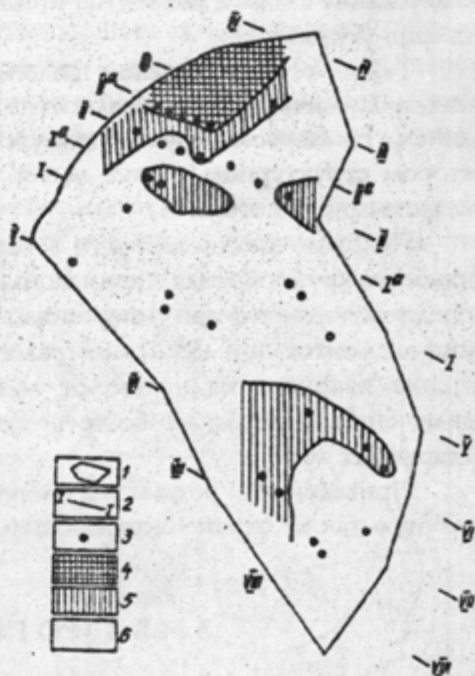


Рис. 2. Результаты геометризации светопропускания кварца жилы 175 Кыштымского месторождения: 1 - проекция контуров жилы на горизонтальную плоскость; 2 - номера разведочных профилей; 3 - места опробования. Величина коэффициента светопропускания, %: 4 - более 80, 5 - от 80 до 75, 6 - менее 75

75% имеет преимущественное распространение в жиле и в основном слагает ее, за исключением отмеченных локальных участков.

Оценка пространственных соотношений геологических полей подтвердила, что с глубиной с уменьшением отметок подошвы и кровли жилы уменьшается значение T и увеличиваются п.п.п., содержание суммы элементов-примесей и минералов-примесей. То есть с глубиной качество кварца ухудшается.

Таким образом, в целом геологические поля свойств кварца жильного тела морфометрических, геохимических, минералогических, технологических характеризуются двухуровневым строением. На первом структурном уровне отмечается ухудшение качества кварца с глубиной, на втором структурном уровне имеет место чередование участков более качественного и менее качественного кварца.

Похожие закономерности в распределении характеристик кварца установлены автором в наиболее крупной жиле Ларинского месторождения гранулированного кварца [2]. Это позволяет предположить, что при гипергенных процессах проявилась вторичная зональность в распределении элементов-примесей, минералов-примесей и других характеристик. Произошло самообогащение кварца - очищение от минералов-примесей, элементов-примесей и газовой-жидких включений. Поэтому наиболее чистый и высококачественный кварц находится в верхних частях кварцевых жил.

Приведенные результаты могут способствовать улучшению проведения горнодобычных работ, а также охране окружающей среды и недр.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кейльман Г.А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов. - М.: Недра, 1974. - 200 с.
2. Мельников Е.П., Менчинский В.В., Петруха А.М. и др. Ларинское месторождение жильного кварца // Разведка и охрана недр. - 1978. - №3. - С. 13-17.
3. Мягков В.Ф. Структурная геометро-статистическая модель строения геологических полей и методика решения геологоразведочных задач // Изв. вузов. Геология и разведка. - 1984. - №3. - С. 44-58.
4. Петров Н.А., Мельников Е.П. Геологическое строение Кыштымского месторождения гранулированного кварца // Сов. геология. - 1968. - №12. - С. 56-66.

УДК 552.57 (571.52)

Е.Б.Сушанек (Печинина), В.П.Алексеев

ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЙ СОСТАВ УГЛЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ УЛУГХЕМСКОГО БАСЕЙНА

Елена Борисовна Сушанек (Печинина, урожд. Потаповская) родилась 5 ноября 1964 г. в г.Свердловске. Геологией увлеклась в школе №130, после окончания которой в 1981 г. поступила в Свердловский горный институт, окончив его с отличием в 1986 г. Уже с 1 курса активно участвовала в научных исследованиях угольной группы кафедры геологии полезных ископаемых, провела ряд полевых сезонов в Южно-Якутском и Тургайском угольных бассейнах. С 1986 г. интенсивно работала над изучением Улугхемского угольного бассейна (респ. Тува), в 1991 г. завершила рабочий вариант кандидатской диссертации. Основные научные интересы: литология угленосных отложений, математическое моделирование осадочных процессов. Автор и соавтор более 25 публикаций, нескольких научно-исследовательских отчетов, участник ряда всесоюзных угольных и литологических совещаний. В расцвете жизненных сил и творческой энергии трагически погибла в автокатастрофе 18 января 1996 г.