

ВРЕДНЫЕ ПРИМЕСИ В ВОЛОКНЕ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА



Н.Н. ДЖАФАРОВ¹,
¹доктор геол.-мин. наук,
академик НИИ РК и МИА,
член Австралийского
института геонаук,
член (FR) ПОНЭН РК
Главный редактор
«Горно-геологического
журнала»,



В.А. ОТЛЫГИНА²,
²начальник геол. отдела
ТОО «Асбестовое ГРП»,
член (MR) ПОНЭН РК

^{1,2}г. Житикара, Республика Казахстан

В статье приведены результаты исследований по изучению распространения вредных примесей – немалита, волокнистой разновидности брусита и магнетита, которые являются природными спутниками хризотил-асбеста в рудах, рассмотрены вопросы их формирования в процессе серпентинизации ультрамафитов и асбестообразования. Разработаны методические рекомендации по диагностике вредных примесей в рудах и по снижению их влияния на качество готовой продукции. Особо выделена необходимость проведения специальных технологических исследований для определения возможности переработки руд с высоким содержанием вредных примесей в шихте.

Ключевые слова: хризотил-асбест, вредные примеси, немалит, магнетит, технологические исследования, эффективность отработки.

В настоящее время повсеместно для сохранения конкурентоспособности на мировом рынке при производстве хризотил-асбеста, максимально используются природные возможности месторождений, которые прямо и косвенно влияют на эффективность их отработки. Это касается всего цикла производственного процесса, начиная от рудоподготовки, технологии переработки асбестовых руд до формирования товарных марок готовой продукции и т.д.

Оптимизация технологического процесса без учета природных особенностей руд месторождения может отражаться на качестве

выпускаемой продукции, например, при попадании в готовую продукцию вредных примесей, ухудшающих ее качество и поэтому требует тщательного всестороннего изучения.

Вредными примесями в волокне хризотил-асбеста являются немалит, магнетит и некоторые другие минералы-спутники.

Необходимо отметить, что серпентинизация в чистом виде проявляется лишь в тех гипербазитах, в которых присутствует оливин, поскольку другие магнезиальные минералы для перехода в серпентин требуют привноса магния, а в оливине магний находится

в избытке и та часть магния, которая не входит в серпентин выносится и расходуется для серпентинизации других присутствующих в породе силикатов или отлагается в виде брусита.

Серпентинизация ультрамафитов и сопровождающий ее процесс асбестообразования происходили на океаническом дне в две стадии [1]. На первой стадии, поступающие из верхней мантии тектонизированные гарцбургиты и сопровождающие их дуниты [2] испытывают процесс повсеместной изохимической (автометаморфической) серпентинизации за счет поровых вод ультрамафитов. В результате этой стадии серпентинизации по оливину образуются петельчатые α – лизардит и серпофит.

Результаты экспериментов показывают, что начальная стадия серпентинизации с формированием низкотемпературного α -лизардита происходит в слабокислой или ближе к нейтральной среде, и эти условия не благоприятствуют образованию брусита. Когда степень серпентинизации ультрамафитов составляет 60-90% и создается щелочная среда, где уже α – лизардит не может кристаллизоваться, тогда в растворах образуется высокий потенциал магния и в этом случае по оливину формируется брусит [3, 4].

В связи с тем, что α – лизардит содержит в своем составе железо, на данном этапе выделение магнетита происходит в исключительных случаях и, как правило, на этой стадии асбест образуется в незначительных количествах.

Вторая стадия – серпентинизация и асбестообразование – осуществлялась вслед за первой в результате воздействия вод извне на тектонизированные ультрамафиты и носила аллохимический (аллометаморфический) характер. В процессе аллохимической серпентинизации участвовали воды океана [5, 6, 7], магматические воды [6, 7].

Во вторую стадию серпентинизации при незначительном разогреве ультрамафитов, который, возможно, происходит при транспортировке [8], возникает менее богатый железом α – лизардит-хризотилловый ряд серпентинитов и асбестовые жилы.

Процесс асбестообразования с участием воды и кислорода сводится к выносу из серпентинизированных ультрамафитов из-

бытка железа, магния и кремнезема, которые переотлагаются в виде асбеста, брусита, магнетита.

К.К. Золоевым [9] доказано, что соотношение компонентов в растворах, выносимых при серпентинизации гарцбургитов, максимально приближено к соотношению таковых в хризотил-асбесте, о чем свидетельствует четкая связь химического состава пород с их асбестоносностью [10].

Хризотил-асбест представляет собой водный силикат магния (рис. 1) и является минералом группы серпентина моноклинной сингонии. Химический состав хризотил-асбеста $3\text{MgO} \times 2\text{SiO}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$.



Рисунок 1 – Фото жил хризотил-асбестового волокна в руде

Немалит – это минерал, гидроксид магния, принадлежит к группе брусита. Представляет собой тонковолокнистую разновидность брусита с параллельным расположением шелковистых волокон, как у асбеста. Химический состав немалита (брусита) $\text{Mg}[\text{OH}]_2$. Содержание MgO – 69%, H_2O 31%. В качестве изоморфных примесей иногда присутствуют железо (ферробрусит) или марганец (манганобрусит). Объемная масса 2,3–2,4 г/см³, твердость – 2,5 [11].

На Джетыгаринском месторождении хризотил-асбеста встречаются разновидности минерала немалит с цветовым спектром светло-серых, зеленовато-серых, от светло-бежевых до бежево-коричневых оттенков (рис. 2 а, б).

Они в виде продольно-, реже косо-волокнистых и перекрещенных жил разной

а)



б)



Рисунок 2 – Фото образцов немалита, отобранных в бортах карьера Основной залежи, в процессе прохождения маршрутов в 2020 г. по площадкам:

а) немалит жильный, хрупкий, с тонкой слабо интенсивной вкрапленностью магнетита (образец пробы Н-1-3/26, восточный борт, в районе маркшейдерских линий 25+75 – 26+00, отм. 97,0 м)

б) немалитосодержащая жила участками с гидроокислами Fe, развитыми в различной степени и включениями магнетита в виде тонкозернистых вкраплений, скоплений и кристаллов кубической сингонии размером до 1х1 мм (Образец пробы Н-1-2/3; западный борт, в районе маркшейдерской линии 25+75, отм. +43,8 м);



Рисунок 3 – Фото образца отобранного из керна скважины 38, Л 29+87,5, гор. +20 м, пробуренной в 2020 г., в рамках научных исследований на вредные примеси

мощности заполняют трещины отдельности пород, а также участками окаймляют жилы хризотил-асбестового волокна. Мощность заполнения изменяется от волосовидных до нескольких сантиметров.

Диагностика немалита в асбестовых рудах затрудняется тем, что он так же имеет

волокнистое строение и в его составе присутствуют элементы, которые входят в химический состав хризотил-асбеста.

Изучение вещественного состава вмещающих пород, хризотил-асбеста и немалитовых жил позволяет сделать вывод о том, что на участках, где наряду с асбестовой

минерализацией отмечается высокое содержание немалита, во вмещающих серпентинитах наблюдается пониженное содержание магния (рис. 3).

Количество немалита, являющегося природным спутником хризотил-асбеста в рудах, в волокне готовой продукции на протяжении многих лет отработки не превышало 1,5–2,5% и практически не отражалось на качестве выпускаемой продукции. В процессе изучения месторождения и его отработки вопрос о вредных примесях не возникал, а содержание его в готовой продукции нигде не регламентируется.

Необходимо отметить, что вопросы влияния различных природных факторов на технологический процесс периодически обострялись на протяжении всего периода эксплуатации Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста. В самом начале отработки это было связано с выветрелыми рудами, потом с дунитовыми рудами на юге Основной залежи, далее с бедными мелкопрожилковыми и мелкосетчатыми рудами в приконтактных частях залежи и т.д. Каждый раз возникшие проблемы были тщательно изучены и общими усилиями геологов, обогатителей и горняков был найден выход, благодаря которому качество товарной продукции всегда отвечало требованиям мировых стандартов.

В настоящее время в отработку вовлечены руды более глубоких горизонтов Основной залежи месторождения, поэтому в связи с изменениями горнотехнических условий доля так называемых «южных руд», которые традиционно характеризуются низкими технологическими показателями, в отработке доходит до 80%. Кроме этого, по мере углубления карьера выявляются участки, где наблюдается интенсивное развитие немалитовой минерализации. Для исключения влияния немалита на технологический процесс и качество выпускаемой продукции были выполнены специальные исследования, по результатам которых установлено, что высокая концентрация немалитовой минерализации отмечается в южной части залежи, по предварительным данным имеет протяженность около 900 м, при ширине до 150 м, преимущественно тяготеет к восточному контакту, где широко развиты ослабленные

зоны – зоны дробления, меланжа, глубинные разломы. Отмечается крайне неравномерная интенсивность немалитовой минерализации, как правило, размеры отдельных участков с относительно высоким содержанием немалита не превышают 25–30 м по простиранию и 10–20 м по ширине. Глубину распространения минерализации предстоит изучать специальными буровыми работами. Установлено, что в местах высокой концентрации немалита, интенсивность промышленной асбестизации снижается. По результатам изучения вещественного состава немалитосодержащих жил, выявлено, что большую часть этих жил (более 50%) составляют серпентиновые минералы, в том числе хризотил-асбест. По данным термических анализов содержание самого немалита в волокне, отобранном из немалитосодержащих жил меняется от 13,4 до 54,0%, в среднем составляет около 34,0%.

Хотя результаты технологических исследований показывают, что большая часть немалита в процессе дробления руд уходит в хвосты, вероятность попадания его из участков с высоким содержанием в готовую продукцию сохраняется.

В целом содержание магнетита в рудах месторождения не превышает 2–3%, и его влияние на качество волокна хризотил асбеста при соблюдении технологии отработки не существенно, поскольку в процессе переработки руд, основная часть магнетита как тяжелая фракция уходит в отходы обогащения. Однако, результаты наших исследований показали, что в местах интенсивного развития немалита отмечается так же повышенное содержание магнетита и вероятность его попадания в товарную продукцию в виде мелких частиц высокая. Экспериментальным путем установлено, что после обработки проб в волокне асбеста сохраняется магнитная активность. По мнению специалистов, наличие магнетита в готовой продукции (более 1%) может, отразиться на ее прочностной характеристике [12].

После обработки проб по существующей методике [13] из участков, где развита интенсивная немалитовая минерализация, содержание немалита в волокне хризотил-асбеста по данным термических анализов составляет 3–5%. Помимо этого, установлено,

что содержание немалита в волокне хризотил-асбеста по мере уменьшения его длины увеличивается, а в асбестовой пыли становится почти в 2 раза больше, чем в самом волокне асбеста.

При исследовании волокна проб эксплуатационной разведки на ситах гидроклассификатора Бауэр-Мак-Нетт содержание тонкодисперсной фракции $-0,075$ мм, в среднем составляет около 45%, с преобладанием в ней мельчайших частиц хризотил-асбеста, серпентиновых минералов, немалита, магнетита, сопутствующих минералов и породы. Наличие в готовой продукции высокого содержания фракции $-0,075$ мм является фактором, снижающим его качество, и она в асбестовом волокне прирастает по всей

цепочке добычи и переработки (взрывания, экскавации, транспортировки руды с карьера и дробления на ДСК и др.) обычно колеблется от 35 до 55 % [14].

По результатам исследований нами разработаны методические рекомендации [13], которые включают в себя комплекс мер для снижения влияния вредных примесей на качество готовой продукции хризотилового волокна, среди которых особо выделена необходимость проведения специальных технологических исследований для определения возможности переработки руд с высоким содержанием вредных примесей в шихте и решения вопроса о целесообразности их отработки.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Джафаров Н.Н. Хризотил-асбест Казахстана. – Алматы. – 2000. – 180 с.
- 2 Ковалев А.А. Мобилизм и поисковые геологические критерии. – М.: Недра, 1985. – 223 с.
- 3 Варлаков А.С. Петрология процессов серпентинизации гипербазитов складчатых областей. – УНЦ АН СССР, 1986. – 219 с.
- 4 Варлаков А.С. Петрография Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста (Южный Урал) – Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1990. – № 10. – С. 58–69.
- 5 Алиева О.З. Метаморфическая эволюция гипербазитов дунит-гарцбургитовой формации // Эволюция комплексов. – Свердловск, УНЦ АН СССР, 1981. – С. 72–74. (Тез. докл. Всесоюзн. симпозиума).
- 6 Артемов В.Р., Колбанцев Р.В. Хризотил- и антофиллит-асбест // Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые. – Л.: Недра, 1986. – С. 580–601.
- 7 Артемов В.Р., Кузнецова В.Н. Метасоматические изменения гипербазитов при серпентинизации. // Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании. – М.: Недра, 1966. – С. 82–94.
- 8 Варлаков А.С. Породообразующие минералы группы серпентина и условия их формирования в гипербазитах и месторождениях асбеста (на примере Урала): Автореф. Дис. докт. геол.-мин. наук. – М., 1986. – 52 с.
- 9 Золоев К.К. Особенности вещественного состава асбестоносных гипербазитов // Магматические формации, метаморфизм, металлогения Урала. – Свердловск, 1969. – С. 242–253.
- 10 Шкуропат Б.А. Связь свойств хризотил-асбеста и обогатимости асбестовых руд с минералогическим составом серпентинитов (на примере Джетыгаринского месторождения). – В кн.: Минералого-геохимические особенности рудоносных комплексов Южного Урала. – Уфа, 1982. – С. 37–42.
- 11 Бетехтин А.Г. Минералогия. – ГИГЛ. – М., 1950. – С. 457–459.
- 12 ОАО «НИИПректасбест» Уточнение геолого-технологической классификации руд Джетыгаринского месторождения на основе изучения малообъемных проб. Определение переводных коэффициентов по показателю удельного расхода волокна в малообъемных пробах к промышленным пробам с целью прогнозирования промышленных показателей. – Отчет по

НТР. – Асбест, 2012.

13 Джафаров Н.Н. Отчет «Методика оценки вредных примесей в рудах и в волокне хризотил-асбеста при проведении геолого-информационного обеспечения процесса рудоподготовки в действующем карьере Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста». – Житикара, 2020. – 103 с.

14 Варлаков А.С. Пороодообразующие минералы группы серпентина и условия их формирования в гипербазитах и месторождениях асбеста (на примере Урала): Автореф. Дис. докт. геол.-мин. наук. – М., 1986. – 52 с.

Н.Н. ДЖАФАРОВ¹, В.А. ОТЛЫГИНА²

^{1,2}*Житикара қ., Қазақстан Республикасы*

ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ ТАЛШЫҒЫНДАҒЫ ЗИЯНДЫ ҚОСПАЛАР

Мақалада кендерде хризотил-асбесттің табиғи серіктері болып табылатын зиянды қоспалардың таралуын зерттеу бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген, ультрамафиттер мен асбест түзілу серпентиндену үдерісінде оларды қалыптастыру мәселелері қарастырылған. Кендердегі зиянды қоспаларды диагностикалау және олардың дайын өнім сапасына әсерін төмендету бойынша әдістемелік ұсынымдар әзірленді. Шихтадағы зиянды қоспалардың құрамы жоғары кендерді қайта өңдеу мүмкіндігін анықтау үшін арнайы технологиялық зерттеулер жүргізу қажеттілігі ерекше атап көрсетілген.

Негізгі сөздер: хризотил-асбест, зиянды қоспалар, немалит, магнетит, технологиялық зерттеулер, өңдеу тиімділігі.

N.N. JAFAROV¹, V.A. OTLYGINA²

^{1,2}*Zhitikara town, The Republic of Kazakhstan*

HARMFUL IMPURITIES IN CHRYSOTYL-ASBESTOS FIBER

The article presents the results of research on the spread of harmful impurities - nemalite, a fibrous variety of brucite and magnetite, which are natural satellites of chrysotile-asbestos in ores, the issues of their formation in the process of serpentization of ultramafites and asbestos formation are considered.

Methodological recommendations on diagnosis of harmful impurities in ores and reduction of their impact on the quality of finished products have been developed. The need for special technological studies for determination of the possibility of processing ores with a high content of harmful impurities in the furnace charge is emphasized.

Keywords: chrysotile-asbestos, harmful impurities, nemalite, magnetite, technological studies, efficiency of mining.