

УДК 553.676.2

## Формы проявления и закономерности распределения немалита в рудах Актовракского месторождения

*Зырянов В.А. (nii@uraltc.ru)*

*Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт асбестовой промышленности (НИИпроектасбест)*

Немалит представляет собой волокнистую разновидность брусита –  $Mg(OH)_2$ . Характерным для немалита является серебристо-белый цвет иногда с зеленоватым или коричневатым оттенками и асбестовидный облик; по внешнему виду он похож на продольноволокнистый хризотил-асбест, но в отличие от последнего характеризуется высокой хрупкостью и малой прочностью.

В серпентинизированных ультрабазитах брусит, по данным В.Н. Лодочникова [Лодочников, 1936] был обнаружен еще в прошлом столетии Даллесом в 1850 г. в Вогезах, в том числе в форме немалита, Густавом Розе на Урале в районе Березовского завода и А.П. Карпинским в начале XX века («Записки Минералогического общества», 1904 г.). Сведения об этих минералах в серпентинитах можно найти в обширной литературе как у нас в стране, так и за рубежом.

Однако пристальное внимание исследователей привлек немалит, обнаруженный в асбестоносных массивах на месторождениях карачаевского генетического подтипа (месторождения с продольноволокнистым асбестом), представителем которого является Ешкеульмесское месторождение. При исследовании качества волокна этого месторождения было установлено, что асбест содержит примесь немалита, количество которого в отдельных пробах достигало 60 %, в связи с чем он характеризовался пониженной прочностью [Михайлов и др., 1967; Кругляков, 1968]. Из-за низкого качества хризотил-асбеста запасы месторождения отнесены к забалансовым. Изыскания способов удаления или снижения содержания немалита при обогащении руд не дали положительных результатов и месторождение до сих пор не разрабатывается [Бейсеев, Жусупов, 1977].

Руды подобного типа имеются в залежах Западной асбестоносной полосы Баженовского месторождения, содержание немалита в которых достигает 10, а в отдельных пробах до 30 %, составляя в среднем около 5 % [Ершова и др., 1975; Тримайлова и др., 1979]. Встречается немалит и на других месторождениях баженовского подтипа (Актовракском, Киёмбаевском, Саянском).

Одной из особенностей Актоврацкого месторождения, отличающей его от других месторождений баженовского генетического подтипа, является повышенное содержание немалита.

Исследованиями, выполненными в лабораторных и промышленных условиях, установлено отрицательное влияние повышенных концентраций немалита в рудах на технологические показатели обогащения: снижение извлечения асбеста и стоимости продукции, получаемой из 1 тыс. т руды и увеличение удельного расхода волокна на производство 1 т товарного асбеста [Алексашин и др. 1985].

В процессе лабораторного анализа проб асбестовых руд немалит расщепляется на игольчатые асбестоподобные агрегаты, которые переплетаясь с волокном, увеличивают его массу, что приводит к завышению содержания асбеста в пробе, особенно его длинноволокнистой фракции.

Для предотвращения отрицательных последствий как при определении качественной характеристики руд, так и снижения технологических показателей, необходимы сведения о закономерностях распределения немалита в рудах и формах его проявления.

С этой целью на месторождении выполнен комплекс работ, включающий: крупномасштабное немалитометрическое картирование асбестоносной залежи и анализ результатов геологоразведочных работ по скважинам доразведки глубоких горизонтов и эксплуатационной разведки; выявление структурных и возрастных взаимоотношений немалита и хризотил-асбеста с использованием светооптической и электронной микроскопии, рентгеноструктурного и термического анализов; исследование физико-химических и физико-механических свойств немалита; анализ примесей немалита в волокне руд, поступающих на обогатительную фабрику и распределения его по цехам обогащения и в товарной продукции.

Картированием выявлен крайне неоднородный характер в распределении немалитовой минерализации.

Руды с высоким содержанием немалита (более 8 % в волокне исходной руды) сосредоточены в основном в западной части месторождения, начиная от торцевой части выклинивания зоны простых отороченных жил между разведочными линиями XXVI-XXXVI. Тесной связи немалита с зонами асбестоносности в целом по месторождению не устанавливается, но на Западном участке основная масса руд с высоким содержанием немалита тяготеет к зонам сложных жил и мелкой сетки из серий жил. На долю руд с высоким содержанием немалита приходится около 20 % площади рудного тела.

Руды со средним содержанием немалита (6-8 % в волокне исходной руды) контролируются зоной сочленения простых отороченных жил со сложными на северо-западном (линии XXIII-XXVIII), юго-западном и южном флангах (линии XXVIII-XII) залежи. Так же как и руды с высоким содержанием немалита, пространственно они связаны с зонами сложных жил и в меньшей мере – мелкой сетки, очень редко вклиниваясь в зону простых отороченных жил. Доля руд со средним содержанием немалита составляет около 26 % площади рудного тела.

Руды с низким содержанием немалита (менее 6 % в волокне исходной руды) занимают преобладающую часть (54 %) площади залежи на Центральном и Восточном участках. Пространственно они связаны с зоной простых отороченных и частично сложных жил.

При анализе результатов количественного определения немалита в волокне скважин эксплуатационной разведки каких-либо четких зависимостей распределения немалита от типов асбестоносности не устанавливается (Табл. 1). Отмечается лишь некоторое увеличение содержания немалита с глубиной в зонах сложных жил Западного участка и простых отороченных жил Центрального участка. В зоне мелкой сетки содержание немалита с глубиной снижается по всей площади ее распространения.

Таблица 1

Количественное распределение немалита в волокне проб скважин  
эксплуатационной разведки по площади залежи,  
зонам асбестоносности и на глубину, %

Горизонт, м	Западный участок		Центральный участок			Восточный участок		
	СЖ	МС	ОЖ	СЖ	МС	ОЖ	СЖ	МС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
975-960	<u>3.7-6.1</u> 5.8(3)	<u>3.7-17.2</u> 8.2(19)						
930-915	<u>4.8-9.9</u> 7.2(8)	<u>3.1-12.4</u> 6.7	<u>3.8-6.0</u> 4.7					<u>4.5-15.</u> 9.2(4)
900	6.5(1)	9.2(1)	5.0(1)	<u>3.4-8.0</u> 5.4(6)	<u>2.8-9.6</u> 6.2(2)	<u>4.0-11.1</u> 8.2(18)	<u>6.4-13.2</u> 8.9(9)	<u>4.0-8.4</u> 4.3(3)
890-880	<u>4.3-8.0</u> 5.7(3)	3.7-5.4 4.1(6)	<u>3.3-12.4</u> 6.2(8)		<u>3.0-6.4</u> 4.7(3)	<u>4.3-14.5</u> 7.4(64)	<u>3.5-9.6</u> 4.8(14)	
870-860	11.4(1)	<u>3.7-5.7</u> 4.7(2)	<u>3.8-12.4</u> 8.2(12)			<u>2.4-25.9</u> 7.2(18)	<u>2.4-4.8</u> 3.8(6)	

Таблица 2

Распределение немалита в волокне проб скважин  
доразведки по зонам асбестоносности, %

Разведочные линии	Зоны асбестоносности			
	ОЖ	СЖ	МС	Просечки
1	2	3	4	5
XXV		<u>5.1-8.7</u> 6.9(2)		
XXI		<u>5.7-7.6</u> 7.3(4)		<u>6.0-8.9</u> 8.8(18)
XVII	<u>4.3-8.1</u> 5.8(5)	<u>2.8-15.7</u> 8.0(18)	6.6(1)	<u>5.4-12.6</u> 10.1(7)
XIII	<u>5.7-9.2</u> 5.9(4)	6.6(1)		<u>6.5-10.0</u> 8.5(8)
IX	<u>4.8-7.2</u> 5.7(6)	<u>5.8-14.6</u> 11.4(2)	14.2(1)	<u>10.9-24.1</u> 13.8(5)
V	<u>4.2-20.4</u> 9.2(14)			<u>4.1-23.8</u> 9.7(7)
I	<u>3.1-5.3</u> 4.2(2)	<u>7.0-27.9</u> 12.1(18)		<u>4.6-27.9</u> 12.1(18)

**Примечания:** 1) Зоны асбестоносности:

*ОЖ* – простых отороченных жил; *СЖ* – сложных жил; *МС* – мелкой сетки  
2) в числителе – пределы колебаний; в знаменателе – среднее значение;  
в скобках – количество анализов

По данным скважин доразведки глубоких горизонтов месторождения (Табл. 2) прослеживается тенденция повышения концентраций немалита в периферических частях залежи на участках перехода мелкой сетки в просечки.

Тесной связи локализации немалитовой минерализации с составом первичных пород и минеральным составом серпентинитов не наблюдается. Отмечается лишь незначительное увеличение содержания немалита в аподунитовых серпентинитах и на участках перемежаемости аподунитовых и апоперидотитовых серпентинитов.

Несмотря на то, что повышенные концентрации немалита пространственно тяготеют к зонам сложных жил и мелкой сетки из серий жил, все же отчетливой генетической связи немалита с типами асбестоносности не устанавливается. Скорее всего эта связь является опосредованной и обусловлена тем, что зоны сложных жил и мелкой сетки, сложенные преимущественно лизардитовыми и хризотил-лизардитовыми серпентинитами, были более податливыми для повторного трещинообразования, которое способствовало немалитообразованию при метасоматозе. Такие выводы подтверждаются наблюдаемыми формами проявления немалитовой минерализации.

На месторождении установлены три формы проявления немалита.

Наиболее распространен немалит в форме самостоятельных, различно ориентированных жил, мощностью 2-3 см. Сложены они щеповидными агрегатами с длиной отдельных индивидов до 40-50 см. Нередко такие агрегаты имеют различную ориентировку с характерной фанероподобной текстурой, что свидетельствует о неоднократной смене плана тектонических напряжений, обуславливающих изменение направления и интенсивности циркуляции гидротермальных растворов в период формирования жил немалита.

Явных пересечений жил немалита и хризотил-асбеста не обнаружено, тем не менее встречено несколько случаев нечетких пересечений, на основе которых можно заключить, что немалит этого типа на Актовраком месторождении является более поздним по сравнению с поперечноволоконистым хризотил-асбестом.

Характер жилкования, взаимоотношения с жилами хризотил-асбеста и вмещающими породами позволяют утверждать, что немалит этого типа проявления имеет иное генетическое происхождение, не связанное непосредственно с процессами серпентинизации и асбестообразования. Скорее всего это продукт магнезиального метасоматоза, протекавшего на заключительной стадии асбестообразования или даже несколько более поздней стадии гидротермального процесса.

Характерным для этого типа проявления немалитовой минерализации является практически полное отсутствие немалита в самих жилах поперечноволоконистого хризотил-асбеста из апоперидотитовых серпентинитов. Незначительная примесь немалита (до 2,5 %), которая фиксируется термическим анализом, представлена, как показали наблюдения, бруситом, сосредоточенным в просечках вместе с магнетитом, или немалита в виде примазок в зальбандах жил. Немалит в сростках с хризотил-асбестом встречается крайне редко. Следовательно немалит этого типа не оказывает отрицательного влияния на физико-химические и механические свойства хризотил-асбеста.

Другой формой выделения немалита являются образования на плоскостях скольжения и расщепления в виде примазок в ассоциации с продольноволокнистым асбестом. Характерной особенностью этого типа проявлений является то, что немалит находится в тонком сростании с агрегатами асбеста. Это хорошо просматривается под светооптическим микроскопом, благодаря тому, что немалит имеет отрицательное удлинение, а хризотил – положительное. Поэтому при введении кварцевой пластинки в поле зрения видны агрегаты немалита синего цвета среди хризотил-асбеста, окрашенного в желтые цвета.

Таблица 3

## Содержание немалита в товарной продукции

Марки асбеста	Количество проб	Колебания содержания немалита, %		Среднее содержание, %
		от	до	
1	2	3	4	5
A-0-80	13	6,00	11,00	8,80
A-0-55	13	6,50	12,50	9,40
A-1-75	14	7,00	12,00	10,40
A-1-50	89	6,00	12,50	9,59
A-2-30	82	3,50	12,00	8,70
A-2-15	98	5,00	12,00	8,80
A-3-70	2	5,88	6,34	6,11
A-3-60	2	5,18	5,78	5,48
A-3-50	2	5,92	5,98	5,96
A-4-40	2	5,70	5,83	5,77
A-4-30	2	7,28	7,44	7,36
A-4-20	2	6,10	6,69	6,40
A-4-5	2	5,20	5,80	5,40
A-5-65	2	4,65	5,53	5,09
A-5-50	2	7,31	7,76	7,50
A-6-45	2	7,94	8,56	8,25
A-6-30	2	7,31	8,42	7,87
A-6K-20	2	8,24	9,03	8,63

Такие взаимоотношения немалита с хризотил-асбестом указывают, по-видимому, на близость термо-динамических и физико-химических условий и одновременность формирования немалита и продольноволокнистого хризотил-асбеста.

Тонкие сростки немалита с асбестом приводят к нарушению сплошности волокон по длине, придают агрегатам хрупкость, снижают их эластичность, распушиваемость, прочность и, тем самым, оказывают отрицательное влияние на качество изделий, изготовленных на основе этого асбеста.

Немалит этого типа на месторождении наблюдается в незначительном количестве на плоскостях скольжения в рудах всех зон асбестоносности, но наиболее распространен в периферических частях залежи, где руды, как правило, несут следы рассланцевания.

Третий тип проявления немалитовой минерализации встречается в виде тончайших вростков в жилах поперечноволокнистого хризотил-асбеста. Макроскопически он не заметен, но обнаруживается в шлифах и при исследовании препаратов хризотил-асбеста под электронным микроскопом. Кроме того, немалит этого типа обнаруживается, даже после довольно тщательной очистки волокна, на термограммах по четко выраженному эндотермическому эффекту в интервале температур 400-450 °С.

Минерализация этого типа имеет крайне незначительное распространение и встречается, главным образом, в аподунитовых серпентинитах.

Наблюдения в карьере и определения содержаний немалита в жилах хризотил-асбеста показали, что основная масса немалита на месторождении находится в форме самостоятельных жил в серпентинитах и в товарную продукцию вовлекается из вмещающих пород.

Как показало опробование массовая доля немалита в волокне исходной руды в отдельные смены колеблется от 2,73 до 11,18 %. При переработке руд и распределении их в ДСК между цехами обогащения немалит концентрируется в просеивной руде, поступающей в цех обогащения высокосортных руд. Так среднее содержание немалита в

волокне руд, поступающих в цех обогащения высокосортных руд за 63 смены, составило 6,63 %, а в цех рядовых руд за 24 смены – 5,52 %.

Несмотря на низкую механическую прочность, в процессе дробления руды и подпушки концентратов немалит переизмельчается лишь частично. Основная масса его в виде иголок прочно удерживается в распушенном волокне товарной продукции (Табл. 3). При этом максимальное количество немалита концентрируется в длинноволокнистом асбеста (марки А-0-80 ÷ А-1-50). Переизмельченный немалит уходит в низкие марки асбеста (А-6-45; А-6-30; А-6-20).

### Выводы

1. Характерной особенностью Актотракского месторождения является повышенное содержание немалита в рудах.

2. В отличие от месторождений карачаевского генетического подтипа, где немалит находится в тонких сростках с хризотил-асбестом, на Актотракском месторождении немалит в жилах хризотил-асбеста отсутствует.

3. Основная масса немалита на месторождении находится в виде самостоятельных жил в серпентинитах и генетически не связана с асбестообразованием, являясь более поздним образованием, обусловленным процессами магнезиального метасоматоза.

4. Пространственно немалитовая минерализация тяготеет к зонам сложных жил и мелкой сетки из серий жил т.е. к участкам развития лизардитовых и хризотил-лизардитовых серпентинитов, которые являлись более податливыми для трещинообразования и последующего развития в них жил немалита.

Наибольшее распространение такие породы имели место на Западном участке, в связи с чем этот участок был более благоприятным для развития асбестизации типа сложных жил и мелкой сетки из серий жил, а также для последующей массовой минерализации немалита.

5. В товарную продукцию немалит вовлекается из вмещающих пород. При переработке руд и распределении их в ДСК между цехами обогащения немалит концентрируется в просеивной руде, поступающей в цех обогащения высокосортных руд.

Для предотвращения снижения технологических показателей обогащения и выпуска качественной продукции комбинату рекомендуется учитывать выявленные закономерности распределения немалита при разработке планов развития горных работ и усреднять руды по количеству немалита при подаче их на фабрику.

### Литература

1. *Лодочников В.Н.* Серпентины и серпентиниты Ильчирские и другие и петрологические вопросы с ними связанные. – Тр. ЦНИГРИ, вып.38. М.-Л., 1936, 817 с.
2. *Михайлов Н.П., Москалева В.Н., Артемов В.Р.* Ешкеульмесское месторождение, качественная характеристика руд и волокна асбеста. – месторождения хризотил-асбеста СССР. М., 1967, с.278-283.
3. *Кругляков Ю.И.* Геология и перспективы промышленного освоения Ешкиольмесского месторождения асбеста (Центральный Казахстан). Автореф. Дис. канд. геол.-мин. наук. - Караганда, 1968, 27 с.
4. *Бейсеев О.Б., Жусупов М.Е.* Минералогическое и технологическое изучение хризотил-асбеста Ешкиольмесского месторождения с целью очистки и облагораживания. – Минералогическое и технологическое изучение асбестов Казахстана, Алма-Ата, 1977, с. 129-164.

- 
5. *Ершова Г.П., Зырянов В.А., Крайнева Э.П.* Промышленная классификация руд Баженовского месторождения по обогатимости. – Науч.тр./ВНИИпроектасбест, 1975, вып.17, с.122-134.
  6. *Тримайлова Г.А., Зырянов В.А., Огнев А.С., Крайнева Э.П.* Оценка качества волокна и технологические свойства руд продольноволокнистого асбеста Баженовского месторождения. – Науч.тр./ВНИИпроектасбест, 1979, вып.21, с.19-28.
  7. *Алексашин М.С., Зырянов В.А., Шалюгина В.А., Жданов Г.А.* Особенности минерального состава руд Актотракского месторождения и влияние их на технологические показатели обогащения. – Науч.тр./ВНИИпроектасбест, 1985. Геология и разработка месторождений хризотил-асбеста, с.3-11.