

УДК 553.676.2

© Ефимов В.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОН МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЛОМКОГО ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА БАЖЕНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ОАО "Средне-Уральская геологоразведочная экспедиция", г. Асбест, 624260, ул. Сурикова, 81

(Представлена чл.-корр. РАН К.К.Золосевым)

© Efimov V.J.

RESEARCH OF BREAKABLE CHRYSOTILE – ASBESTOS ZONES AT THE BAZHENOVO DEPOSIT

Автореферат

Объемным геологическим картированием рудного поля с использованием современных методов исследований выделены зоны минерализации ломкого хризотил-асбеста, а среди них залежи, имеющие самостоятельное промышленное значение. Выполнена типизация залежей и проявлений ломкого хризотил-асбеста, определены оптимальные условия их образования и факторы контроля.

Существующие представления о ломком хризотил асбесте¹ на Баженовском месторождении сложились исключительно в связи с его локализацией в залежах асбеста, где он образует скопления, представляющие самостоятельную практическую ценность. Благодаря этому ломкие разновидности Баженовского месторождения были изучены достаточно полно и всесторонне на уровне кристалла и минерального агрегата, хотя и не достигнуто единства взглядов на структуру и причину его специфических свойств [10, 2, 3, 7, 8]. Однако, такой подход к изучению ломкого асбеста позволил выявить при решении наиболее общих вопросов ломкого асбеста только ограниченные эмпирические связи, которые выражаются в пространственной приуроченности ломкого асбеста к контакту с тальк-карбонатными породами [11]. Поскольку до последнего времени считалось, что тальк-карбонатные породы на месторождении гетерогенны по своей природе, т.е. образовались под воздействием различных гранитных интрузий района [1], то было неясно в силу нерасчлененности тальк-карбонатных пород по возрасту, какие литологические различия из них контролируют лом-

кий асбест. В определенной мере однозначно о пострудном возрасте всех тальк-карбонатных пород на месторождении решен автором [5], что подтверждается результатами бурения скважин до глубины 2000 м.

Учитывая, что существовавший подход, ориентированный на изучение только крайней ломкой разности, исчерпал свои возможности, наши исследования были направлены, прежде всего, на изучение форм проявлений ломкого асбеста и характера их распространения. Исследования были выполнены автором при проведении геологической съемки масштаба 1:5000 карьеров месторождений, тематических работ, которые сопровождались целенаправленным отбором проб и испытанием волокна асбеста в институте ВНИИпроектасбест.

В результате геологической съемки были открыты новые, ранее не описанные, формы ломкой минерализации, приуроченные к залежам асбеста и зонам разломов. В дальнейшем эти данные были подтверждены при изучении геологической документации скважин прошлых лет и результатов массовых анализов волокна керновых проб на прочность методом окрашивания в растворе хлор-цинк-йода. Это, в конечном итоге, позволило определить масштабы проявления ломких и переходных разностей к нормальной в Главном рудном поле и характер их распространения на глубину. Были выделены ломкие, ломкие-полуломкие, полуломкие, а также полуломкие-нормальные разности среди всех типов асбестоносности залежей, в том числе в зоне продольноволокнистого асбеста, в просечках продольно - и поперечноволокнистого строения, локализованные в серпентинитах зон разломов. Такое детальное расчленение имело целью изучить характер изменения свойств волокна от степени метаморфизма и решение генезиса ломкого асбеста.

Геометризация участков развития ломкого-полуломкого асбеста в пределах залежей и разломов позволила определить пространственное единство распространения этих разностей и необходимость выделения их в целом, как зоны минерализации ломкого асбеста. Введение этого понятия обеспечивает наиболее полное изучение связей в образовании и локализации ломкого асбеста с развитием структуры и геологических процессов на месторождении и отражает новый подход к решению этой проблемы.

1. Исходные данные и методы исследований

Исходными данными для выявления и геометризации зон минерализации ломкого асбеста служила документация скважин детальной разведки 1948-1984 гг. и результаты массовых определений прочностных свойств волокна асбеста из керновых проб этих скважин методом окрашивания раствором хлор-цинк-йода. Детально изучена докумен-

¹ в дальнейшем асбест

тация более 3000 скважин, журналы опробованы по ним, в результате

100

определений качества асбеста по более чем 50 тыс. проб вынесены на 118 геологических разрезов, где зоны минерализации ломкого асбеста были геометризованы. В результате впервые была получена объемная модель пространственного распространения минерализованных зон ломкого асбеста, увязанная со структурно-тектоническими и петрографическими особенностями строения месторождения, что повышает ее достоверность.

Определение прочностных свойств волокна асбеста керновых проб проводилось в лабораториях Баженовской ГРП, института ВНИИпроектасбест и комбината “Ураласбест”. Результаты определений отражены в квитанциях выхода геологических сортов каждой пробы, специальных журналах определения прочности волокна и журналах опробования скважин. Окрашивание волокна раствором хлор-цинк-йода является ведущим экспрессным методом при поисках, разведке и эксплуатации месторождений [9]. Сущность метода заключается в различной способности волокна на своей поверхности адсорбировать молекулы йода из раствора. Волокно асбеста нормальной прочности поглощает большое количество йода, окрашиваясь в буро-коричневый или красновато-коричневый цвет. Ломкий асбест не адсорбирует йода и сохраняет первичную окраску или окрашивается в желтый цвет. Волокно асбеста из зоны гипергенеза характеризуется неоднородной пятнистой окраской. Пользуясь этим методом, автором были выделены следующие разности: ломкий-полулумкий асбест – желтый цвет, полулумкий асбест – оранжевый цвет, ломкий асбест – не окрашивается совсем или в бледно оранжевый цвет.

Для подтверждения надежности метода окрашивания раствором хлор-цинк-йода, но, главным образом, для решения генетических вопросов ломкого асбеста, автором было отобрано 120 проб волокна из различных частей месторождения и проведены исследования в институте ВНИИпроектасбест. Исследования проводились с применением комплекса современных методов, в том числе разработанных в этом институте специально для диагностики асбеста. На первом этапе с целью первичной оценки качества асбеста и выделения его разновидностей выполнялись экспрессные методы: окрашивание раствором хлор-цинк-йода, определение ЭКП и рН-метрия, определение агрегативной прочности методом крутильных колебаний. Для детализации выделенных разновидностей применялись методы неполного химического и термического анализов, ИК-спектроскопии и оптической микроскопии. На заключительном этапе, особенно в тех случаях, когда различные методы давали не однозначные результаты, применялись

рентгенографический анализ, электронная микроскопия, микродифракция.

Результаты сравнения диагностики прочностных свойств асбеста

101

120 проб по определениям автора (Баженовская ГРП) и института ВНИИпроектасбест приведены в таблице 1.

Учитывая высокую неоднородность строения волокна ломкого ас-беста, небольшие размеры навески (0,5-1,0 г) при определении его качества методом окрашивания, большую длину (10-15 м) керновых проб, получена удовлетворительная сходимость результатов, что дает основание использовать результаты массовых определений прочностных свойств асбеста методом окрашивания раствором хлор-цинк-йода для научно обоснованной типизации и геометризации проявлений ломкого асбеста и выявления закономерностей в их размещении.

Таблица 1

Сравнительная характеристика качества волокна, определенного разными способами

№ № п.п.	Качество волокна по определению в ГРП методом окрашивания	Кол-во проб	Качество волокна по определению физико-химическими методами						
			ломкое	Ломкое-полуломкое	полуломкое	смесь различных свойств	Волокно		
							со слабо измененными свойствами	Нормальное	Выветрелое
1	Ломкое	68	54	6	5	2	-	1	-
2	Полулумкое	15	3	3	4	5	-	-	-
3	Полулумкое-нормальное	22	-	-	-	-	11	11	-
4	Нормальное	12	-	-	-	-1	3	8	-
5	Выветрелое	2	-	-	-	-	-	-	2

В качестве объекта исследования при решении общих геологических вопросов зон минерализации ломкого асбеста является главное рудное поле, а конкретных – главные структурно-вещественные элементы неоднородности строения: зоны разломов, залежи асбеста, а среди них типы асбестоносности.

2. Характер распространения зон ломкой минерализации в Главном рудном поле.

Предложенные автором иерархические уровни строения Баженовского месторождения и соподчиненность элементов их неоднородностей позволяет, как начальные шаги в типизации ломкой минерализации, определить ее место и соотношение с нормальной асбестоносно-

стью на каждом выделенном уровне [5]. Являясь по отношению к нормальной асбестизации образованием эпигенетическим, минерализация ломкого асбеста локальна по характеру распространения. На 102

основе проведенных исследований и систематизации определены масштабы и характер ее проявления, которые могут быть рассмотрены на различных уровнях. На уровнях строения массива гипербазитов и асбестоносной полосы это показано на рис.1-2, из которых следует, что основные участки проявлений минерализации ломкого асбеста приурочены к зонам разломов, преимущественно к их осевым частям и лежащему блоку и приразломным частям залежей асбеста. Из схемы (рис.1) видно, что минерализация ломкого асбеста проявлена в пределах всего Главного рудного поля сравнительно равномерно, причем она развита и за его пределами на участках "Трудовой отдых" и Окуневско-Рефтинский. Это позволяет сделать вывод, что эндогенные процессы, обусловившие образование зон минерализации ломкого асбеста имели всеобщий характер для месторождения, но проявились они локально.

Серпентиниты, минерализованные ломким асбестом, в зонах разломов слагают участки и полосы протяженностью от первых десятков метров и шириной от первых десятков метров до 200 м (рис.1) и, сохраняя эти размеры, прослеживаются до предельной глубины разведки месторождения 900 м (рис.2). В зонах разломов ломкие-полулломкие разности слагают просечки поперечно-и продольно-локнистого строения в рассланцованных серпентинитах антигорит-лизардитового состава. Содержание асбеста фракции +0,5 мм в серпентинитах колеблется от 0,1 до 0,8%, в среднем 0,36%.

Характерно, что минерализация ломкого асбеста практически всегда пересекает границы главных элементов неоднородностей строения месторождения: зон разломов и залежей асбеста, преимущественно локализуясь в зонах разломов и приразломных частях залежей (рис.2). Из этого следуют важные генетические выводы, которые заключаются в том, что тектоническая активизация пострудного этапа наследует ранее сформировавшиеся зоны разломов, приурочиваясь преимущественно к их лежащему боку и приразломной части залежей, но нередко выбирают новые направления, пересекающие залежи асбеста. В свою очередь это является прямым доказательством единства природы минерализации ломкого в зонах разломов и залежах асбеста и важным структурным элементом контроля проявления пострудной тектоники.

В связи с тем, что в процессе типизации проявлений ломкого асбеста был накоплен большой и многоплановый фактический материал, перед автором стояла задача рационально использовать его при обоб-

щении и классификации проявлений ломкого асбеста, при изложении раздела мы учитывали два обстоятельства: 1) последовательность накопления научной информации и 2) заключение о тождественности

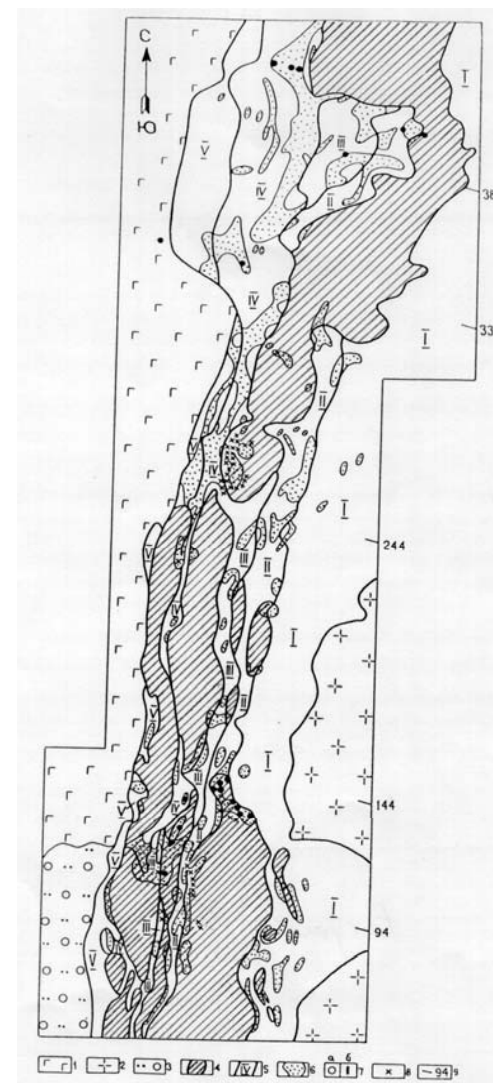


Рис.1. Схема распространения зон минерализации ломкого асбеста в пределах Главного рудного поля.

1 – габбро; 2 – плагииграниты рефтинского комплекса; 3 – перидотиты антигоритизированные; 4 – залежи асбеста; 5 – зоны разломов; 6 – зоны минерализации ломкого асбеста; 7 – места отбора проб на физико-химические исследования из скважин: а – на плане, б – на разрезах; 8 – места отбора проб на физико-химические исследования с поверхности карьеров; 9 – линии разрезов.

104

Разрез по линии 94

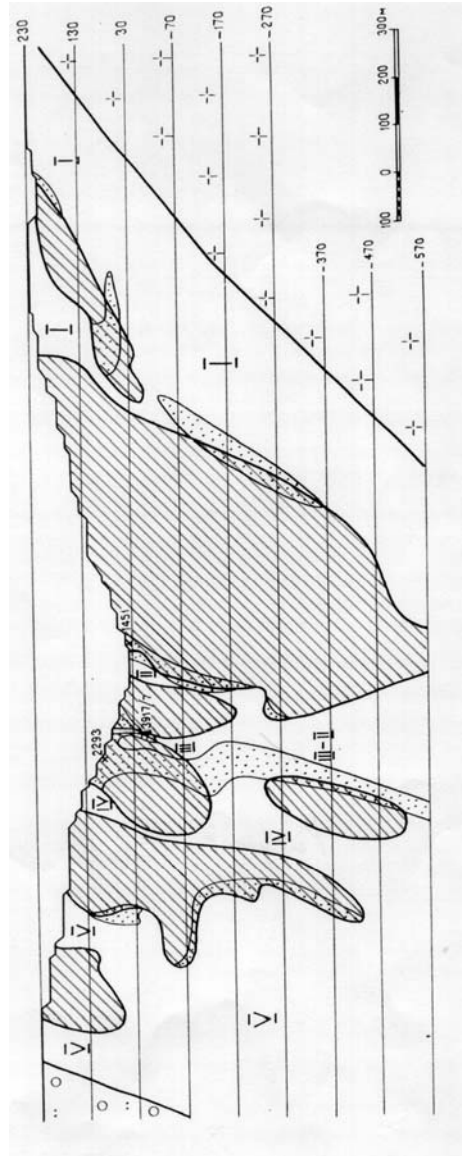


Рис.2. Соотношение ломкой минерализации с зонами разломов и залежами асбеста в пределах Южного участка (уровень строения массива и асбестоносной полосы). Условные обозначения на рис.1.

105

основных свойств ломкого асбеста, залегающего в различных геолого-структурных условиях.

3. Геолого-структурная позиция зон минерализации ломкого асбеста

Созданные в результате геометризации зон развития ломкого асбеста модели и детальная изученность физико-химическими методами проб волокна разновидностей ломкого асбеста, позволяют определить их геолого-структурную приуроченность к главным элементам неоднородности строения месторождения: зонам разломов и залежам асбеста.

3.1 Типы проявлений ломкого асбеста в зонах разломов

В пределах зон разломов ломкий асбест развит в просечках поперечно- и продольноволокнистого строения и представлен ломкой и полулломкой разновидностями.

Просечки поперечно-волокнистого асбеста

Ломкие разновидности асбеста, слагающие просечки в серпентинитах зон разломов, наиболее хорошо изучены в пределах Южного участка месторождения в пробах 3629/19, 20, 22, 3679/7-14 (рис.3).

Структурно-геологическая позиция этих проб типична для внутренних зон разломов месторождения, характеризующихся крутым падением и нередко сочленением двух и даже трех зон разломов. Результаты исследований ломкого волокна асбеста приведены в таблице 2.

Полученные данные по качеству волокна в рассматриваемых пробах 3629 и 3679, структурно приуроченные к Третьей зоне разлома, позволяют сделать заключение о выдержанности минерализации ломкого асбеста по простиранию на 120 м – расстояние между двумя подсечениями в линиях 114 и 108.

Серпентиниты с просечками ломкого асбеста слагают довольно мощные тела в пределах Второй зоны разлома Северного участка, прочностные свойства асбеста в которых подтверждаются результатами исследования пробы 3403/5.

Полулломкий асбест, слагающий просечки зон разломов, изучен в смеси с ломким асбестом в пробах 21, 24, 25 по скважине 3629 (рис.3). Описываемые пробы являются составной частью зоны просечек лежащего бока и характеризуют неоднородность волокна по степени его метаморфизма. Результаты исследований приведены в таблице 3.

Просечки продольного асбеста

Ломкий продольноволокнистый асбест из просечек изучен на большом фактическом материале (табл.4). Широкое развитие такого волокна было первоначально выявлено на Северном участке в пологопадающих зонах разломов, которые инъецированы маломощными телами диоритов в сопровождении тальковых и тальк-карбонатных отложений.

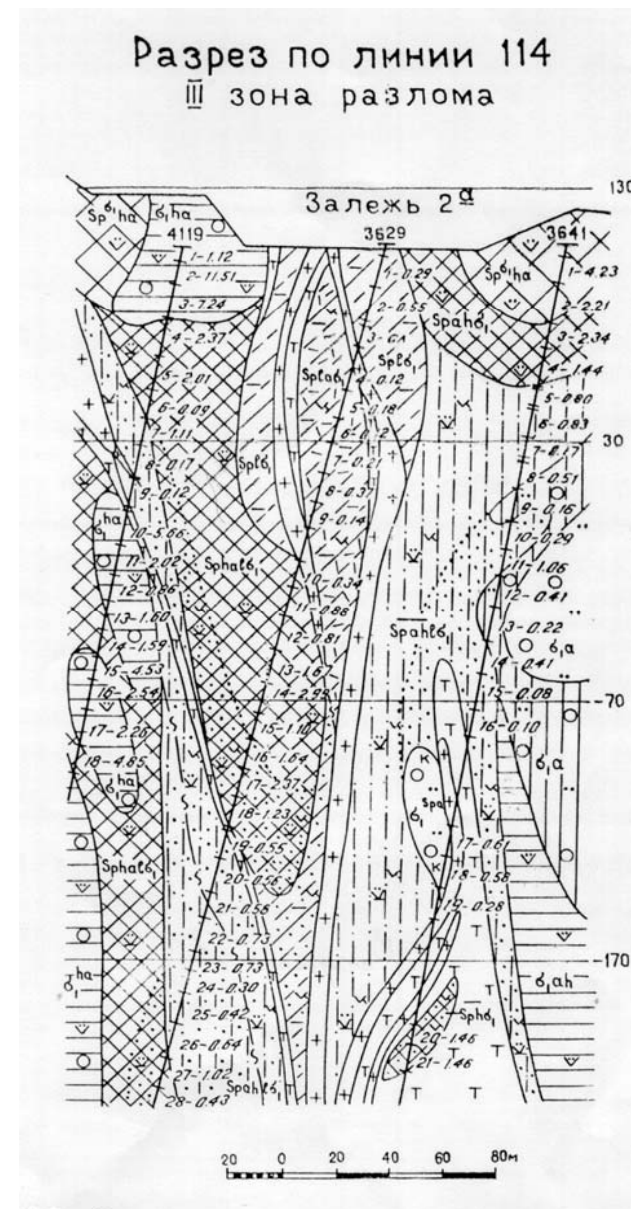


Рис.3. Характер распространения ломкого асбеста в просечках поперечно-волокнистого строения Третьей зоны разломов в пределах Южного участка.

Таблица 2

Результаты определения показателей качества ломкого асбеста в просечках зон разломов

№ п.п.	Место отбора: скважина и номер пробы	Физико-химические свойства асбеста							Характеристика волокна
		Окрашивающие раствор Zn Cl J	ЭКП	п.п.п. %	Fe ₂ O ₃ %	FeO %	CO ₂ %	p ²	
1	3629/19	не окр.	+5,0	12,87	2,99	0,61	0,54	1,02	Ломкое
2	3629/20	част. и оч. слаб.	+3,3	13,49	2,66	0,57	2,01	1,07	Ломкое
3	3629/22	не окр.	+3,5	13,60	3,81	не опр.	7,31	1,11	Ломкое
4	3679/7	не окр.	+2,0	13,06	3,47	0,67	0,85	1,17	Ломкое
5	3679/8	не окр.	Не опр.	14,16	2,81	0,70	1,57	1,23	Ломкое
6	3679/10	не окр.	Не опр.	13,64	2,99	0,50	не опр.	1,00	Ломкое
7	3679/11	не окр.	+1,07	не опр.	2,56	0,76	1,07	0,86	Ломкое
8	3679/12	не окр.	+0,94	13,50	2,55	0,57	0,94	1,11	Ломкое
9	3679/13	не окр.	+0,65	13,15	3,84	0,83	0,85	1,09	Ломкое
10	3679/14	не окр.	+7,2	14,29	3,52	0,65	2,28	1,02	Ломкое
11	3403/5	не окр.	-4,0	19,56	3,02	0,33	6,86	1,00	Ломкое
12	3415/4	не окр.	0,0	12,50	1,89	1,21	0,43	1,03	Ломкое
13	3930/1-3	не окр.	-5,8	14,17	1,15	2,19	не опр.	0,9	Ломкое

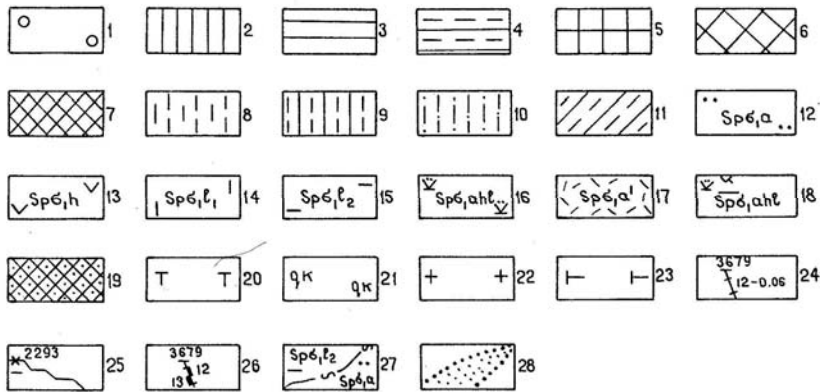
Таблица 3

Результаты определения показателей качества полумломкого асбеста в просечках зон разломов

№ п.п.	Место отбора скважина и номер пробы	Физико-химические свойства асбеста							Характеристика волокна
		Окрашивающие Zn Cl J	ЭКП	П.п.п. %	Fe ₂ O ₃ %	FeO %	CO ₂ %	P	
1	3629/21	част. и оч. слаб.	+7,6	13,61	3,10	0,56	0,86	1,0	смесь ломк. и полумломк.
2	3629/24	частич.	Не окр.	12,98	3,52	0,76	1,41	0,92	“-“
3	3629/25	не окр.	+4,0	13,28	3,56	0,89	1,03	-	“-“
4	III-5	неравномерное	+2,0	13,22	1,63	0,31	5,25	-	смесь нормального, ломкого и полумломкого
5	3917/7	слабое и неравн.	+2,5	13,05	2,80	0,50	0,63	-	“-“

Таблица 4

²p* - относительный показатель степени ломкости асбеста, определенный с помощью рентгенографического анализа при фазовых превращениях асбеста в форстерит



Условные обозначения к рис.3.

1-4 – перидотиты: 1 – неасбестоносные, 2 – с бедными отороченными жилами, 3 – с отороченными жилами, 4 – со сложно отороченными жилами; 5-11 – серпентиниты с типами асбестоносности: 5 – сложных жил, 6 – крупной сетки, 7 – мелкой сетки, 8 – мелкопрожила, 9 – жил продольноволокнистого строения, 10 – просечек поперечноволокнистого строения, 11 – просечек продольноволокнистого строения; 12-18 – серпентиниты различного петрографического состава: 12 – антигоритовые, 13 – хризотилитовые, 14 – лизардитовые (лизардит I), 15 – лизардитовые (лизардит II), 16 – смешанного состава, антигорит-хризотил-лизардитовые, 17 – антигоритизированные (антигорит III), 18 – карбонатизированные; 19 – зоны минерализации ломкого асбеста; 20 – тальк-карбонатные породы; 21 – кварц-карбонатные породы; 22 – диориты; 23 – родиниты; 24 – скважины, номер пробы и содержание асбеста I-VI с. в ней; 25 – пробы на физико-химические исследования с поверхности карьера; 26 – пробы на физико-химические исследования из скважин; 27 – границы пород различного минерального состава; 28 – контур распространения ломкой минерализации не совпадающий с геологическими границами.

рочек. В процессе обобщения и систематизации материалов ломкий продольноволокнистый асбест в серпентинитах зон разломов был отмечен повсеместно, в том числе и на Южном и Центральном участках.

Полумломкий продольноволокнистый асбест исследован в 5 пробах, отобранных из Второй, Третьей и Четвертой зон разломов Северного участка. По условиям залегания эта разновидность продольноволокнистого асбеста локализуется непосредственно на продолжении или рядом с ломкой в зоне перехода к асбесту нормальной прочности. Результаты исследований проб приведены в таблице 5.

Результаты определения показателей качества ломкого асбеста в просечках продольноволокнистого строения

№ № п.п.	Место отбора скважина и номер пробы	Физико-химические свойства асбеста							Характеристика волокна
		Окрашивающие Zn Cl J	ЭКП	П.п.п. %	Fe ₂ O ₃ %	FeO %	CO ₂ %	p	
1	4013/17	не окр.	0,0	13,07	не оп.	не оп.	не оп.	0,97	ломкое
2	3930/5-9	не окр.	-14,0	13,90	2,48	1,82	1,35	1,0	ломкое
3	3930/10-13	не окр.	-10,7	13,54	2,56	2,68	не оп.	0,9	ломкое
4	2-11	не окр.	Не оп.	14,55	не оп.	2,26	1,60	0,97	ломкое
5	3718/6	не окр.	-2,3	12,59	3,38	0,58	0,36	1,0	ломкое
6	3718/7	не окр.	Не оп.	14,59	3,21	0,58	2,46	1,29	ломкое
7	3718/8	не окр.	Не оп.	12,59	3,37	1,07	0,58	1,3	ломкое
8	3719/9	не окр.	-4,4	14,30	2,87	0,54	2,00	1,0	ломкое
9	3718/10	не окр.	Не оп.	13,29	2,52	0,48	1,15	1,0	ломкое
10	3718/11	оч. слабо	+3,4	13,23	4,01	0,81	0,61	1,0	ломкое
11	3718/12	не окр.	-0,2	13,41	2,74	0,60	0,95	1,11	ломкое
12	3718/13	не окр.	-1,0	12,49	2,69	1,12	2,00	0,94	ломкое
13	III-6	не окр.	Не оп.	18,57	1,19	2,05	0,73	-	ломкое
14	4013/20	не окр.	-2,7	13,40	2,23	1,71	1,18	1,0	ломкое
15	3415/15	не окр.	0,0	13,20	2,60	1,54	0,70	1,03	ломкое

Таблица 5

Результаты определения показателей качества полумомкого продольноволокнистого асбеста

№ № п.п.	Место отбора скважина и номер пробы	Физико-химические свойства асбеста							Характеристика волокна
		Окрашивающие Zn Cl J	ЭКП	П.п.п. %	Fe ₂ O ₃ %	FeO %	CO ₂ %	p	
1	3415/5	не окр.	+5,5	13,37	0,93	1,97	0,73	0,75	полумомк.
2	3415/13	не окр.	+4,0	13,34	3,33	0,63	2,53	-	полумомк.
3	3415/14	Слабое	+7,8	15,34	2,65	0,81	2,20	0,54	полумомк.
4	3356/1	част. и очень слабое	0,0	13,07	не оп.	не оп.	0,71	-	полумомк.
5	3356/2	не окр.	+2,0	12,99	1,79	1,05	0,51	-	полумомк.
6	3365/6	част. и очень слабое	+4,0	12,64	1,94	1,47	0,72	-	полумомк.

Среди просечек асбеста продольноволокнистого строения развито волокно представляющее смесь нормального и полумомкого асбеста (проба 9) и волокно нормального асбеста со слабо измененными свойствами (проба 585).

Разности близкие к нормальному асбесту отбирались для изучения характера гидротермальных преобразований и определений возможностей зафиксировать эти переходы физико-химическими методами исследования.

3.2. Типы проявлений ломкого асбеста в залежах

Структурно-тектоническая позиция зон минерализации ломкого асбеста в залежах нормального определена на основе: пострудного возраста тальк-карбонатных пород и разделения жильного комплекса диоритов по возрасту относительно этапов формирования месторождения [4].

С помощью этих и других критериев были изучены и оценены встреченные на месторождении проявления ломкого асбеста и созданы типовые модели их геолого-структурной позиции и внутреннего строения (рис.4). Модели отражают не только те зоны минерализации ломкого асбеста, которые могут быть геометризованы и селективно отработаны при эксплуатации, но и многочисленные мелкие скопления ломкого асбеста.

Многообразие условий локализации ломкого асбеста связано с развитием уникальной тектонической структуры месторождения в пострудный этап, когда оно подвергалось сильнейшему метаморфизму, и практически все залежи без исключения были затронуты в различной степени этими процессами, а некоторые уничтожены под действием метаморфизма.

В большинстве случаев структурное положение зон минерализации ломкого асбеста, несмотря на разнообразие условий залегания, определяется локализацией в приразломных частях залежей нормального асбеста [5]. В то же время нередко совершенно отчетливо просматривается связь проявления пострудных эндогенных процессов по тектоническим направлениям, заложенным в дорудный этап формирования месторождения и не проявившихся здесь в интрудный этап.

Примером этого является пологопадающее тектоническое нарушение, разделяющее залежь карьера 11 и Северную. К приграничной части залежи карьера 11 с Четвертой зоной разлома и описанным тектоническим нарушением приурочена залежь ломкого асбеста (рис.4, а). В верхней, теперь уже отработанной части залежи карьера 11, рассматриваемые проявления ломкого асбеста были описаны Н.Д.Соболевым и В.Я.Волочаевым [11], как участки ломкого асбеста, приуроченные к залежи Северной, что соответствовало существовав-

шей тогдашней номенклатуре залежей. Следует отметить, что эти исследователи метасоматические породы сложного гранат-брусит-талк-актинолитового состава, фиксирующие пологопадающее тектоническое нарушение, рассматривали как результат одноактного пострудного гидротермального метасоматоза. Поскольку этот вопрос имеет важный генетический аспект, подчеркнем, что по нашим данным в пологопадающую зону тектонического нарушения в дорудный этап инъецированы жильные габброиды, которые в пострудный этап преобразованы в родингиты. В пострудный этап такие зоны продолжали оставаться в условиях динамического сжатия, поэтому являясь путями проникновения обогащенных кремне-и углекислотой растворов, тальк-карбонатные, не получили такого развития, как в крутопадающих, сопряженных с ними, меридиональных зонах разломов.

Таким образом, первая модель отражает условия локализации ломкого асбеста в приразломной части залежи в контакте с крутопадающей зоной разломов, пересекающейся непосредственно под этим участком с пологопадающим тектоническим нарушением под углами 50-70°. Минерализация ломкого асбеста здесь развита во всех типах асбестонности.

Вторая модель характеризует условия залегания ломкого асбеста в приразломной части залежи Центральной, сопряженной с западным крылом Второй зоны разломов. По соотношению тальк-карбонатных пород и серпентинитов в зоне разломов и типов асбестонности в залежи можно сделать вывод, что образование тальк-карбонатных пород происходило за счет серпентинитов зоны разлома, что и обуславливает в пределах рассматриваемого типа модели ломкого асбеста развитие всех типов асбестонности: крупной и мелкой сетки, отороченных и бедных отороченных жил.

Третий тип модели (рис.4, в) характеризует условия локализации ломкого асбеста при выклинивании северной части залежи Южной. Окончание залежи контролируется совмещением (пересечением) Третьей, Второй и Первой зон разломов, сложенных исключительно тальк-карбонатными породами. Судя по их преобладающему развитию в разрезе проявление эндогенных процессов в пострудный этап было настолько интенсивным, что в тальк-карбонатные породы превращены не только серпентиниты зон разломов, но и краевые части залежи с рудами сетчатого типа. В результате в настоящее время залежь представлена бедными и простыми рудами с ломким асбестом.

Пологопадающее тектоническое нарушение, сложенное также тальк-карбонатными породами и рассекающее остатки залежи на две зеркально противоположные половины, по возрасту является образованием пострудного этапа, но это направление как ослабленная зона

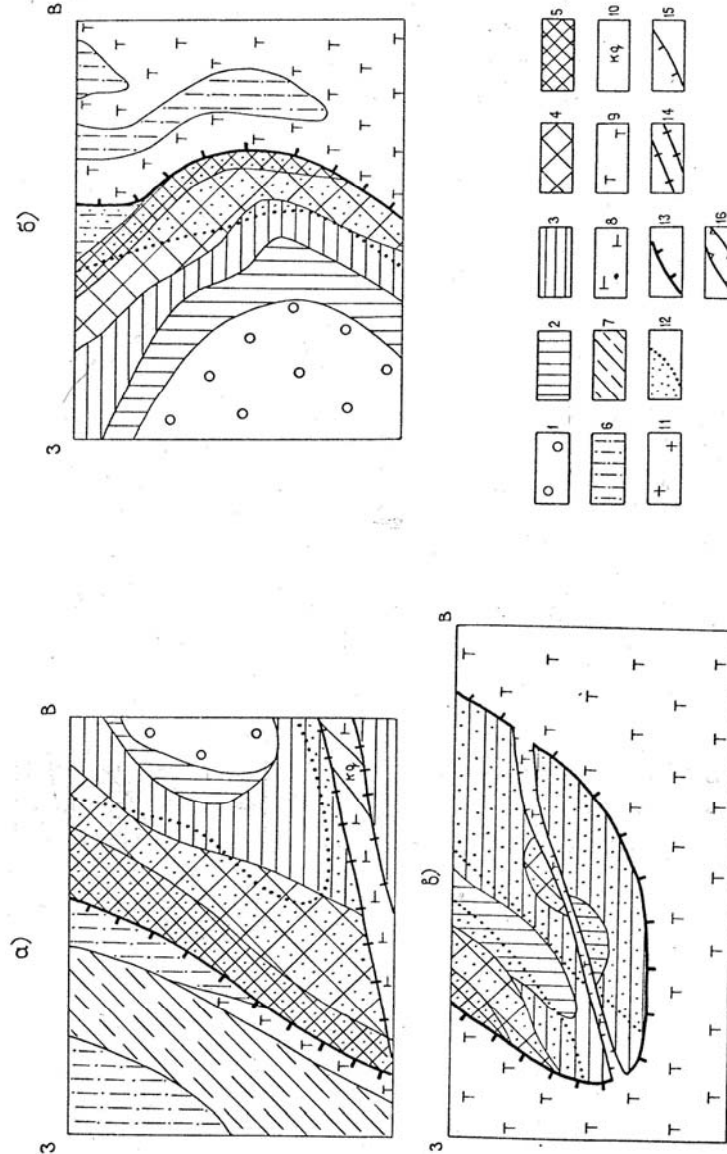


Рис.4. Типовые модели геолого-структурной позиции и внутреннего строения залежей и рудопроявлений ломкого асбеста.

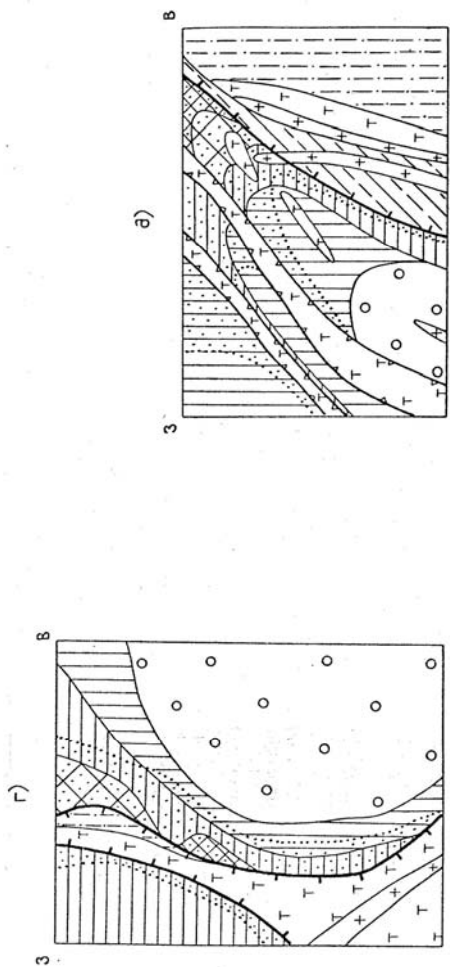


Рис. 4. Типовые модели геолого-структурной позиции и внутреннего строения залежей и рудопоявления ломкого асбеста на Баженовском месторождении. 1-3 - перидотиты; 1 - перидотиты безрудные, 2 - перидотиты с бедными отороченными жилами, 3 - перидотиты с отороченными жилами, 4-7 - серпентиниты с типами асбестонности: 4 - крупная сетчатая, 5 - мелкой сетки, 6 - просечек поперечноволокнистого строения, 7 - просечек продольноволокнистого строения; 8 - родингиты; 9 - тальковые, тальк-карбонатные породы; 10 - кварц-карбонатные породы; 11 - диориты адуйского комплекса; 12 - границы развития ломкого асбеста в залежах; 13 - границы рудоконтролирующих зон разломов; 14 - границы тектонических нарушений дорудного этапа, подновленные в пострудный этап; 15 - границы тектонических нарушений пострудного этапа, трассируемые в дорудном этапе; 16 - границы тектонических нарушений пострудного этапа.

было трассировано еще в дорудный этап. В более четкой форме мы это наблюдали в первом типе модели. По структурному положению третий этап модели характеризует условия, которые близки к полному метасоматическому замещению залежи нормального асбеста тальк-карбонатными породами.

Четвертый тип модели (рис.4, г) характеризует локализацию ломкого асбеста в приразломных частях залежей, контролируемых узкими крутопадающими зонами разломов. Залежи и рудопоявления ломкого асбеста расположены, главным образом, под лежащим боком зоны разломов. Характерной чертой является сближенность зоны разломов и блока перидотитов, что и определяет преобладающее развитие асбестонности отороченного типа и крупной сетки.

По положению тальк-карбонатных пород в разрезе можно определить, что они образовались по серпентинитам из зоны разлома и за счет краевых частей залежей асбеста.

Пятый этап модели характеризует приуроченность ломкого асбеста к приразломной части крутопадающих зон разломов, описанной в четвертом этапе, но в комбинации с пострудными тектоническими нарушениями новых направлений, но характерных для предыдущих этапов. Они чаще всего по определенной системе рассекают блоки и окружающие их серпентиниты и создают сложную картину развития ломкого асбеста с преобладанием его в бедных и простых отороченных жилах и крупной сетке.

В процессе изучения геолого-структурной позиции участков и рудопоявлений ломкого асбеста в пределах залежей нормального удалось решить не только основную задачу, но и выяснить характер наследования зон разломов и тектонических нарушений на месторождении от дорудного до пострудного этапов включительно. Преемственность в развитии заключается в подновлении в интра- и пострудный этапы зон разломов и тектонических нарушений, заложенных в дорудном этапе. Она наиболее четко выражена в зонах разломов субмеридионального направления, где фиксируется тальк-карбонатными породами, антигоритизированными и карбонатизированными серпентинитами, дайками диоритов.

Особое место среди зон разломов и тектонических нарушений занимают пологопадающие тектонические нарушения, которые в моделях "а" и "в" (рис.4) контролируют совместно с зонами разломов участки ломкого асбеста. В первом случае (а) дорудное нарушение фиксируется родингитами - метасоматическими образованиями по габброидам и кварц-карбонатным породам - образованиями пострудного

этапа. Во втором случае (в) зона измененных пород представлена тальк-карбонатными породами.

115

Общими чертами этих тектонических нарушений является пологое (10-35°) южное, юго-западное падение и небольшая мощность (2-5 метров). На фоне хорошо развитых зон разломов субмеридионального направления, характеризующихся большой неоднородностью строения

и мощностью, пологопадающие тектонические нарушения являются прямой противоположностью. Причина заключается в том, что в период интра - пострудного этапов развития месторождение находилось в состоянии динамического сжатия по вертикали снизу вверх, которое реализовалось вертикальным перемещением. В то же время зоны разломов испытывали растяжение. В пострудный этап вертикальное давление сопровождалось сдвигами по направлениям, заложенным в дорудный этап. В современном геологическом разрезе об этом свидетельствуют полог и горизонтально залегающие тела тальк-карбонатных пород рядом с родингитами апогаббровой природы.

Зоны минерализации ломкого асбеста в пределах залежей асбеста развиты во всех типах асбестоносности, за исключением сложных отороченных жил, где ломкий асбест нами отмечен в единичных случаях.

Были изучены крайние и переходные разности между ломким и нормальным асбестом из различных типов асбестоносности. При этом, учитывая, что предыдущими исследователями [8], не определено существенных расхождений во внутренней структуре у ломкого асбеста из различных зон асбестоносности, нами не ставилась задача по типам асбестоносности. Однако, при отборе проб этот признак был основным.

Ниже приводятся результаты определения показателей качества разновидностей волокна ломкого асбеста (табл.6), по которым на первом этапе изучения были выделены разновидности ломкого асбеста.

Ломкие разности асбеста чаще всего локализуются непосредственно в приразломных частях залежи во всех известных промышленных типах асбестоносности (рис.3).

Полуломкий асбест изучен на трех пробах из залежи 16. В смеси с ломким он представлен в пяти пробах. Результаты исследований приведены в таблице 7.

Для изучения свойств у переходных разностей от полуломкого асбеста к нормальному были отобраны специальные пробы, которые при исследовании показали нормальный асбест со слабо измененными свойствами и нормальный асбест (табл.8).

3.3. Особенности химизма среды при образовании ломкого асбеста

Таблица 6

Результаты определения показателей качества волокна ломкого асбеста из залежей асбеста

№ п.п.	Место отбора скважина и номер пробы	Тип асбестоносности	Физико-химические свойства асбеста						Характеристика волокна	
			Окрашивание Zл С J	ЭКП	П.п.п. %	Fe ₂ O ₃ %	FeO%	CO ₂ %		P
1	37-4	б. о. ж.	не окр.	-12,0	13,6	3,81	0,60	0,93	-	ломкое
2	3937/14-18	б. о. ж.	не окр.	-3,4	13,37	2,06	1,39	0,44	-	ломкое
3	3940/8-9	б. о. ж.	не окр.	-2,7	13,13	2,85	0,87	не оп.	1,2	ломкое
4	3941/1-6	б. о. ж.	част и слабое	-7,0	13,69	2,85	1,90	не оп.	1,0	ломкое
5	2293	б. о. ж.	не окр.	-7,0	12,42	не оп.	1,77	0,65	1,0	ломкое
6	3940/5-7	О.ж.	не окр.	-6,9	13,45	2,91	1,42	0,99	1,0	ломкое
7	3943/1-2	О.ж.	не окр.	-4,8	13,76	3,06	0,96	1,17	1,0	ломкое
8	3943/6-7	О.ж.	Частич.	0,0	12,79	2,67	1,42	не оп.	1,0	ломкое
9	4450	О.ж.	не окр.	-7,3	13,63	2,11	2,23	1,15	-	ломкое
10	4452	О.ж.	не окр.	0,0	12,75	2,32	2,45	0,37	1,07	ломкое
11	4456	О.ж.	не окр.	-4,3	12,98	1,90	2,34	0,46	1,07	ломкое
12	1714	О.ж.	не окр.	+2,5	13,00	2,54	1,71	0,64	1,0	ломкое
13	45	к.с.	не окр.	-6,2	12,68	2,09	1,67	0,33	-	ломкое
14	126	к.с.	не окр.	9,0	12,59	не оп.	2,58	0,34	1,06	ломкое
15	233	к.с.	не окр.	не оп.	12,97	1,85	0,84	не оп.	-	ломкое
16	597	к.с.	не окр.	-3,0	12,82	0,89	1,98	0,23	-	ломкое
17	4187	к.с.	не окр.	-11,0	13,72	2,81	1,55	1,54	-	ломкое
18	1711	М.п.	не окр.	-3,6	13,02	2,47	1,63	0,75	1,3	ломкое
19	1713	М.п.	не окр.	-6,0	13,05	2,12	2,03	0,66	1,13	ломкое

Примечание: б.о.ж. – бедные отороченные жилы; о.ж. – отороченные жилы; к.с. – крупная сетка; м.с. – мелкая сетка; м.п. – мелкопрожил.

Неполные химические анализы ломкого асбеста (табл.2-7) позволяют определить степень окисления двухвалентного железа в зонах разломов и залежах асбеста, сопоставить их и сделать генетические выводы.

116

Таблица 7
Результаты определения качества полумомкого асбеста из залежей асбеста

№ № п.п.	Место отбора скважина и номер пробы	Тип асбестоносности	Физико-химические свойства асбеста							Характеристика волокна
			Окрашивание Zn Cl J	ЭКП	П.п.п %	Fe ₂ O ₃ %	FeO %	CO ₂ %	Р	
1	Зал.16 593	б. о. ж.	не окр.	+12,0	14,28	не оп.	Не оп.	не оп.	0,75	полумомкое
2	Зал.16 73	к.с.	Слабое	+10,0	12,95	1,41	0,73	0,24	-	полумомкое
3	Зал.16 623	к.с.	Неравном.	+8,7	не оп.	не оп.	1,8	не оп.	0,7	полумомкое

Таблица 8
Результаты определения показателей качества волокна нормального асбеста из залежей асбеста

№ № п.п.	Место отбора скважина и номер пробы	Тип асбестоносности	Физико-химические свойства асбеста							Характеристика волокна
			Окрашивание Zn Cl J	ЭКП	П.п.п %	Fe ₂ O ₃ %	FeO%	CO ₂ %	Р	
1	81	Б. о. ж.	Интенсив.	+18,0	13,67	1,00	0,41	0,21	0,08	норм
2	82	Б. о. ж.	Интенсив.	не оп.	13,56	0,98	1,15	0,33	0,1	норм
3	78	о. ж.	Интенсив.	+21,0	13,53	1,71	0,18	0,22	-	норм
4	79	о. ж.	Интенсив.	+20,0	13,92	1,30	0,44	0,34	0,04	норм
5	80	о. ж.	Интенсив.	+22,0	13,67	1,21	0,40	0,27	0,08	норм
6	269	о. ж.	Интенсив.	не оп.	14,07	1,16	0,67	0,35	0,1	норм
7	4454	о. ж.	Интенсив.	+24,0	13,26	2,41	0,11	0,51	0,13	норм

8	37a	К.с.	Интенсив.	+20,5	13,88	2,19	0,29	0,38	0,17	норм
9	62	К.с.	Интенсив.	+22,5	14,10	0,84	0,57	0,33	-	норм
10	100	К.с.	Интенсив.	+25,0	13,36	1,45	0,10	0,25	-	норм

Главные элементы неогно-родности строения месторождения	Типы асбестоносности	Физико-химические свойства асбеста				
		Окрашивание в растворе Zn Cl J	ЭКП от- до	п.п.п, % от- до среднее	Fe ₂ O ₃ FeO от- до, % среднее	CO ₂ , % от- до среднее
Зоны разломов	просечки поперечно-волокнистые	не окрашивается	-5,8 - +7,2	12,5-19,56 14,0	0,53-9,15 4,49	0,43-7,31 2,25
	просечки продольно-волокнистые	не окрашивается	-14,0 - +3,4	12,49-18,57 13,78	0,58-5,83 3,30	0,36-2,46 1,21
	Среднее	не окрашивается	-14,0 - +7,2	12,49-19,56 13,88	0,53-9,15 4,05	0,36-7,31 1,69
Залежи асбеста	отороченные жилы	не окрашивается частично	-7,3 - +2,5	12,75-13,76 13,19	0,31-3,19 1,62	0,37-1,17 0,80
	крупная сетка	не окрашивается	-11,9 - -2,8	12,59-13,32 13,04	0,49-2,32 1,51	0,23-1,54 0,64
	мелкая сетка	не окрашивается частично слабо	-12,2 - -1,8	12,38-14,19 13,46	0,39-3,84 1,93	0,52-2,84 1,30
	Среднее	не окрашивается частично слабо	-12,2 - +2,5	12,38-14,19 13,23	0,34-6,35 1,92	0,23-2,84 0,88

Из таблицы 9 видно, что уровень окисления железа в ломком асбесте из зон разломов в 1,5-2,0 раза выше, чем в пределах залежей. В таком же соотношении находится и содержание углекислоты, что свидетельствует о существенной разнице условий при образовании лом-

кого асбеста в зонах разломов и залежах асбеста. Как известно, зоны разломов месторождения характеризуются наиболее сильной проницаемостью для растворов, являясь главными путями их циркуляции, что обуславливает более сильное окисление железа в асбесте зон разломов, чем на удалении от них, в залежах. В то же время, оценивая верхние пределы значений электрокинетического потенциала (ЭКП) отметим, что в залежах происходила более глубокая перестройка заряда поверхности волокна асбеста, чем в зонах разломов. Более сильные процессы окисления и карбонизации в зонах разломов тормозили перестройку структуры фибрилл и превращение нормального асбеста в ломкий. Таким образом, оптимальные условия для образования наиболее качественного асбеста с высоким отрицательным зарядом ЭКП находятся за пределами зоны разлома в краевой части залежи асбеста, сложенной зонами мелкой и крупной сетки (табл. 9).
На основании полученных данных можно сделать вывод о химизме среды формирования ломкого асбеста дала рН-метрии волокна ломкого асбеста. Результаты изучения в обобщенном виде представлены на графике (рис.5), показывающем, что образование зон минерализации ломкого асбеста происходило в слабо щелочной среде, в то время как в остальной части залежей существовал щелочной режим. Это указывает на кислый характер гидротермальных растворов пострудного этапа, обогащенных кремнекислотой, углекислотой и кислородом.

Многообразие условий формирования ломкого асбеста (рис.4) по особенностям рН среды укладывается в две схемы. Первая схема (рис.5,1) отражает химизм модели "в", вторая схема (рис.5,2) химизм моделей "а", "б", "г", "д".

Изучение рН среды зон минерализации ломкого асбеста также позволяет довольно четко определить различия по этому показателю условий формирования ломкого асбеста в зонах разломов рН – 7,60-7,73 и залежах рН – 8,25-8,37.

Одним из важных показателей химизма среды и условий образования нормального и ломкого асбеста является содержание в них хлора. В институте ВНИИпроектасбест [6], проведено изучение распределения хлора, показавшее следующие содержания в нормальном асбесте Баженовского месторождения по зонам асбестоносности: отороченные жилы 0,032%, крупная сетка 0,081%, мелкая сетка 0,0125%. Для сравнения нами выполнены аналогичные определения в той же лаборато-

рии института ВНИИпроектасбест в пробах волокна, отобранных из зон минерализации ломкого асбеста. В нормальном асбесте (32 анализа) среднее содержание хлора составляет 0,0093%, в полуломком (7 анализов)–0,0038%, в ломком (14 анализов)–0,0025%.

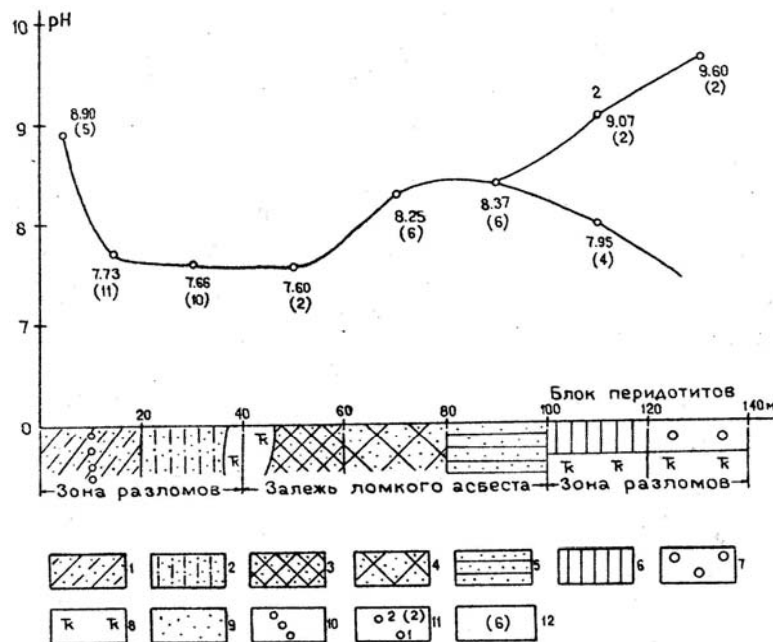


Рис.5. Обобщенная модель pH среды формирования зон минерализации ломкого асбеста.

1-2 – зоны разломов с асбестоносностью типа: 1 – просечек продольноволокнистого строения, 2 – просечек поперечноволокнистого строения; 3-7 – серпентиниты и перидотиты залежей с асбестоносностью типа: 3 – мелкой сетки, 4 – крупной сетки, 5 – отороченных жил, 6 – бедных отороченных жил, 7 – перидотиты ядра; 8 – тальк-карбонатные породы; 9 – зона минерализации ломкого асбеста; 10 – граница зоны минерализации ломкого асбеста; 11-1 – значение pH в бедных отороченных жилах, которые контактируют с тальк-карбонатными породами (модель «в»), 2 – то же при переходе в неасбестоносные гарцбургиты; 12 – количество определений pH среды.

Сопоставление содержаний хлора в различных частях геологического разреза, проведенное нами, показывает закономерное снижение его к ломкой разновидности, что отражает особенности химизма среды интратрудного и пострудного этапов формирования месторожде-

ния. В.А. Зырянов [6], считает, что источником хлора служили гидротер-

мальные растворы, обогащенные хлоридами, вызывающие серпентинизацию и особенно хризотилизацию и асбестообразование, т. к. изучение распределение хлора не подтвердило установленную для дунитов Кемпирсайского массива связь с бруситом [12].

Наши данные по содержанию хлора в полуломком и ломком асбесте позволяют заключить, что накопленный при образовании асбеста хлор выносится под действием пострудных гидротермальных растворов. Имеющиеся материалы позволяют определить уровень выноса хлора при образовании ломкого асбеста (табл.10).

Полученные данные показывают, что в процессе пострудного метаморфизма происходил вынос основной массы хлора (94-95%).

Обобщая полученные результаты, необходимо отметить некоторые существенные особенности в формировании зон минерализации ломкого асбеста. Образование наиболее качественного ломкого асбеста (по длине волокна, общему содержанию и однородности строения) происходило в приразломных частях залежей нормального асбеста при полном или частичном метаморфизме ее краевой части при pH - 8,25-8,37.

Таблица 10

Уровень выноса хлора при образовании ломкого асбеста

Зоны асбестоносности	Содержание хлора, %		Уровень выноса хлора при образовании ломкого асбеста, %
	нормальный асбест	Ломкий асбест	
Отороченные жилы	0,032	0,0018	94
Крупная сетка	0,081	0,0044	95

В зонах асбестоносности, представленных мелкой сеткой и просечками с продольно- и поперечноволокнистым асбестом режим среды был более кислым pH – 7,73-7,60.

Резкое снижение значения pH в ломком асбесте до 7,95%, наблюдаемое в залежах вблизи тальк-карбонатных пород (модель "в") косвенно указывает на наложение тальк-карбонатного метасоматоза на уже сформировавшиеся залежи ломкого асбеста.

3.4 Характеристика основных свойств разновидностей асбеста из зон ломкой минерализации

Тождественность основных свойств минералов ряда ломкий-нормальный асбест из зон разломов и залежей асбеста была подтверждена результатами термического анализа (ДТА), ИК-спектроскопии, определениями агрегативной прочности методом крутильных колебаний, электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа в ин-

ституте ВНИИпроектасбест, позволило выделить следующие разновидности в пределах зон минерализации ломкого асбеста:

122

1. Поперечноволоконистый асбест
 - 1.1. Нормальный
 - 1.2. Ломкий
 - 1.3. Ломкий-полуломкий
 - 1.4. Полуломкий
2. Продольноволокнистый асбест
 - 2.1. Нормальный, близкий к нормальному
 - 2.2. Ломкий
 - 2.3. Полуломкий

При характеристике разновидностей асбеста мы учитывали, что в печати опубликованы данные химического состава, структуры, физико-химического свойства нормального и ломкого асбеста [1,8] по Баженовскому месторождению. Акцент при наших изучениях делался на переходные разновидности асбеста с целью определения характера изменений свойств при превращении нормального асбеста в ломкий. Из-за сложности макроскопической диагностики волокна переходных

форм, также как и более точными методами, что показал наш опыт,

было отобрано количество проб, позволившее изучать различные степени перехода от нормального асбеста к ломкому.

4.1 Поперечноволоконистый асбест

Нормальный асбест

Изучение свойств нормального асбеста выполнено для сравнения их со свойствами переходных и ломкой разновидностей. Волокно проб нормального асбеста окрашивается раствором хлор-цинк-йода в коричневый или бурый цвет, электрокинетический потенциал положителен и колеблется по величине в пределах 18-20 мВ, потери при прокаливании изменяются в интервале 13,48-14,10%.

Термоанализ показывает характерный комплекс эффектов, в том числе эндотермические с температурой пиков около 100° С и 700° С и экзотермический – при температуре 825-845° С. Первые два эффекта связаны соответственно с потерей слабо связанной воды и потерей гидроксильной группы. Экзоэффект знаменует кристаллизацию форстерита и упорядочение его структуры.

Выполнена ИК-спектроскопия, показавшая в области волновых чисел 900-1000 см⁻¹ характерные полосы поглощения с максимумами -950, -1020, -1070 см⁻¹.

Электронномикроскопическое изучение элементарных волокон показало, что они представляют собой трубки с отношением длины к диаметру более 100. Фибриллы по структуре относятся к клинохризотилу.

Ломкий асбест

Ломкое волокно не окрашивается раствором хлор-цинк-йода или

123

дает слабую желтовато-оранжевую окраску, электрокинетический потенциал отрицателен – с емкостью от 1,8 до 14 мВ. В некоторых пробах ЭКП имеет нулевое значение и даже положительно заряжен, что объясняется загрязненностью волокна примесями магнетита в количестве до 1-3%. Значение потерь при прокаливании несколько ниже, чем в нормальном асбесте, а повышение их содержания в отдельных пробах связано также с присутствием примесей карбонатов.

Для ломкого асбеста характерно более высокое содержание закисного железа, чем у нормального асбеста, и особенно повышенное содержание углекислоты, что связано с общей карбонатизацией пород, вмещающих общий ломкий асбест.

Дифференциальные кривые нагревания (ДТА) имеют усложненные формы эндотермического эффекта: появление дополнительного эндотермического эффекта при температуре 670-740° С и смещение максимума эндотермического эффекта в сторону высоких температур.

Дополнительные эндотермические эффекты с максимумами 530-560° С указывают на наличие в асбесте примеси магнетита. В волокне проб 3415/4, 3403/5 отмечается примесь кальцита, отражающая более высокотемпературные условия преобразования асбеста.

По классификации Лашневой З.В. [8] поперечноволоконистый асбест сложен, в основном, средними тонкостенными трубками, а ломкий продольноволокнистый – средне-толстостенными трубками.

При диспергации ультразвуком выявляются особенности агрегативной спайности ломкого асбеста, характеризующейся присутствием большого количества коротких дисперсных частиц. Это свидетельствует о пониженных прочностных свойствах волокна.

Ломкий-полуломкий асбест

Физико-химические свойства смеси волокон ломкого и полуломкого асбеста изучены в пяти пробах, отобранных из залежей асбеста. Волокно не окрашивается совсем или слабо, ЭКП отрицателен (-5,0 мВ), либо положителен и изменяется от +2,4 до 9,5 мВ, потери при прокаливании составляют 13,11-13,52%.

Характер кривых нагревания проб близок к ломким разновидностям асбеста, так же как и ИК-спектры поглощения проб, содержащих смесь ломкого и полуломкого асбеста, напоминает спектры ломкого асбеста.

Колебательные характеристики проб подобны в одних случаях ломким разностям, в других полулومким.

На электронномикроскопических снимках водной суспензии волокна проб 56 и 1712 наблюдается разной длины и толщины прямолинейные или слабо изогнутые волокна и пучки волокон с высокой агрегативной спайностью, указывающие на низкие прочностные свойства асбеста.

124

Полулумкий асбест

В чистом виде, как уже отмечалось, полулумкий асбест при исследованиях был выделен в трех пробах, отобранных из залежи 16.

Волокно окрашивается раствором хлор-цинк-йода слабо и неравномерно. Значение ЭКП колеблется в пределах 8,7-12,0, заряд положительный. Потери при прокаливании определены в двух пробах: 14,28% и 12,95%. Высокое содержание п. п. п. в первой пробе объясняется примесями карбонатов, хорошо диагностируемых в иммерсионном препарате.

Кривая ДТА пробы 73 отвечает по форме нормальному асбесту, но имеет слабый перегиб кривой в области температур 680-700° С. Наоборот, ИК-спектр проб полулумкого асбеста ближе к таковым ломкого асбеста. По ИК-спектрограмме ломкого асбеста фиксируют четыре полосы поглощения: ~950, ~1000, ~1035, ~1070⁻¹.

Кривые зависимости декремента затухания от времени диспергации для ломкого асбеста характеризуются существенным отличием от аналогичных у нормального асбеста. С увеличением ломкости абсолютная величина логарифмического декремента затухания (δ) повышается.

Изучены размеры элементарных волокон фибрилл и установлено, что диаметр фибрилл колеблется от 31 до 40 нм, за редким исключением 27 и 46 нм у ломкого поперечноволоконистого (табл.11), а у продольноволокнистого – от 30 до 50 нм.

Таблица 11

Распределение диаметров фибрилл ломкого асбеста

Хризотил-асбест	Кол-во измерений	Колебание значений	Среднее значение	Диаметр, нм			
				21-30	31-41	42-50	51-58
Поперечно-волоконистый	247	25-46	35	8,8	90	1,2	-
Продольноволокнистый	131	25-58	40	12,2	31,6	52,6	2,4

При колебательной характеристике асбестовой суспензии исследованные пробы отвечают асбесту с пониженными прочностными свой-

ствами по сравнению с нормальным асбестом. При электронномикроскопическом изучении наблюдаются волокна разной длины и толщины, пучки, расщепленные и нерасщепленные с высокой агрегативной спайностью.

4.2 Продольноволокнистый асбест

Продольноволокнистый асбест близок к нормальному. Основные показатели свойств этого асбеста приведены в таблице 4.7, из которой

125

следует, что этот асбест по сумме свойств приближается к нормальному. Это подтверждают и его термические свойства, а также данные инфракрасной спектроскопии. В то же время прочностные свойства значительно ниже, чем у нормального асбеста. Колебательные свойства суспензий волокна проб достигают 'состояния твердого тела', но удерживают это состояние не более 3 минут (нормальный асбест – 8 минут и более). Характерно, что продольное волокно образует сростание с немалитом, содержание которого по данным термического анализа достигает 18%. Именно высоким содержанием немалита обусловлено большое содержание (до 17,93%) потерь при прокаливании.

Электронномикроскопические снимки диспергированного в течение 3 минут волокна показывают длинные, эластичные и хорошо расщепленные агрегаты не отличимые от нормального асбеста.

Ломкий продольноволокнистый асбест

Приведенные в таблице 5.12 данные и результаты более точных исследований позволяют однозначно отнести изученные пробы продольного волокна к ломкой разновидности. Величина ЭКП изменяется от 0 до -14 мв и только в одном случае равна +3,4 мв, что связано с наличием примесей. Примеси магнезита отражаются и на повышении показателей потерь при прокаливании в отдельных пробах, содержание которых изменяется от 12,49 до 14,59%.

Термические свойства асбеста этой группы типичны для ломких разностей, ИК-спектрограммы также характеризуют волокно проб как ломкое, равно как и по величине декремента затухания, прочностные характеристики соответствуют ломким разностям.

На электронномикроскопических снимках наблюдаются прямолинейные или слабо изогнутые агрегаты различной длины. Характерны как тонкие фибриллы, так и агрегативно спаянные пучки волокон, что типично для ломких разностей асбеста.

Полулумкий продольноволокнистый асбест

Выделение этой группы волокна обусловлено его промежуточными физико-химическими свойствами. Характерны значения ЭКП в пределах от 12,64 до 13,37%, за исключением одной пробы (15,34%), что обусловлено примесями карбонатов. Волокно этих проб раствором хлор-цинк-йода не окрашивается или окрашивается слабо.

Кривые ДТА характеризуются сложной формой эндоэффектов в области температур 720-745° С, что соответствующим ломким разностям, а в области экзоэффектов – ближе к нормальному асбесту.

По ИКП-спектрам исследованное волокно можно отнести к слабо измененному нормальному асбесту.

Колебательные характеристики водной суспензии волокна проб 3356/1, 3356/2, 3356/6, 3415/5 отвечают ломким разностям асбеста, а 126 проб 3415/13, 3415/14 – промежуточным между ломкими и нормальными разностями.

Электронномикроскопическое изучение волокна показало, что преобладают длинные слабо изогнутые волокна и пучки волокон с высокой агрегативной спайностью.

Заключение

1. Выделены, как самостоятельные геологические образования, зоны минерализации ломкого асбеста и выполнена типизация ее проявлений на основе структурной приуроченности к разломам и залежам асбеста, и тождественности различных свойств ломкого асбеста и его переходных разностей в них. Установлено, что оптимальные условия для образования наиболее качественного ломкого асбеста по длине волокна, общему содержанию и однородности строения пригодного в спецкартонах, существовали в приразломных частях залежей нормального асбеста, характеризовались рН равной 8,25-8,37.

2. По пространственному соотношению зон разломов и тектонических нарушений, масштабам минерализации залежей ломким асбестом и положению тальк-карбонатных пород на Баженовском месторождении выделено пять моделей строения залежей ломкого асбеста. Целенаправленное изучение физико-химических свойств асбеста от нормальной разновидности через переходные к ломкой показывает, что новые свойства приобретаются постепенно, т.е. ломкий асбест образуется за счет асбеста нормальной прочности в пострудный этап развития месторождения.

4. Пространственная совмещенность ломкой минерализации в зонах разломов с жильным проявлением апогаббрового и трех гранитных комплексов: рефтинского, каменского и адуйского подчеркивает унаследованность тектонической структуры месторождения с дорудного этапа развития месторождения и ее главной роли в формировании ломкого асбеста.

5. Промышленная ценность ломкой минерализации определяется приуроченностью ее к зонам крупной сетки, отороченных жил и мелкой сетки. В соответствии с нашими исследованиями в контур

рудного тела ломкого асбеста должны включаться ломкие, ломкие – полулломкие, а также полулломкие разности асбеста.

При нормальном по размерам характере ломкого оруденения эти руды, перерабатываемые совместно с нормальными, отрицательно влияют на показатели обогащения, что ставит проблему доизучения этого влияния в масштабах отработки всего месторождения.

Литература

- 1. Баженовское месторождение хризотил-асбеста.** Под ред. К.К. Золоева, Б.А. Попова. М.: Недра, 1985, 270 с.
- 2. Башта К.Г., Гурьев С.А.** О возможности определения качества хризотил-асбеста методом крутильных колебаний. - В кн.: Добыча и обогащение асбестовых руд. Асбест, 1981, с.3-6. (Тр. ВНИИпроектасбест, вып.23).
- 3. Воронов И.Е.** Особенности рентгенограмм хризотил-асбеста. - В кн.: Геология и разработка месторождений хризотил-асбеста. Асбест, 1982, с. 54-59 (Труды ВНИИпроектасбест).
- 4. Ефимов В.И.** Роль метасоматитов при определении этапности формирования Баженовского месторождения хризотил-асбеста. - В кн.: Рудоносные метасоматические формации Урала. Свердловск: АН СССР УНЦ, 1986, с. 23-24.
- 5. Ефимов В.И.** Ломкий хризотил-асбест Баженовского месторождения. Мингео СССР, ВИЭМС, 1988, вып.2-3. Экспресс информация, 12 с.
- 6. Зырянов В.А., Бызова Г.К., Баталова Г.М., Алексеев Н.А.** Закономерности распределения хлора во вмещающих породах и рудах асбестовых месторождений. - В кн.: Геология и разработка месторождений хризотил-асбеста, Асбест, 1985, с. 29-41.
- 7. Лашнева З.В., Лашнев И.М.** Парахризотил в промышленных залежах асбеста Баженовского месторождения. Тезисы доклада четвертой годичной конф. Тюменского отделения ВМО АН СССР, Тюмень, 1983, с. 39-41.
- 8. Лашнева З.В.** Геологические и структурно-морфологические критерии качества хризотил-асбеста Баженовского месторождения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. г.-м. н., Свердловск, 1985, с. 24.
- 9. Методика определения содержания хризотил асбеста.** Асбест, ВНИИпроектасбест, 1985, 71 с.
- 10. Перлин В.Д.** Структура, свойства и применение хризотил-асбеста в асбестоцементной промышленности. Итоги науки и техники, сер. Неметалл. полезные ископаемые, 1973, т.2, с. 74-127.

11. Соболев Н.Д., Волочков В.Я. Петрография и генезис месторождений ломкого хризотил-асбеста. Недра, 1966, 71 с.

12. Штейнберг Д.С., Чащухин И.С. Серпентинизация ультрабазитов. Наука, 1977.