

2. На степень прозрачности опалов напрямую влияет содержание пленочной воды, выделяющейся при температуре выше 200 °С, и не влияет капиллярная слабо связанная вода.

3. По структурным характеристикам гайские опалы относятся к особому чистому тридимитовому типу, пока не выделяемому в принятой международной классификации.

4. По цветовой гамме и прозрачности опалы Гайского месторождения близки к огненным опалам месторождений Казахстана и Мексики и могут в перспективе попутно обрабатываться на месторождении как ювелирно-поделочный материал.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Герман-Русакова Л.Д. Миграция элементов в зоне окисления Блявинского медноколчеданного месторождения на Южном Урале // Труды Института геологии рудных месторождений АН СССР, вып. 68. 1962. 128 с.

2. Гинзбург И.И., Кабанова Е.С. Содержание кремнезема в природных водах и формы его присутствия // Кора выветривания. Вып. 3. 1960. С. 313-342.

3. Денискина Н.Д., Калинин Д.В., Казанцева Л.К. Благородные опалы, их синтез и генезис в природе. Новосибирск: Наука, 1980. 64 с.

4. Минералы: Справочник. М.: Наука, т. 2, 1965. 343 с.

5. Трофимов О.В., Зайков В.В. Зона окисления Гайского медноколчеданного месторождения. Миасс: Институт минералогии УрО РАН, 1992. 62 с.

УДК 549.621.78:553.676

П.В. Свергунов

ВЗАИМОСВЯЗЬ ФИБРИЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА С ЕГО ФРАКЦИОННЫМ СОСТАВОМ

Многочисленные электронно-микроскопические исследования хризотил-асбеста дают однозначный ответ на вопрос о структуре этого минерала – элементарные волокна (фибриллы) представляют собой трубочки, имеющие протяженность во много раз более своего наружного диаметра. По различным источникам диаметр фибрилл составляет 100-650 Å, а диаметр внутреннего канала изменяется от 20 до 300 Å.

На Баженовском месторождении И.М. Лашневым и З.В. Лашневой проведены обширные исследования размеров и морфологии элементарных волокон хризотил-асбеста из разных зон асбестоносности и природных типов руд. Был исследован асбест из зон отороченных жил, сложных отороченных жил, крупной и мелкой сетки, мелкопрожила и продольноволокнистого асбеста. Также был изучен асбест с пониженными технологическими свойствами: ломкий, аподунитовые и аповерлитовые разновидности.

С промышленной точки зрения, конечно, наибольший интерес представляют разновидности асбеста из гарцбургитов и апогарцбургитовых серпентинитов, но и другие, имеющие пониженные технологические показатели, оказывают влияние на процесс обогащения. Количественная и морфологическая характеристика фибрилл хризотил-асбеста, по всей видимости, оказывает существенное влияние на фракционный состав волокна в процессе его механической обработки.

Описание строения и размеров фибрилл хризотил-асбеста Баженовского месторождения, приведенное ниже, позволяет выявить взаимосвязи элементарной структуры минерала и тип асбестоносности, представляющей данное волокно.

Нормальный поперечноволокнистый хризотил-асбест

1. Зона мелкой сетки.

Подавляющее большинство элементарных частиц представляют собой трубки, имеющие размеры до 5 микрон в длину. Средний внешний диаметр фибрилл составляет 275 Å, толщина стенки 110 Å, диаметр внутреннего канала 80 Å. Элементарные частицы различны по внешнему диаметру

трубок. Внутренний канал также различен по характеру заполнения. В одних случаях он полый с идеально ровными стенками, в других – осложнен поперечными перегородками. В препаратах присутствует большое количество лейстообразных, дугообразно изогнутых пластинок, что позволяет говорить о разрушении и шелушении фибрилл при механической обработке.

2. Зона мелкой сетки.

Нормальный хризотил-асбест с примесью продольного волокна.

По морфологической характеристике элементарные волокна практически не отличимы от хризотил-асбеста из мелкой сетки с поперечноволокнуистым асбестом. Единственное отличие – повышенное количество пластинчатой фазы среди трубок, вероятно, представленной бруситом и карбонатом.

3. Зона крупной сетки.

Доля частиц, имеющих длину более 0,5 μ , значительно возрастает по сравнению с волокном из мелкой сетки, однако количество коротких трубок составляет еще значительную часть препаратов (30-60 %). Средний внешний диаметр составляет 325 Å , толщина стенок 140 Å , диаметр внутреннего канала в среднем 70 Å . Стабилизируется толщина стенок трубок. Внешняя поверхность представляет собой цилиндр с достаточно выдержанным диаметром, но на некоторых фибриллах встречаются раздувы, наплывы, усложняющие облик трубок. По степени заполнения внутреннего канала фибриллы отличаются достаточной однородностью – преобладают полые трубки, в канале которых отсутствуют поперечные перегородки.

4. Зона отороченных жил.

По своей морфологической характеристике элементарные волокна наиболее однородны. Подавляющее большинство фибрилл имеют длину более 0,5 μ . Среднее значение внешнего диаметра около 350 Å , толщина стенок 140 Å , а внутренний диаметр ~50 Å . Устойчив размер наружного диаметра трубок, в большинстве случаев трубки толстостенные.

Внутренний канал либо полый, либо имеет редкие поперечные перегородки, по внутреннему диаметру фибриллы достаточно стабильны. Иногда встречаются частицы, в которых внутренний канал отсутствует (заполнен каким-то веществом) или присутствует не по всей длине. Также встречаются фибриллы с нарушенным внешним слоем – видны следы отслоения и шелушения, иногда присутствуют продольные разрывы.

5. Зона отороченных жил – образец черного хризотил-асбеста.

В целом морфология частиц типична для фибрилл хризотил-асбеста из зоны отороченных жил. Длина элементарных волокон превышает 0,5 μ . Количество коротких частиц не более 5 %. Внутренний канал устойчив по диаметру, но часто осложнен перегородками. Он хорошо развит, иногда его диаметр резко изменяется по длине.

Хризотил-асбест с пониженными технологическими свойствами

1. Зона продольноволокнистых жил асбеста.

Представлены две фазы – пластинчатая и волокнистая – в различных соотношениях между собой. Пластинчатый материал представлен тонкодисперсным аморфным минералом, не дающим картин дифракции.

Трубчатые частицы хризотил-асбеста различного облика. Наряду с толстостенными фибриллами присутствуют тонкостенные короткие трубки с хорошо развитым полым каналом, иногда осложненным поперечными перегородками. Характерно присутствие сложных концентрически-зональных трубок, частиц с резко меняющимся внешним диаметром – пережимами и раздувами и скорлуповато-подобных частиц. Длинные частицы часто имеют деформированные или частично разрушенные стенки.

2. Зона отороченных жил в серпентинизированных верлитах.

Наряду с длинными трубками присутствуют короткие частицы с тонкими стенками и хорошо развитым внутренним каналом. Длинные фибриллы проявляют свойства, характеризующие механическую неоднородность стенок. Наиболее характерной особенностью трубчатых частиц является резко выраженная неоднородность слоев стенок трубок. Слои, непосредственно примыкающие к полному каналу, более плотные, они имеют максимальную рассеивающую способность по отношению к электронам пучка и обладают большей механической прочностью. Встречаются лейстовидные пластинки дугообразного сечения. Характер заполнения внутреннего

разнороден, как правило, более короткие волокна тонкостенные, их канал содержит продольные и поперечные перегородки. Длинные фибриллы деформированы, стенки трубок имеют продольные, так и поперечные изломы. Специфической особенностью является наличие коротких и длинных трубок со сложным строением. Внешние слои таких частиц не достроены и имеют вид трубок, мозаично расположенных по длине трубок, либо внешние слои при диспергации частично разрушились – участками отделились дугообразные частицы.

Размеры фибрилл хризотил-асбеста различных видов приведены в таблице.

Результаты измерения размеров фибрилл хризотил-асбеста

Зоны изменчивости хризотил-асбеста	Зоны асбестоносности	Количество замеров	Диаметр фибрилл, А		Толщина стенки, А		Диаметр внутреннего канала, А	
			$X \pm \delta_X$	средняя	$X \pm \delta_X$	средняя	$X \pm \delta_X$	средняя
Формаданский и Бурбур- итовый	МП	321 – 327	$268,8 \pm 3,8$	250	$95,3 \pm 1,9$	100	$56,5 \pm 0,8$	80
	МС	491 – 498	$276,6 \pm 3,5$	275	$101,8 \pm 1,7$	110	$72,4 \pm 1,3$	80
	СОЖ	916 – 947	$292,5 \pm 2,8$	275	$119,4 \pm 1,5$	120	$46,3 \pm 0,8$	60
	КС	241 – 254	$317,7 \pm 5,9$	325	$123,6 \pm 3,0$	140	$61,8 \pm 1,6$	70
	ОЖ	636 – 641	$344,0 \pm 3,4$	350	$142,4 \pm 1,6$	140	$45,6 \pm 0,6$	50
Томский	МС	206 – 208	$319,2 \pm 6,2$	300	$130,5 \pm 3,4$	130	$55,1 \pm 2,9$	80
	КС	313 – 327	$346,1 \pm 5,4$	350	$140,7 \pm 2,8$	140	$61,8 \pm 2,3$	80
	ОЖ	155 – 160	$404,7 \pm 7,5$	400	$173,6 \pm 4,2$	220	$49,9 \pm 1,3$	50
Баженовский	ОЖ	498 – 503	$288,0 \pm 3,5$	300	$104,0 \pm 1,8$	110	$74,8 \pm 1,3$	80
Амурского	ОЖ	844 – 880	$394,0 \pm 3,7$	390	$167,0 \pm 1,8$	160	$63,0 \pm 0,8$	65

Примечание. Зоны асбестоносности: ОЖ – простые отороченные жилы; КС – крупная сетка; СОЖ – сложные отороченные жилы; МС – мелкая сетка; МП – мелкопрожил.

Анализ исследований фибриллярной структуры хризотил-асбеста позволяет сделать вывод: между морфологией и размерами элементарных волокон, представляющих различные зоны асбестоносности, их прочностью и как следствие способностью асбестового волокна образовывать различные по размерам частицы при механическом воздействии (фракционный состав хризотил-асбеста) существует отчетливая взаимосвязь.

В направлении от отороченных жил, крупной сетки к мелкой сетке и мелкопрожилному типу асбестоносности уменьшается видимая средняя длина фибрилл хризотил-асбеста, внешний диаметр и толщина стенок трубок. Кроме того, происходит морфологическое усложнение элементарных волокон, повышение изменчивости внешнего диаметра и строения внутреннего канала. На снижение механической прочности указывает увеличение количества деформированных фибрилл, повышенное число скорлуповидных, дугообразных, лейстовидных частиц, имеющих намного меньшие размеры по сравнению с трубчатыми частицами – результат ультразвуковой диспергации при изготовлении препаратов.

Чем больше трубки по внешнему диаметру и толщине стенок, тем, естественно, они обладают большей прочностью по сравнению с тонкими фибриллами. Для Баженовского месторождения установлена закономерность во фракционном составе хризотил-асбеста исходной руды по различным зонам асбестоносности. Содержание длиноволокнистой фракции (более 1,0 мм) от общего количества волокна повышается от зоны мелкой сетки и продольноволокнистых жил к зоне отороченных жил и крупной сетки, в среднем с 15-16 до 25-30 %. В этом же направлении уменьшается содержание тонкодисперсной (менее 0,14 мм) фракции хризотил-асбеста с 34 до 32 % в среднем по месторождению.

При технологическом переделе на обогатительных фабриках руды из зоны крупной сетки и, особенно, отороченных жил требуют меньшего механического воздействия для извлечения волокна, чем руды мелкой сетки и продольноволокнистых жил. Большая прочность волокна, обусловленная морфологическими показателями фибрилл хризотил-асбеста, плюс меньшее механическое воздействие при обогащении обуславливают повышенное в 1,5-2 раза содержание длиноволокнистой фракции асбеста, которая является полезной составляющей товарной продукции. Руды из зон мелкой сетки, продольноволокнистых жил и руды с пониженными и технологическими показателями обладают меньшей прочностью фибрилл хризотил-асбеста. Это обстоятельство,

накладываемое на более интенсивную механическую обработку при извлечении волокна, обуславливает резкое снижение содержания длинноволокнистой и повышенное количество тонкодисперсной фракции хризотил-асбеста, которая является вредной составляющей продукции.

Конечно, тонкодисперсная фракция представлена хризотил-асбестом только на 15-55 %, а остальное – мелкие породные частицы, адсорбируемые длинным волокном, все-таки содержание хризотил-асбеста существенно, и морфологические и прочностные свойства фибрилл оказывают влияние на технологические показатели обогащения, каковым является фракционный состав хризотил-асбеста.

УДК 552.16 (470.5)

О.А. Суставов, Н.Н. Нохрина

ЭЙСИТИЗАЦИЯ ГРАНИТОВ В КОНТАКТАХ МУСКОВИТ-КАРБОНАТНЫХ ПРОЖИЛКОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ШАРТАШСКОГО МАССИВА

В Шарташском щебеночном карьере (восточная окраина Екатеринбурга) эйситизированные породы отмечены В.Н. Сазоновым [4] в контактах сульфидно-кварцевых жил. Мощности этих жил и метасоматических оторочек вокруг них обычно измеряются сантиметрами. В данной статье описываются узкие (в несколько миллиметров) ореолы эйситизации вокруг тонких (мощностью в доли миллиметра) прожилков мусковит-карбонатного состава.

В южной части Шарташского карьера нами встречен пересекающий серые мелкозернистые граниты тонкий протяженный прожилок, окруженный зеленовато-серой каймой околожильных изменений (суммарная мощность прожилка и каймы изменений не превышает 1 см). Пересекаемые прожилком граниты состоят на 25-30 % из кварца, 40-45 % плагиоклаза, 20 % калиевого полевого шпата, 5-10 % биотита (здесь и далее приводятся результаты подсчетов содержаний минералов на *интеграционном столике Ангина и окрашенном кобальтнитритом шлифах, где калиевый полевой шпат и плагиоклаз, в том числе альбит, легко различимы даже в очень мелких зернах и при отсутствии двойникования*). Зональный плагиоклаз гранитов подвержен слабой серицитизации в центральных частях зерен.

В кайме околожильных изменений можно выделить несколько зон. Во внешней зоне мощностью 1-2 мм происходит резкое усиление серицитизации плагиоклаза, сопровождающееся превращением исходного зонального плагиоклаза в однородно сдвойникованный альбит, а также замещение биотита карбонатом, серицитом и пиритом. Характерно отсутствие хлоритизации биотита и относительно небольшое количество серицита в пирит-серицит-карбонатных псевдоморфозах по биотиту.

Далее по мере приближения к прожилку начинается увеличение количества альбита – его содержание в непосредственной близости от прожилка достигает 55-60 %, и уменьшение количества калиевого полевого шпата – его содержание вблизи от прожилка не превосходит 5-10 % (рис. 1). Уменьшение количества калиевого полевого шпата с приближением к прожилку особенно хорошо заметно в окрашенных кобальтнитритом шлифах и штуфах. Отношение Na_2O/K_2O в исходной породе равно 1,36, а в кайме околожильных изменений (суммарно по всем зонам изменений) – 1,76 (химлаборатория УГГА).

Возрастание количества альбита сопровождается укрупнением его зерен, некоторые из которых вблизи от прожилка достигают 1,3 мм (в исходном граните и во внешней зоне каймы изменений размер зерен плагиоклаза не превышает 0,6 мм). Резко укрупняются и некоторые из располагающихся вблизи от прожилка зерен кварца.

Калиевый полевой шпат с приближением к прожилку замещается альбитом и кварцем (иногда кварцем замещается и альбит). При этом содержание кварца в зоне изменений не превосходит содержания кварца в исходной породе (см. рис. 1). От зерен калиевого полевого шпата при их неполном замещении кварцем (рис. 3,б) иногда остаются тонкие каймки вдоль границ исходных зерен (подобно тому, как это отмечено на поздних стадиях образования некоторых мусковит-полевошпатовых метасоматитов [1]).