

Н.Н. ДЖАФАРОВ

ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ
Казахстана

АЛМАТЫ
РИО ВАК РК
2000

УДК 553.676.2(574)

Р е ц е н з е н т ы:

доктор геолого-минералогических наук, профессор *Н.Н.Ведерников*,
кандидат геолого-минералогических наук *В.Ф. Долгополов*.

Джафаров Н.Н. Хризотил-асбест Казахстана. – Алматы: РИО ВАК РК, 2000. – 180 с.

В монографии приведены геологические данные о месторождениях хризотил-асбеста Казахстана. Выделены геолого-промышленные типы. На основе современной теории мобилизма разработана геолого-генетическая модель образования и сохранения месторождений хризотил-асбеста. Проведено минерогенетическое районирование Казахстана и определен минерально-сырьевой потенциал хризотил-асбеста страны. На основе обобщения результатов разведки и эксплуатации Джетыгаринского месторождения рассмотрены методические аспекты изучения месторождений хризотил-асбеста.

Для специалистов, занимающихся изучением месторождений хризотил-асбеста.

Библиогр. 159 назв. Ил. 30. Табл. 23

ISBN 9965-520-07-0

© Джафаров Н. Н., 2000

ПРЕДИСЛОВИЕ

К асбестам относятся минералы, имеющие волокнистое строение. Слово “асбест” заимствовано от греческого и означает “неугасимый, неразрушимый”. Самым широко распространенным (более 95%) асбестом является хризотил-асбест, представляющий собой волокнистую разновидность хризотила-минерала группы серпентина. Кроме хризотил-асбеста существуют асбесты амфиболовой группы – амфиболит, амозит, крокидолит, актинолит, тремолит, режикит, родусит и др. Каждый из этих минералов обладает разнообразными ценными природными свойствами, что делает их незаменимыми для применения в промышленности. Некоторые из них получили свое второе название благодаря своему цвету – синий асбест (крокидолит), голубой асбест (режикит, родусит).

Казахстан занимает третье место в мире по минерально-сырьевому потенциалу хризотил-асбеста, равному 100,3 млн т, причем подсчитанные запасы составляют 58,4 млн т, а оставшиеся на 1.01 1999 г балансовые – 26,7 млн т. Последние сосредоточены в единственном эксплуатируемом в казахстане Джетыгайринском месторождении.

Наша республика по уровню производства хризотил-асбеста занимает шестое место в мире. Единственным асбестодобывающим предприятием в Казахстане является ОАО «Кустанайасбест», которое находится в Житикаре Костанайской области.

Настоящая работа – результат более чем двадцатилетнего исследования крупных месторождений Южного Урала и Казахстана. Она является первым обобщением материалов по месторождениям хризотил-асбеста Казахстана с целью оценки и анализа минерально-сырьевых потенциалов республики. Исследованиями был охвачен широкий круг вопросов, связанных с разведкой, поисками и прогнозированием месторождений хризотил-асбеста: геологическое строение и тектоника месторождений; петрография, петрохимия и геохимия вмещающих руденение пород; природа и интенсивность тектонизации ультрамафитов; степень их серпентинизации; связи серпентинизации, тектонизации и асбестообразования; геотектоническая позиция месторождений; зональность размещения асбестовой минерализации; совершенствование методики разведки месторождений, определение закономерностей размещения месторождений и асбестоносных жил, определение рудоконтролирующих факторов; разработка критериев прогноза;

минерагеническое районирование Казахстана и оценка перспектив хризотил-асбестоносности, включая количественный прогноз.

Месторождения хризотил-асбеста классифицированы по геолого-промышленным критериям. Для геолого-промышленных типов на основе теории мобилизма разработана геолого-генетическая модель. Показано, что месторождения хризотил-асбеста формировались в две стадии: аутометаморфическую и аллометаморфическую - в процессе транспортировки ультрамафитовых массивов океанской литосферной плиты из верхней мантии в сторону континента. Доказано, что формирование асбестовых жил происходит в условиях серпентинизации вмещающих ультрамафитов без привноса компонентов серпентинизирующими водами. Дериваты гранитной магмы или гидротермы, связанные с более поздними гранитоидами, не являются асбестообразующими факторами. В Казахстане впервые выделены аккриционные призмы и реликты зон обдукции, благоприятные для сохранения хризотил-асбестовых месторождений в субазральных условиях.

Проведено научно обоснованное минерагеническое районирование Казахстана на основе выявленных закономерностей размещения и критериев рудоносности месторождений хризотил-асбеста (рудная минерализация, структурное положение территории, состав и степень серпентинизации ультрамафитовых протрузий) выделены Уральский планетарный асбестоносный пояс, Восточно-Казахстанская и Алтае-Саянская планетарные асбестоносные провинции. В их пределах установлены Сакмарский, Восточно-Уральский, Ульпаусский, Балхаш-Илийский, Чингиз-Тарбагатайский и Кентерлаусский асбестоносные пояса и Степняк-Майкаинская асбестоносная провинция. Кроме того, оконтурено 25 асбестоносных минерагенических площадей более высоких порядков (зон и районов).

Обобщены результаты 35-летней эксплуатации Джетыгаринского месторождения, оценены его перспективы. Особое внимание уделено методическим вопросам геологического изучения асбестовых месторождений на примере Джетыгаринского месторождения.

В процессе исследований автор в разные годы пользовался консультациями и советами дорогого учителя, академика К. К.Золоева, доктора геолого-минералогических наук А. С. Варлакова. При подготовке книги учтены предложения и советы Г. В. Храмовой. Некоторые материалы книги обсуждались с кандидатом геолого-минералогических наук Ф. Н. Джафаровым и Е. В. Альгеровичем. Большую помощь в подготовке книги оказали сотрудники геологического отдела ТОО «Асбестовое ГРП» И. П. Никифорова и Т. И. Исакова. Постоянную поддержку оказывали технический директор ОАО «Кустанайасбест» К. К.Жусупов, главный геолог комбината Л. Н. Лещенко, начальник «Центргеолнеруды» (г.Москва), кандидат геолого-минералогических наук М. И. Хазанов. Всем им автор выражает свою искреннюю признательность.

Глава 1. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА КАЗАХСТАНА

Изучение геологии месторождений, поиски и разведка их, методика поисков и разведки, оценка и подсчет запасов месторождений, классификация объектов хризотил-асбеста, разработка вопросов генезиса, определение рудоконтролирующих факторов и закономерностей размещения месторождений хризотил-асбеста, выявление критериев прогноза и оценка перспектив территорий, количественная прогнозная оценка перспектив регионов – вот далеко не полный перечень геологических аспектов проблемы хризотил-асбеста, решению которой посвящены многочисленные исследования. Большинство упомянутых вопросов рассмотрено в соответствующих главах настоящей книги.

Первые работы по геологии и минералогии рудных объектов в связи с серпентинитами появились на английском, немецком и русском языках в первой половине прошлого века. Чуть позже была выявлена хризотил-асбестоносность Урала. Месторождения хризотил-асбеста, прежде всего Баженовское, стали объектом изучения и последующей разработки.

На Казахском Урале хризотил-асбестоносность была установлена в 1915 г. В. А. Вознесенским в Джетыгаринском районе [45]. В 1927 г. А. Н. Гейслер [49] сделал первую попытку оценить район на хризотил-асбест. После этого район становится объектом длительных поисковых, оценочных и разведочных работ, в результате которых здесь в 1965 г. началась разработка уникального месторождения хризотил-асбеста.

Почти одновременно с открытием асбестоносности Джетыгаринского района, в 1912 г., была установлена асбестоносность Восточного Казахстана и выявлено месторождение Ешкюльмес, что известно из дозвожительного свидетельства на имя И. Г. Белова. Тогда же была установлена асбестоносность на северо-востоке Казахстана, в Алтае-Саянской складчатой области. Таким образом, сведения о крупнейших

асбестопроявлениях Казахстана восходят к началу XX века. К настоящему времени на территории нашей республики известно 3 крупных, 5 мелких месторождений и более 100 проявлений хризотил-асбеста. Казахстан является третьей страной мира по разведанным запасам хризотил-асбеста.

Крупнейшим исследователем проблемы хризотил-асбеста, под идеологическим руководством которого она развивалась в советское время, был П. М. Татаринов. Им фактически создано учение о хризотил-асбесте, которое аккумулировало все стороны проблемы, упомянутые выше. В обобщенном виде они были представлены в вышедшей в 1967 г. под его редакцией и при его непосредственном участии монографии «Месторождения хризотил-асбеста СССР». Дальнейшее развитие и совершенствование это учение получило в работах таких ученых, как К. К. Золоев, Н. Н. Ведерников, О. Б. Бейсеев, В. Р. Артемов, А. С. Варлаков, А. К. Сибилев, В. Д. Перлин, К. Г. Башта и мн. др.

Изучением особенностей геологического строения хризотил-асбестовых месторождений Казахстана занимались В. Р. Артемов [5, 7, 10, 11], К. Г. Башта [17], О. Б. Бейсеев [19, 21, 22, 24], А. С. Варлаков [33, 34, 35, 38], Н. Н. Ведерников [44], И. И. Волчек [110, 111], Р. Г. Глухов [50, 52], Н. Н. Джафаров [52, 55, 57], К. К. Золоев [68], В. А. Зырянов [17], Б. В. Корнеев [85], М. М. Кравченко [90], А. И. Наумов [14, 104, 105], В. Д. Перлин [107, 108, 109, 110, 111], А. В. Струтынский [132], Н. С. Черемных [14], Л. Я. Шишкова [14, 105], Б. А. Шкуропат [17, 145, 146]. Над вопросами классификации месторождений хризотил-асбеста работали П. М. Татаринов [136], К. К. Золоев [69, 70, 73, 75], О. Б. Бейсеев [19], в определенной мере – В. Р. Артемов [9].

Оценкой перспектив выявления хризотил-асбестовых месторождений всей территории бывшего СССР и определением его сырьевой базы занимались в свое время П. М. Татаринов [135, 138], В. Р. Артемов [4, 9, 138], К. К. Золоев [71, 78]. На территории Казахстана оценку перспектив и прогнозную количественную оценку на хризотил-асбест проводили О. Б. Бейсеев [20], И. И. Бок [29, 64], М. М. Будай, Н. Н. Ведерников [20, 29, 44, 64], Ш. Е. Есенов [64], Е. М. Мендельсон [29, 44], А. Е. Суханов [20].

1.1. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КАЗАХСТАНА, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ РАЗМЕЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

Большая часть современного Казахстана представляет собой континентальную область, являющуюся частью Центрально-Азиатской эпипалеозойской платформы. Ее плитный комплекс, сформировавшийся в постранинне меловое время, окаймляет сложенные до мезозойскими образованиями щиты: Уральский, Восточно-Казахстанский и Алтае-Саянский. Лишь на крайнем юге располагаются горные системы Тянь-Шаня, образующие северную, наиболее древнюю часть орогена, возникающего в зоне коллизии Лавразии и Гондваны (рис. 1).

Южный фрагмент Уральского щита, находящийся в пределах Казахстана, состоит из серии субмеридиальных аккреционных призм, являющихся продуктом столкновения континента, Восточно-Европейской плиты, с микроконтинентами, надводными и подводными островными дугами, океанской плитой и ее плитным комплексом, перемещавшимися с востока. Призмы разделяются сохранившимися на месте зон субдукции меридиально вытянутыми сутурными линиями, которые в большинстве своем трассируются протрузиями ультрамафитов. Главнейшие из этих линий являются (с запада на восток) Таловско-Халиловская, Мугоджарская, Джетыгаринская, Иргизская (Притобольская). Вдоль некоторых сутурных линий, к западу от них, сохранились наиболее благоприятные для месторождений асбеста пластины океанских литосферных плит и прежде всего ультрамафитов, находящихся в обдукционном залегании. Самые крупные из них – Кимперсайская и Джетыгаринская. Среди аккреционных призм наблюдается общая тенденция омоложения фрагментов океанской коры и плитного комплекса, а также островных дуг с запада на восток – от раннего ордовика Сакмарской призмы до раннего карбона Иргизской. Нарушения этой закономерности связаны с сохранившимися участками обдукционных зон. В зонах обдукции зачастую более молодые ультрамафиты залегают западнее более древних. Они слагают протрузии, падающие на восток и образующие иногда пологолежащие пластины. Девонские вулканы, продукт субдукции, имеют преимущественно среднеосновной состав, что указывает на относи-

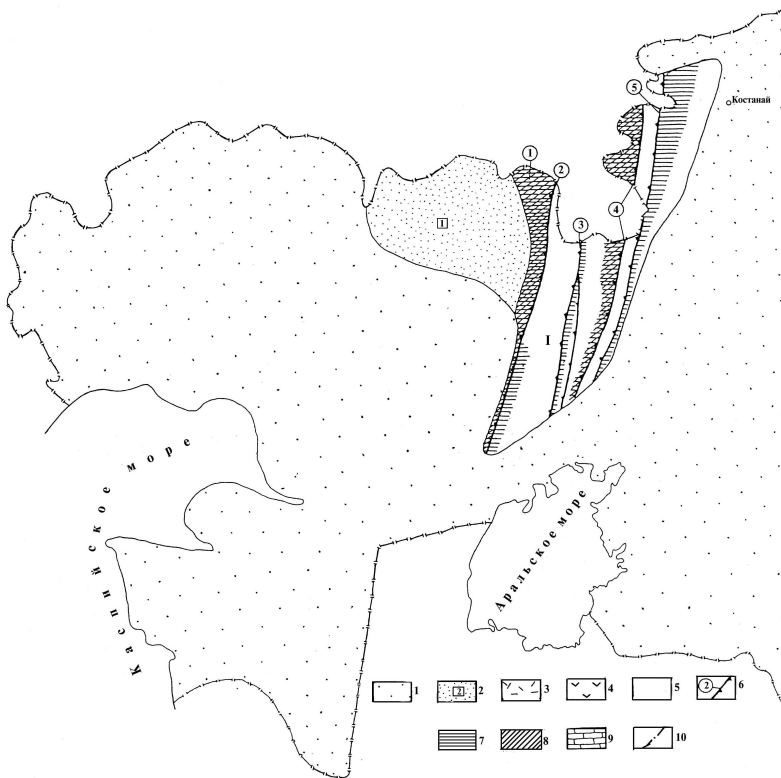
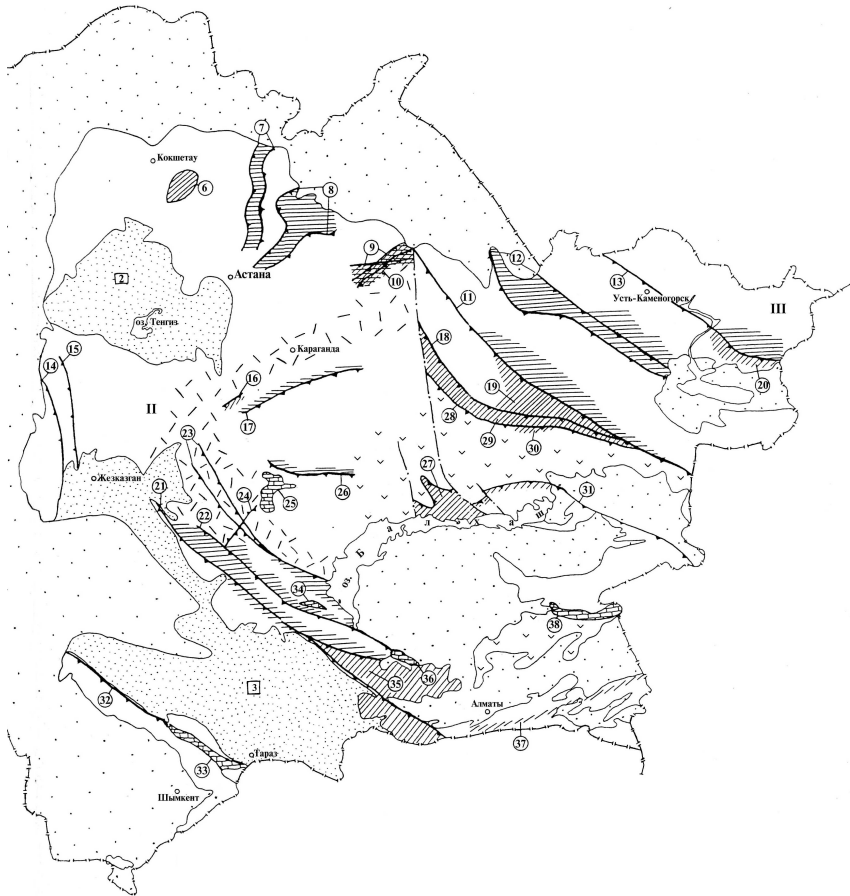


Рис. 1. Размещение асбестоносных тектонических структур на территории Казахстана: 1 – площади развития эпираннемелового плитного комплекса; 25 – эпипалеозойские щиты (I -Уральский, II - Восточно-Казахстанский, III - Алтае-Саянский); 2 – площади преимущественного развития красноцветных осадков (авлакогены: 1 - Приуральский, 2 -Тенгизский, 3 – Чу-Сарьсуйский); 3 – Девонский вулканический пояс; 4 – Балхаш-Илийский вулканический пояс; 5 - прочие площади; 6-9 – асбестоносные тектонические структуры: 6 - сутурные линии (2 - Таловско-Халиловская, 3 - Мугоджарская, 4-Джебьгаринская, 5 - Ирговская (Тобольская), 7 - Селетинские, 8 – Олетинские, 9 – Шидертинские, 11 – Тарбагатайская, 12 - Чарско-Горностаевские, 13 – Прииртышская, 14 – Западно-Ульпауская, 15 –Восточно-Ульпауская, 16 –Сарьпауская, 17 –Тектурмаская,



18 – Акштауская, 21 – Жалаир-Найманская, 22 – Сарьгумская, 23 – Атаус-Илийские, 24 – Карабинская, 26 – Жаман-Сарьсуйская, 28 – Чингизская, 31 – Кентерлауская, 32 – Каратауская), 7 – зоны развития фрагментов океанских литосферных плит; 8 – зоны развития фрагментов океанских литосферных плит в обдукционном залегании (1- Кимперсайская, 4 - Джетыгаринская, 6 – Боровская, 10- Шидертинская, 16 – Сарьгауская, 19 – Аягузская, 20 – Северо-Зайсанская, 27 – Прибалхашская, 29 – Акбастау-Космурунская, 30 – Чубартауская, 35 – Кендыктаская, 37 – Заилыйская); 9 – фрагменты протоплатформенного чехла, сложенные доломитами (25 – Бассагинский, 33 – Малокаратауский, 34 – Котнакский, 36 – Анарахайский, 38 – Южно-джунгарский); 10 - региональные разломы.

тельно небольшую мощность континентальной коры. Все призмы пронизаны интрузивами различного состава и размера, возраст которых колеблется от ордовика до карбона.

С востока к Уральскому щиту примыкает Западно-Тургайский внутриконтинентальный рифт, который существовал вблизи активной окраины Восточно-Европейской плиты в качестве бассейна с океанской корой с конца девона до московского века включительно. С запада Уральский щит перекрывается пермскими осадками Приуральского прогиба, с юга поздне меловыми Прикаспийской впадины и Приаралья.

Наиболее сложно построенной тектонической структурой Казахстана является Восточно-Казахстанский щит. Он испещрен разноориентированными сутурными линиями, которые определяют положение разновозрастных аккреционных призм, окаймляющих реликты древних континентов. Сутурные линии группируются в две системы – северо-западную, субширотную, и северо-восточную, субмеридиональную. Сутурные линии первого направления (с юго-запада на северо-восток) – Каратауская, Жалаир-Найманская, Сарытумская, Атасу-Илийская, Кентерлауская, Жаман-Сарысуйская, Чингизская, Акшата-уская, Тарбагатайская, Чарско-Горностаевская, Прииртышская. Реликты океанских литосферных плит: фрагменты океанских хребтов, плитного комплекса, окраинных морей, островных дуг, микроконтинентов – омолаживаются в северо-восточном направлении от кембрийских вблизи Жалаир-Найманской до позднедевонских в районе Чарско-Горностаевской сутуры. Это указывает на транспортировку океанской литосферной плиты с северо-востока и смещение зон субдукции на северо-восток.

Сутурные линии второго направления (с юга на север) – Караобинская, Тектурмаская, Сарытауская, Шидертинская, Олетинская, Селетинская, Восточно-Ульгауская и Западно-Ульгауская. Они образуют довольно сложный причудливый рисунок и расположены в северной части щита. Некоторые из них сохранились на дневной поверхности в виде коротких отрезков и перекрыты или уничтожены более молодыми орогенными образованиями (Караобинская, Сарытауская сутуры). На северо-востоке щита сутурные линии этого направления с юга на север разворачиваются в северных румбах и образуют веер. Шидертинская и Олетинская сутуры имеют северо-восточную ориентировку, а Се-

летинская – меридиональную. Омоложение фрагментов океанской коры, включая срединно-океанские хребты, надводные и подводные островные дуги, сохранившихся вблизи этих линий, происходит с юга на север. Это позволяет предположить, что поддвижение океанской плиты в этом месте происходило с севера на юго-восток. Аккреционные призмы и фрагменты древних континентов северо-восточной и меридиональной ориентировки, а также расположенные на юго-западе щита структурные элементы северо-западного простиранья, интродуцированы мафическо-салическими и салическими магматическими породами кембриско-девонского, реже каменноугольно-пермского возраста. Эти сооружения многие исследователи в свое время рассматривали как казахстанские каледониды.

Сутурные линии и аккреционные призмы северо-западного простиранья, окаймляющие щит с северо-востока, а также размещающиеся в его центральной части, прорваны многочисленными телами магматических пород салическо-мафического и салического состава, возраст которых колеблется от ордовика до перми. Преобладают комплексы девон-пермского возраста. Эти сооружения рассматривались в качестве казахстанских герцинид.

В Восточно-Казахстанском щите имеются две орогенные структуры – Девонский и Балхаш-Илийский (каменноугольно-пермский) дугообразные вулканические пояса. На вулканические структуры Девонского пояса и подстилающие их аккреционные призмы наложился внутриконтинентальный рифтогенез. Внутриконтинентальные рифты ориентированы в широтном и восток-северо-восточном направлении. Заложенные в фаменском веке, они прошли все стадии растяжения и сжатия, через внутриконтинентальные моря с островными дугами и горячими точками, и прекратили свое существование в конце раннего карбона. Вероятно, в этих рифтах не проявились процессы субдукции, и они закрылись при сближении двух пассивных окраин континентов. В пределах щита имеются многочисленные внутриконтинентальные неразвившиеся рифты, которые фиксируются сбросами, дайковыми поясами, грабен-синклиналями, сложенными триас-юрскими отложениями, интрузиями мафическо-ультрамафического состава.

Структура Восточно-Казахстанского щита осложнена многочисленными разрывными нарушениями, важнейшими среди которых являются меридиональные сдвиги. Большинство региональных разломов имеют древнее заложение и ограничивают распространение внутриконтинентальных развившихся и неразвившихся рифтов, областей развития субдукционных интрузивов и эффузивов.

Вдоль западной окраины Восточно-Казахстанского щита располагаются Тенизский и Чу-Сарысуйский авлакогены, которые сливаются с Тургайским прогибом и осадками Приаралья.

В структуре Восточно-Казахстанского щита особое место занимают зоны и области обдуриванной океанской литосферы. Чаще всего они располагаются вдоль сутурных линий, а иногда обособлено, в виде изометричных пластин (Боровская, Сарьтауская, Чубартауская, Кендыктауская). Обдукционные зоны океанской литосферы, расположенные вдоль сутурных линий, надвинуты на реликты континентов, океанских хребтов, вулканических дуг, внутренних и внешних бассейнов. Это самые благоприятные для сохранения месторождений асбеста структуры, к числу которых относятся Шидертинская, Аягузская, Акбастау-Космурунская, Прибалхашская. В Восточно-Казахстанском щите известны многочисленные реликты докембрийских протоплатформенных образований, среди которых встречаются поля чистых доломитов. Последние, как будет показано далее, благоприятны для возникновения месторождений хризотил-асбеста аспагашского типа.

В качестве щита выступает также Алтае-Саянская область, связанная узкой перемычкой с Восточно-Казахстанским щитом. Расположенная в Казахстане часть щита представляет собой в основном развившийся внутриконтинентальный рифт. Здесь обнаружена одна сутурная линия, вблизи которой устанавливается Северо-Зайсанская обдукционная зона.

Расположенные на крайнем юге Казахстана горные сооружения служат внешним поясом закрывающейся сейчас коллизионной зоны. Здесь известны многочисленные разновозрастные аккреционные призмы, которые пронизаны интрузиями разного возраста и состава. Можно предположить здесь также зону обдукционного залегания, в которой известны пластины ультрамафитов, надвинутые на докембрийские обра-

зования. На аккреционные призмы наложены широтные неразвившиеся, реже развившиеся внутриконтинентальные рифты, существовавшие в разные отрезки времени: девон-раннекаменноугольный, каменноугольно-пермский, триас-юрский. Ориентировка рифтов преимущественно широтная или северо-западная. На севере, в районе хр. Кендыктас, эта область сливается с Восточно-Казахстанским щитом. С севера она перекрывается южным бортом Чу-Сарысуйского авлакогена и Кендыктасской обдукционной областью. Оба контакта сорваны и представляют собой надвиги.

1.2. ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Как было упомянуто, к асбестам относится группа минералов, которая образует параллельно-волокнистые агрегаты. Они обладают определенными текстильными свойствами. Эта группа включает более 15 минералов с различными химическими и физическими особенностями, благодаря которым текстиль и другие изделия из них можно использовать в различных технических целях [130]. Среди этих минералов подавляющее большинство составляют разнообразные амфиболы. Исключением является лишь минерал группы серпентина – хризотил. Асбестовые месторождения практически залегают в любых геологических образованиях и могут сформироваться в широком температурном диапазоне. Главными физико-химическими условиями отложения асбестов являются замкнутость системы и резкое падение давления в растворе или геле, индентичном по составу вмещающим породам и потому не реагирующих с ними [19].

Рассматриваемый нами – хризотил-асбест обладает среди асбестов наилучшими текстильными свойствами, которые объясняются особенностями кристаллов минерала, имеющими трубчатое строение. Большинство природных скоплений хризотил-асбеста пространственно приурочено к альпинотипным ультрамафитам, и лишь ограниченное количество связано с магнезиальными карбонатами. В связи с этим выделяются всего две рудные формации месторождений: залегающие в породах габбро-перидотитовой формации и залегающие в доломитах осадочных формаций [9]. В Казахстане среди месторождений хризотил-

асбеста в зависимости от морфологии залежей, типов асбестоносности, расположения волокон асбеста по отношению к стенкам жил можно выделить четыре геолого-промышленных типа: баженовский, лабинский, карачаевский и аспагашский.

Геолого-промышленный тип месторождений устанавливается на основании минерального состава руд и их особенностей, определяющих промышленную ценность объекта и морфологию основных рудоносных тел. Следует обратить внимание на то, что не каждому геолого-промышленному типу в Казахстане соответствует объект класса месторождений. В основу систематики положены сведения полученные геологами в пределах СНГ [9, 80, 136].

В зависимости от расположения волокон минерала по отношению к стенкам асбестоносных жил на месторождениях можно выделить асбест поперечно-волокнистый, продольно-волокнистый и волокно массы [136]. В *поперечно-волокнистом* волокна располагаются перпендикулярно к простиранию жилы, под прямым углом к ее стенкам. В этих случаях волокна хризотил-асбеста тонкие и нежные. Иногда отмечаются отклонения от перпендикулярности (косоволокнистый асбест) или изгибы волокна на коротких участках. Асбест *продольно-волокнистый* образует массы, волокно которых параллельно стенкам вмещающих полостей, часто встречается в виде примазок и корок на глыбах серпентинитов. Он наиболее распространен в рассланцованных серпентинитах. Качество асбеста в таких жилах изменяется от очень высокого (длина > 200 мм) с высокими текстильными свойствами волокна до низкого (малой и средней прочности; жесткий, ломкий асбест). Содержание асбеста колеблется от 1,5 до 8,0 %.

В отдельных случаях встречаются тонкие прожилки (микроскопические жилы) хризотил-асбеста, иногда почти нацело слагающие массивные серпентиниты. При тонком помоле из таких серпентинитов извлекают значительное количество волокна длиной 0,2 – 0,4 мм. Такой асбест получил название *волокно массы*.

На известных месторождениях выделяются различные геологические типы асбестоносности, которые определяются формой, мощностью, протяженностью, взаимоотношениями и интенсивностью асбестоносных жил. П. М. Татаринев [136] выделяет семь геологических типов асбестоносности.

Простые отороченные жилы, сложенные чистым длинно- и поперечно-волоконистым хризотил-асбестом, имеют обычно мощность 8–25 мм, иногда 50–60 мм, очень редко 150–160 мм. При исключительном развитии в рудных телах этого типа жил содержание асбеста в породе невелико и колеблется в пределах 0,5–2,0 %, очень редко достигает 4 %. Зальбанды жил сложены массивным серпентинитом с “петельчатой” структурой, который сменяется серпентинизированным ультрамафитом.

Сложные отороченные жилы представляют серию параллельных жил, отделенных друг от друга массивным серпентинитом. Наиболее мощные, а потому содержащие наиболее длинноволокнистый асбест жилы располагаются по периферии серии. К ее центру мощность жил сокращается. Сложные жилы дают больший выход асбестового волокна из горной массы, чем жилы простые (2 - 12 %), однако процент длинного волокна ниже, чем в жилах простых.

Крупная сетка жил располагается в массивном серпентините в случаях, когда отдельные жилы находятся близко друг от друга. Тогда в межжильном пространстве, как правило, возникают мелкие хаотично расположенные жилы поперечно-волоконистого асбеста. В совокупности жилы образуют крупную сетку, в ячейках которой находятся небольшие участки (ядра) неизменных ультрамафитов. Размеры отдельных ячеек сетки по длинной оси достигают 0,5–1,0 м. Этот тип асбестоносности связан постепенными переходами с простыми отороченными жилами. Обычно в нем содержится от 3 до 10 % асбестового волокна длиной до 10–20 мм. Он является наиболее удобным для промышленной обработки.

Мелкая сетка жил располагается обычно в нацело серпентинизированных участках ультрамафитов. Размеры ячеек сетки по длинной оси 10 - 50 см. Из этого типа извлекается волокно средней длины (4–10 мм) при содержании волокна в горной массе 8–10 %, а иногда 20–25 %.

Мелкопрожил представляет собой серию параллельных мелких прожилков асбеста равной небольшой мощности (1–5 мм). Мелкопрожил связан постепенными переходами с мелкой сеткой. Из него извлекается самое короткое промышленное волокно длиной 1 - 3 мм. Содержание волокна в породе от 2 до 30 %.

Таблица 1. Геолого-промышленные типы месторождений хризотил-асбеста Казахстана

Геолого-промышленный тип	Геологическая формация (группа формаций, ассоциация)	Структурно-морфологические типы рудных тел	Главнейшие типы асбестоносных о-сти	Положение волокна по отношению стенок вмещающих полосей	Параметры объектов		Главнейшие объекты в Казахстане	
					в мире	в Казахстане		
Поперечно-волокнистого зонально размещенного хризотил-асбеста в серпентинизированных ультрамафитах – баженовский	Габбро-пегматитовая формация, дунит-гарн-бургитовая ассоциация	Пластообразные тела, линзы и ленты	Простые и сложные отороченные жилы, крупная и мелкая сетка жил, мелкопрожил	Поперечное, реже косое и изогнутое, еще реже продольное	До уникальных	До уникальных	Баженовское, Киембаевское (Россия), Тетфорд (Канада), Шавани (Зимбабве)	Джетыгара, Батмановское, Хангау
Поперечно-волокнистого хризотил-асбеста в серпентинитах – лабинский	Габбро-пегматитовая формация	Жилы, ленты	Одиночные и сложные жилы, мелкая сетка, мелкопрожил	Поперечное, реже косое и изогнутое	Мелкие	Мелкие	Лабинское, Псычское (Россия), Нью-Амивантус (США)	Джамбульское, Тарланатское
Продольно-волокнистого хризотил-асбеста в серпентинитах – карачаевский	То же	Линзы, жилы, ленты	Одиночные, простые и сложные жилы, крупная и мелкая сетка, мелкопрожил	Продольное, реже косое, преимущественно редко поперечное	До крупных	До крупных	Карачаевское (Россия), Бувайское, (Гаджикки-ган)	Ешкюльмес, Шайтангас, Ажгал, Южное Анргау, Джангабул
Хризотил-асбеста в серпентинизированных доломитах – аспагашский	Группа осадочных формаций (доломиты)	Линзы, жилы, ленты	Простые и сложные жилы	Любое	То же	Нет	Аспагашское (Россия), Аризона (США)	Нет

Просечки и единичные жилы проявлены среди массивных серпентинитов в виде тончайших прожилков мощностью 0,5–1,0 мм и редких единичных жил мощностью 3–4 мм. Промышленного значения не имеет.

Следует подчеркнуть, что все шесть рассмотренных типов асбестонности связаны между собой постепенными переходами. Как правило, они сменяют друг друга последовательно, хотя иногда тот или иной типы выпадают, а последовательность зон может нарушаться.

Асбестонность типа *одиночных жил* встречается самостоятельно среди нацело серпентинизированных ультрамафитовых массивов. Это либо одиночные, расположенные на больших расстояниях друг от друга, жилы длинноволокнистого хризотил-асбеста, либо жилобразные полосы серпентинитов, пронизанные параллельными жилами асбеста. Последние напоминают тип сложных отороченных жил. Здесь имеются как коротковолокнистые, так и длинноволокнистые прожилки асбеста. Мощность полос колеблется от 0,1 до 2,0 м. Содержание асбеста иногда достигает 50 %. Однако значительные расстояния между жилами и полосами не позволяют получить выход волокна более 1,0–2,5 %.

Совокупность рассмотренных признаков позволяет в связи с габбро-перидотитовой формацией выделить три геолого-промышленных типа месторождений хризотил-асбеста (табл. 1). При этом следует подчеркнуть, что все ультрамафиты, содержащие хризотил-асбестовую минерализацию, являются типичными альпинотипными образованиями, а потому, вероятнее всего, принадлежат к упомянутой выше габбро-перидотитовой формации. При этом, если баженовский тип залегает в серпентинизированных породах дунит-гарцбургитовой ассоциации, что устанавливается по реликтовым ядрам ультрамафитов, широко развитым на месторождениях, то типы лабинский и карачаевский приурочены к породам, полностью превращенным в серпентиниты. Объекты карачаевского типа очень часто проявляют пространственную связь с пироксенитами (вебстеритами), а потому их, как и лабинский тип затруднительно тесно увязывать с гарцбургитами – породами, состав которых наиболее сходен с хризотил-асбестом.

В. Р. Артемов [4] на основании особенностей проявления асбестонности выделяет еще один тип – *брединский*, связанный с нацело серпентинизированными ультрамафитами. Он отличается широким раз-

витием мелкой сетки жил, мелкопрожила и просечек. Обычно это мелкие объекты, не имеющие серьезного промышленного значения. Они известны большей частью на Урале и в Казахстане не выделялись. Целесообразно их рассматривать в качестве частного случая *баженовского* геолого-промышленного типа.

Положение волокон относительно стенок жил также не всегда является постоянным признаком, и все три вида асбеста встречаются практически во всех геолого-промышленных жилах, проявляясь в них в разной степени (см. табл. 1). Типы асбестоносности на месторождениях, связанных с ультрамафитами, резко разнятся. Однако тип одиночных жил, определяющий в лабинском типе, можно рассматривать как частный случай сложных отороченных жил, или наоборот. Мелкая и крупная сетки жил занимают определенное место в рудах месторождений карачаевского типа. Лишь месторождения аспагашского типа стоят особняком, но их практически нет в Казахстане.

Далее дадим более подробную характеристику каждого из геолого-промышленных типов месторождений хризотил-асбеста.

1.2.1. БАЖЕНОВСКИЙ ТИП

Баженовский геолого-промышленный тип является наиболее широко распространенным типом хризотил-асбестовых месторождений. К нему принадлежат такие месторождения-гиганты, как Баженовское, Киёмбаевское, Актювракское (Россия), Манро, Тетфорд (Канада), Шабани, Машаба (Зимбабве), Джетыгара (Казахстан), а также менее крупные объекты – Алапаевское, Лесное, Режевское, Красноуральское, Кривское, Ильчирское, Молодежное (Россия), Батмановское, Хантау (Казахстан) и мн. др. Месторождения этого типа дают подавляющее количество товарного хризотил-асбеста на мировом рынке.

Объекты баженовского типа приурочены к альпинотипным массивам тектонизированных ультрамафитов, принадлежащих к дунит-гарцбургитовой ассоциации габбро-перидотитовой формации. В районах месторождений гарцбургиты и дуниты серпентинизированы в различной степени и образуют полную гамму переходов от неизмененных пород или пород слабо серпентинизированных до пород нацело серпентинизированных. Тектонизированные ультрамафиты образуют ядра,

размеры которых колеблются от первых сантиметров до нескольких километров по длинной оси. Кроме указанных выше пород встречаются перцолиты и вебстериты, амфиболиты. Массивы имеют линейную ориентировку вдоль сутурных линий или надвиговых фронтов и представляют собой протрузии. Большинство рудных тел окаймляют ультрамафитовые ядра и имеют форму линз, лент и пластов. Каждое тело имеет внутри зональность асбестоносности в соответствии с первыми шестью ее типами, рассмотренными выше. Все залежи объединяются в рудные поля, количество которых часто зависит от такового крупных ядер ультрамафитов. Массивы ультрамафитов и рудные тела рассечены системами более поздних разрывных нарушений, полости которых часто выполнены дайками кислого состава. В контакте с последними руды испытывают антигоритизацию и оталькование. Запасы асбеста на этих месторождениях достигают десятков миллионов тонн. Качество хризотил-асбеста зависит от типа асбестоносности, развитого в рудных телах. Подавляющее большинство жил поперечно-волокнистое. Оптимальным является широкое развитие крупной и мелкой сетки жил, которые с одной стороны дают максимальный выход волокна, а с другой стороны характеризуются максимальной интенсивностью асбестоносных жил.

В Казахстане объекты баженовского типа распространены. В Уральском щите это два месторождения – Джетыгаринское и Батмановское – и многочисленные проявления, залегающие во фрагментах океанских литосферных плит, которые расположены, как вблизи сутурных линий, так и в зонах обдукции.

В пределах Восточно-Казахстанского щита объекты, которые можно отнести к баженовскому типу также многочисленны и занимают сходную геологическую позицию. Они известны во фрагментах океанских литосферных плит вблизи Тектурмасской, Шидертинской, Кентерлауской, Жалаир-Найманской, Акшатауской, Тарбагатайской, Чарско-Горностаевской и других сутурных линий, а также среди ультрамафитов Боровской, Шидертинской, Кендыктасской, Прибалхашской, Акбастау-Космурынской обдукционных зон.

Среди геологических объектов баженовского геолого-промышленного типа в Восточно-Казахстанском щите выделяется Хантауское месторождение. Остальные проявления изучены слабо.

Джетыгаринское месторождение занимает ведущее место среди асбестовых месторождений Казахстана. Особенность геологического строения, методика изучения и результаты эксплуатации этого уникального по количеству запасов месторождения будут рассмотрены в главе 2.

Батмановское месторождение хризотил-асбеста расположено на Южном Урале, в пределах Карабалыкского района Костанайской области, в 28 км к юго-юго-востоку от районного центра Карабалык (бывший Комсомолец). В 1962 г. при оценке коры выветривания Батмановского ультраосновного массива на никель и кобальт и в 1962-1964 гг. во время комплексной геологической съемки масштаба 1:50 000 в керне скважин были отмечены прожилки поперечно-волоконистого асбеста. Целенаправленные поиски хризотил-асбеста на массиве были осуществлены в 1980-1982 гг., а в 1982-1985 гг. были проведены поисково-оценочные работы с подсчетом запасов месторождения (А.Н. Лепиловым, Е.В. Зоренко и др.).

Месторождение приурочено к Батмановскому ультраосновному массиву который относится к притобольско-аккаргинскому ультрамафитовому силур-девонскому магматическому комплексу Уральского щита. В плане массив имеет сложную форму: вытянут в северо-восточном направлении на 5,5 км при ширине до 2 км и серией даек диоритовых порфириров расчленен на Западный и Восточный блоки, с которыми связаны одноименные залежи хризотил-асбеста. Для крутопадающих асбестовых залежей массива свойственна зональность баженовского типа, имеющая кольцевое расположение вокруг перидотитовых ядер как в плане, так и в разрезе.

Западная залежь протяженностью 1,8 км при ширине до 0,7–0,8 км, окаймляет сгруппированные многочисленные ядрышки серпентинизированных ультрамафитов. Промышленная асбестоносность представлена сложными, простыми и отороченными жилами и жилками сетчатого типа в хризотилowych и хризотил-лизардитовых серпентинитах. Восточная залежь во много раз больше Западной и в виде элпсоида с крутым субвертикальным падением вытянута на 5 км при ширине блока 1,6 км. Центральная часть блока представлена раздробленным крупным ядром серпентинизированных ультрамафитов, вокруг которого сер-

пентиниты смешанного состава содержат промышленную асбестоносность. Установлено, что с глубиной насыщенность пород асбестом заметно не уменьшается, так что возможность обнаружения новых залежей на более глубоких горизонтах не исключается.

Предварительно оцененные запасы до глубины 200-300 м классифицированы по категории C_2 в количестве 2638 тыс. т, а по категории P_1 – 406 тыс. т. Среднее содержание волокна в целом в пределах промышленных типов асбестоносности по сумме I-VI сортов (класс крупности +0,5 мм) равно 1,36%* при бортовом содержании волокна 1% условного VI сорта. В дальнейшем целесообразно провести на Батмановском месторождении хризотил-асбеста предварительную разведку до глубины 500 м с подсчетом запасов по категории В+С₁. Ожидаемый прирост запасов ориентировочно составляет 3-4 млн т волокна.

Хантауское месторождение хризотил-асбеста расположено в Жамбыльской области в 22 км от железнодорожной станции Хантау. Хризотил-асбест в горах Хантау выявлен в 1959 г. И. Л. Клименко и др., а последующими работами к 1966 г. установлено наличие месторождения. Оно приурочено к массиву ультрамафитов габро-перидотитовой формации. Хантауский массив прослежен на 9 км с северо-запада на юго-восток при небольшой ширине (200–220 м). Местами он прерывается и делится на части – Северо-Западную, Центральную, Юго-Восточную.

Асбестоносной является Центральная часть, где поисково-разведочными работами установлены две асбестоносные зоны: Западная и Восточная. Они отличаются друг от друга формой асбестовых залежей, типами жилкования, содержанием и длиной волокна хризотил-асбеста и др.

Западная асбестоносная зона более богатая. Она протягивается на 1800 м при мощности от 20 до 90 м. Рудное тело имеет форму крутопадающей пластины и прослежено на глубину до 280 м. Вмещающие породы в основном представлены серпентинитами антигорит-хризоти-

* В связи с тем, что все месторождения Казахстана были изучены до введения новой методики обработки проб асбеста по классам крупности, здесь и далее содержания асбеста указываются для первых шести (I-VI) сортов асбеста, что соответствует содержанию асбеста по классу +0,5 мм.

лового состава зеленого, зеленовато-серого цвета. Хризотил-асбест поперечно-волокнистый, встречаются косо- и продольно-волокнистые его разновидности. Установлены несколько типов жилкования хризотил-асбеста. Кроме просечек развиты простые и сложные жилы, которые тяготеют к западному контакту рудного тела, а также, мелкая сетка и мелкопрожил. Содержание асбеста очень неравномерное и меняется от долей до 15-17 % по сумме первых шести сортов (класс крупности +0,5мм), в среднем составляя 3,4% . Длина волокна небольшая – до 5, иногда до 10мм.

Восточная асбестоносная зона представляет собой линзу длиной 1,5 км и средней мощностью около 60 м. Хризотил-асбест в основном косо- и продольно-волокнистый, реже поперечно-волокнистый. Встречаются мелкосетчатая и мелкопрожилковая асбестизация с бедным (до 1%) содержанием первых шести сортов. В асбестовых жилах установлено высокое содержание немалита – до 14%.

По геологическому строению и генетической принадлежности Восточная асбестоносная зона является как бы переходной между баженовским и карачаевским геолого-промышленными типами. Запасы хризотил-асбеста Хантауского месторождения подсчитаны по сумме шести сортов в размере 1,0 млн т (Западная асбестоносная зона). Геологические запасы оцениваются в пределах 3–3,5 млн т.

1.2.2. ЛАБИНСКИЙ ТИП

Объекты лабинского типа широко распространены как в мире, так и в Казахстане. К ним относятся многочисленные мелкие месторождения – Лабинское, Псянческое, Устейское, Кускунутское (Россия), Нью-Амиантус, Хавелок (ЮАР) и др. Иногда подобные рудные тела встречаются на месторождениях баженовского типа, например, на Красноуральском и Алапаевском в России.

Месторождения лабинского типа залегают полностью в серпентинизированных ультрамафитах (серпентинитах), породообразующим минералом в которых является лизардит. Поскольку рассматриваемые объекты часто проявляют пространственную связь с месторождениями баженовского типа, можно предположить, что вмещающие серпен-

тиниты большей частью возникают по образованиям дунит-гарцбургитовой ассоциации габбро-перидотитовой (альпинотипной) формации.

Рудные залежи представляют собой ленты и полосы серпентинитов, рассеченные одиночными и сложными жилами, редко, мелкой сеткой и мелкопрожилком. Следовательно, на месторождениях лабинского типа устанавливается четыре типа асбестоносности [9, 96, 136]. Структурно-тектоническая позиция объектов этого типа практически не отличается от таковой баженковского типа.

В Казахстане месторождений лабинского типа не найдено. Известны многочисленные рудопоявления, залегающие в Боровском районе, Чу-Балхашской, Шидертинской, Олетинской, Каратауской, Чарско-Горностаевской и Заилийской минерагенических зонах. Наиболее изученные из них располагаются в Чу-Балхашской зоне, к их числу относятся Джамбульское и Тарланатское.

Джамбульское проявление залегает в серпентинитах Джамбульского массива, образующих линзы среди габбро. Серпентиниты – черные, зеленовато-черные, зеленые, чаще массивные, иногда рассланцованные развиты, вероятно, по гарцбургитам и верлитам. Размеры линз серпентинитов, в целом, не велики (15–25 м в длину и 5 м в ширину); единичные линзы имеют более крупные размеры (мощность одной линзы достигает 80 м). Асбестовые жилы выявлены лишь в трех линзах серпентинитов. Асбест поперечно-волокнистый. Мощность жил колеблется от 0,5 до 3 см. По типу асбестоносности выделяются одиночные и сложные отороченные жилы, распространен мелкопрожил.

Асбестоносные линзы серпентинитов концентрируются в северо-восточной части массива, расстояние между ними 15–150 м. На двух асбестоносных линзах проведены поисково-разведочные работы. Запасы хризотил-асбеста подсчитаны в количестве 4110 т. Массив оценен как бесперспективный [28].

Тарланатское проявление находится в северо-западной части Тарланатского габбро-перидотитового массива, в 20 км на юго-восток от Джамбульского. Проявление площадью около 3000 м² приурочено к краевой части массива, вблизи тектонического контакта его с песчано-конгломератовой толщей карадокского возраста. Непосредственно в зоне контакта, в рассланцованных серпентинитах, асбест

наблюдается в виде сплюснутых по плоскостям сланцеватости продольно-волокнистых масс. Местами жилы имеют прямолинейные ограничения, местами они изогнуты. Волокно ломкое, но без примеси немалита. На удалении от контакта в массивных серпентинитах асбест поперечно-волокнистый, нормальной прочности. Здесь он встречается в виде одиночных жил, нередко отмечаются мелкая сетка и мелкопрожил. Содержание хризотил-асбеста неравномерное и колеблется от 0,36 до 5–8 %. Асбестоносные серпентиниты прослежены до глубины 25 м, причем асбестоносность с глубиной не исчезает. Тарланатское проявление хризотил-асбеста является наиболее крупным представителем лабинского геолого-промышленного типа в Казахстане. Перспективы его вызывают сомнения, хотя некоторые исследователи оценивали их положительно.

1.2.3. КАРАЧАЕВСКИЙ ТИП

Объекты карачаевского типа широко распространены в мире. К их числу относятся Ист-Броутон (США), Слип (Зимбабве), Бунайское (Таджикистан), Карачаевское и Мойвинское (Россия), Ешкиольмес (Казахстан). Как правило, они залегают в смятых и интенсивно рассланцованных апоперидотитовых серпентинитах, испытавших полную лизардитизацию, хризотилизацию и антигоритизацию. Рудные залежи имеют линзо- и лентообразную форму, изредка формируют жилы. Большая часть асбеста продольно-волокнистая, хотя наблюдаются жилы с косым и поперечным волокном. Асбестовые жилы либо одиночные жилы, либо образуют сетку в значительной степени деформированную с уплотненными ячейками. Характерными особенностями месторождений этого типа являются интенсивная деформация как жил, так и вмещающих пород; наличие многочисленных пострудных разрывных нарушений, зеркал скольжения. В жилах часто присутствует немалит, делающий асбестовое волокно хрупким. В Казахстане объекты карачаевского типа известны в пределах Ультауского минерагенического пояса (месторождения Ешкиольмес, Шайтангас, Аюжал, Южное Аиртау, Джангабул).

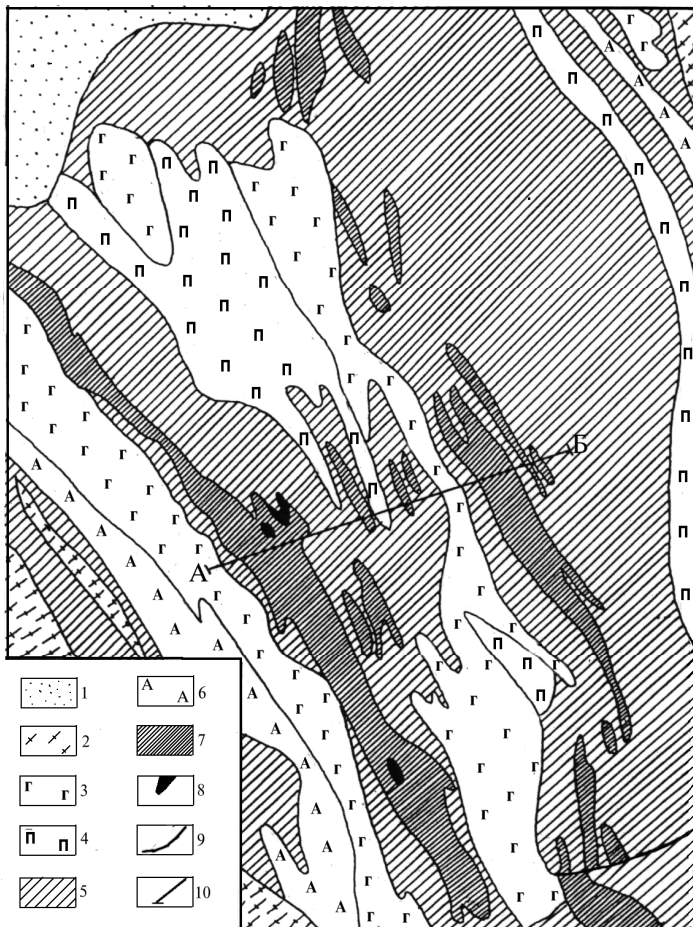
Месторождение Ешкиольмес расположено в 130 км к северо-западу от г. Жезказган. Как проявление известно с 1912 г.

Месторождение было впервые изучено К. И. Сатпаевым и И. С. Яговкиным, разведано Ю. И. Кручяковым, В. Н. Годовиковым и А. В. Струтынским в 1951 - 1961 гг. Качество волокна оценивалось рядом институтов, в том числе КазИМСом. Минералогия месторождения детально изучена О. Б. Бейсеевым [2, 19, 21, 23].

Месторождение находится в юго-западной части Восточно-Казахстанского щита, в Ультау-Арганатинской системе аккреционных призм. Среди последних устанавливаются две меридиональные сутурные линии – Восточно-Ультауская протяженностью – 200 км и Западно-Ультауская, протяженностью – 300 км (см. рис. 1), которые трассируются раннепалеозойскими ультрамафитами. Месторождение располагается в ультрамафитах Восточно-Ультауской сутуры. По данным А. В. Струтынского [132], Ешкиольмесский массив, к которому приурочено месторождение, представляет собой крупное линзообразное тело длиной 12 км, шириной 2 км, падающее в северо-восточном направлении под углом 70°. Вмещающими породами для ультрамафитовой протрузии являются гнейсы и сланцы нижнего протерозоя (рис. 2). Краевые части массива сложены интенсивно метаморфизованными габбро, местами окаймленными амфиболитами. В средней части массива расположены две крупные линзы хризотил-антигоритовых и хризотиловых серпентинитов, развитых, в основном, по пироксеновым перидотитам. Эти линзы включают в себе небольшие тела пироксенитов и тремолит-актинолитовых, антигорит-тремолитовых пород по пироксенитам. Серпентинитовые линзы в осевой части массива отделены друг от друга серпентинизированными пироксенитами и габбро. На севере осевой части массива выделяется относительно крупное ядро слабо серпентинизированных, оталькованных пироксенитов, среди коротких преобладают бронзититы и реже встречаются вебстериты.

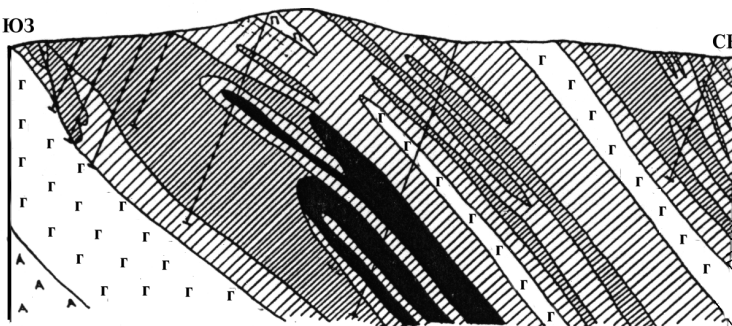
Среди жильных образований установлены габбро-диабазы и лампрофиры. В секущем залегании находятся тела гранат-пироксеновых и хлорит-гранатовых пород.

Ешкиольмесский массив в рельефе возвышается относительно вмещающих гнейсов. Он ограничен с запада и востока субмеридиональными разломами. Породы в пределах зон этих разломов сильно смяты, раздроблены, характеризуются многочисленными микросмещениями и



Ю3

СВ



зеркалами скольжения. Наиболее интенсивно смяты асбестоносные серпентиниты. В сторону внутренней части ультрамафитового массива интенсивность смятия пород уменьшается.

На месторождении установлено два этапа асбестообразования. На первом этапе возникли массивные серпентиниты с поперечно-волокнистым асбестом, образованным, по мнению А. В. Струтынского [132], автометаморфическим путем. Эти руды во втором, аплометаморфическом, этапе в результате последующих тектонических деформаций массива превратились в смятые серпентиниты. При смятии пород асбест в жилах приобрел сначала косо-волокнистую, а затем продольно-волокнистую текстуру. Гидротермы второго этапа усложнили минеральный состав асбестовых жил, в них отложилось большое количество немалита, магнетита и других минералов.

Месторождение представлено двумя асбестоносными залежами – Западной и Восточной, приуроченными к соответствующим разломам. Асбестовые жилы в залежах развиты по трещинам среди серпентинитов. Западная залежь имеет падение на северо-восток под углом 50°. Длина залежи составляет 4300 м, средняя мощность на Северном участке – 50 м, на Центральном – 160 м, на Южном – 165 м. Залежь прослежена до глубин 250–300 м и одной скважиной – до 600 м. Залежь содержит множество различных по размеру линз серпентинитов и пироксенитов, распределение которых контролируется первичным грубослоистым строением вмещающих ультрамафитов.

Восточная залежь имеет также северо-восточное падение под углами 60–70° и общую протяженность 5200 м. Она состоит из трех крупных рудных тел – Северного, Центрального и Южного, которые отделены друг от друга небольшими участками безрудных серпентинитов. Северное рудное тело имеет длину 1300 м и мощность 120 м. Оно сложено массивными асбестоносными серпентинитами и содержит незначи-

Рис. 2. Геологическая карта месторождения хризотил-асбеста Ешкюльмес (по А. В. Струтынскому): 1 – песчаники среднего-верхнего девона; 2 – гнейсы и сланцы нижнего протерозоя; 3 – габбро; 4 – пироксениты; 5 – серпентиниты; 6 – амфиболиты; 7,8 – асбестовые руды: 7 – слабо и сильно смятые руды с продольно-волокнистым асбестом, 8 – массивные руды с поперечно-волокнистым асбестом; 9 – разрывные нарушения; 10 – буровые скважины

тельное количество мелких линз неасбестоносных серпентинитов и пироксенитов. Длина Центрального тела 1550 м, мощность 100 м; длина Южного тела 1200 м, мощность на севере 75 м, на юге до 250 м. Центральное и Южное тела состоят из многочисленных мелких линейно вытянутых рудных линз, чередующихся с узкими полосами серпентинитов. Восточная залежь прослежена до глубин 200–300 м. Как и Западная, она целиком залегает в серпентинитах. На севере залежь перекрыта среднедевонскими песчаниками, на юге выклинивается в связи с развитием на этом участке габброидов. Мощность обеих залежей не изменяется до глубин 500–600 м, а содержание асбеста с глубины 400 м начинает снижаться на 25 – 30 %.

На месторождении выделяются два основных типа руд: массивные серпентиниты с поперечно-волокнистым асбестом и в различной степени смятые серпентиниты с продольно-волокнистым асбестом. Массивные серпентиниты сложены серпофитом I генерации (скрытокристаллическим хризотилом) с кубической, параллелепипеидальной и реже ромбической отдельностью, приобретающие по мере приближения к зонам смятия клиновидную форму. Жилы с поперечно-волокнистым асбестом в этих рудах в основном мономинеральные: количество сопутствующих минералов не превышает 5 %. Основными из них являются скрытокристаллический хризотил (серпофит II генерации), магнетит, асбофит, редко встречаются хромит, тальк; незначительны примеси карбонатов магния и кальция. В массивных рудах наблюдаются почти все типы асбестоносности: одиночные и сложные жилы, крупно- и мелкосетчатые жилы, мелкопрожил и просечки. Мелкопрожил и просечки имеют наибольшее распространение. Однако характерной для баженовского типа зональности типов асбестоносности не наблюдается.

Второй тип руд слагает подавляющую часть залежей (около 95%). В нем по степени смятия выделяются слабо и сильно смятые серпентиниты с продольно-волокнистым асбестом. Слабо смятые руды слагают серпентиниты хризотил-антигоритового и антигоритового составов с мелкопараллелепипеидальной или плитчатой отдельностью и повышенной трещиноватостью. Жилы асбеста в них косо- и продольно-волокнистые. Они образуют косоугольную сетку, реже бывают субпараллельными. Асбестовые жилы, в основном, полиминеральные,

количество сопутствующих минералов в них достигает 20%. Наиболее распространенные минералы в жилах – магнетит, хризотил скрытокристаллический (серпфит III генерации), кальцит, немалит, антигорит, актинолит. В сильно смятых асбестовых рудах серпентинит характеризуется тонкоплитчатой или чешуйчатой отдельностью, возникшей за счет частых трещин, параллельных между собой; жилы продольно-волокнутого асбеста в них в большинстве случаев параллельны друг другу. Волокно имеет низкую прочность. В смятых рудах волокно обычно находится в тесном срастании с немалитом, магнетитом и кальцитом, количество которых достигает 20% объема жил. Слабо смятые руды составляют 65–70%, сильносмятые – 25–30%, массивные – 4–5% от общих запасов месторождения.

В 1983 г. М. Е. Жусупов [65] предложил следующую классификацию руд продольно-волокнутого хризотил-асбеста в соответствии с их структурно-морфологическими и минералого-технологическими особенностями: одиночные жилы, штокверковые, брекчиевидные и разлистованные типы руд.

Штокверковые руды образованы жилами асбеста, выполняющими систему трещин северо-восточного простирания ($70-80^\circ$) с падением к юго-западу под углом 70° , северо-западного ($320-330^\circ$) с падением к юго-востоку под углом 55° , северо-западного ($300-310^\circ$) с падением к северо-востоку под углом 80° и меридионального простирания с падением к востоку под углом 60° . Руды развиты с небольшими перепадами на всем протяжении асбестовых залежей, достигая в ширину 100–150 м.

Брекчиевидные руды слагают зоны дробления, в которых хризотил-асбест развивается среди обломков серпентинитов размером от 5-10 до 100 мм. Мощность зон колеблется в довольно широких пределах – от первых десятков сантиметров до 50–60 м, реже до 70–100 м.

Разлистованные руды приурочены к зонам расщепления, где прожилки асбеста выполняют микротрещины между миндалевидными, тонкоплитчатыми и чешуйчатыми отдельностями серпентинитов, в связи с чем хризотил-асбестовая минерализация приобретает характер жил разлистования. Руды отмечаются по всей длине асбестоносных залежей при средней мощности зон 7-10 м.

Одиночные жилы расположены в основном среди массивных серпентинитов. Для них характерна большая протяженность (на десятки метров) и мощность (до 20 см).

Среднее содержание геологических сортов асбеста в целом по Ешкильмесскому месторождению для всех разновидностей руд по сумме первых шести сортов составляет 1,53%. Удельный выход I – III сортов 11,1%. Среднехимический состав асбестоносных серпентинитов, %: SiO₂ 40; MgO 35; H₂O 11,4; Fe₂O₃ 5,3; FeO 3; CaO 0,8; CO₂ 1,5; прочие 3.

Асбест продольно-волокнистого строения относится к хризотилловому типу с пониженным содержанием SiO₂ и повышенным CaO, MgO. Вредной примесью является немалит, который находится в тесном контакте с асбестом. Содержание его увеличивается от низких сортов (0–22,5%) к высоким (I – крюд – 19–70%), составляя в среднем по месторождению 16–17%. Прочность поперечно- и косо-волокнистого асбеста аналогична прочности волокна на месторождениях баженковского типа. Обогащаемость 58,8–69,5%, что ниже, чем на месторождениях баженковского типа примерно на 20%. Степень распушенности волокна также много ниже.

Месторождение разведано, подсчитаны запасы по категориям В и С₁: до глубины 300 м – 4,7 млн т; глубже, до 500–600 м – 5,6 млн т, всего 10,3 млн т. Горнотехнические условия разработки месторождения несложные: обводненность залежей слабая, зона выветривания незначительная, залежи выходят на поверхность на полную мощность, коэффициент вскрыши не превышает 1,77. Несмотря на это, в 1964 г. в связи с отрицательными результатами технологических исследований эти запасы переведены в забалансовые. Освоение месторождения определено как экономически нецелесообразное вследствие относительно низкого содержания асбеста, наличия в нем немалита и пониженной прочности волокна. По разработкам ВНИИР и НИИСМИ, немалитсодержащий асбест месторождения может найти применение при изготовлении термостойких и огнестойких бумаг и резин, в качестве наполнителя бетонных изделий при атомном энергостроении.

Акжалское месторождение является типичным представителем карачаевского типа. Оно приурочено к одноименному

массиву, состоящему из небольших линз серпентинитов, разбросанных на площади 20 км². Линзы образуют полосу длиной 16 км, шириной 1200 м, северо-восточного направления. Установлено более 30 тел сильно перемятых и рассланцованных антигоритовых серпентинитов, которые не содержат реликты первичных ультрамафитов.

Поисково-разведочными работами, проведенными в 1959-1963 гг. в районе месторождения, определены некоторые особенности хризотил-асбеста исключительно продольно-волокнистого. Содержание немалита достигает 40–60%. Выявлено несколько асбестовых рудных тел. Содержание хризотил-асбеста не превышает по сумме шести сортов 1,5-1,6%. Асбест ломкий.

В настоящий момент месторождения карачаевского типа в Казахстане промышленного значения не имеют.

1.2.4. АСПАГАШСКИЙ ТИП

Месторождения этого типа известны в России (Аспагашское), Киргизии (Укокское, Баркраксай), ЮАР (Каролина), США (Глоб, Гумбстон, Аризона) и других странах. Они имеют ограниченное распространение и обычно небольшие размеры, крупные объекты встречаются крайне редко. Проявления аспагашского типа приурочены к участкам развития магнезиальных карбонатных пород, прорванным разными по размерам интрузиями мафическо-салического состава [9]. В асбестоносных доломитах всегда имеются пачки и прослои глинистых доломитовых мергелей. На месторождениях известны интрузивы различной формы и параметров. Массивы обычно сложены гранитоидами (месторождения Укокское, Баркраксай), реже габброидами. Дайки образованы микрогранитами и спессартитами.

Серпентинизация, имеющая здесь широкое развитие, охватывает обычно полностью мергели и участки доломитов, расположенные вдоль контакта с мергелями. Редко доломитовые пласты серпентинизированы тоже полностью. Серпентинизация сопровождается развитием офиокальцита и мраморизацией доломитов. Иногда наблюдается скарирование. Вторично измененные породы имеют зональное строение. Зональность ориентирована перпендикулярно напласто-

ванию пород. Вдоль и вблизи поверхностей напластования пород развиваются серпентиниты, на некотором удалении от этой поверхности располагается офиокальцит, мраморизация наблюдается лишь в доломитах. Кроме плоскостей напластования серпентинизация развивается вдоль разрывных нарушений. Жилы серпентинита, секущие доломиты и доломитовые мергели, всегда окружены каймой мраморов, состав которых чисто кальцитовый. На ряде объектов, где известны интрузивы гранитоидного состава, устанавливается скарнирование, предшествовавшее процессу серпентинизации. Серпентинизация наложена на скарны, однако интрузивы находятся в секущем положении по отношению к ней.

Асбестовая минерализация пространственно связана с серпентинитами и представлена сложными и простыми типами жил, протягивающимися согласно с простиранием серпентинитовых полос. Большинство жил сложено поперечно-волокнистым асбестом. Содержания асбеста в рудах невысокие и составляют 0,5–1,0 %. Преобладает коротковолокнистый асбест, однако встречаются жилки с волокном 2–3 см. Руды маложелезистые, что в определенной мере повышает их ценность.

В Казахстане известны лишь одиночные проявления аспагашского типа, которые расположены в Западном и Юго-Западном Прибалхашье, Каратау и Южной Джунгарии.

Глава 2. ДЖЕТЫГАРИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

Джетыгаринское месторождение хризотил-асбеста – крупнейшее в Казахстане и одно из крупнейших в мире – находится на Южном Урале, в Житикаринском районе Костанайской области и расположено в 5 км на юго-восток от районного центра – г. Житикары. По экономическому развитию Житикаринский район является аграрно-промышленным. Горнодобывающая промышленность в районе развивается, главным образом, за счет асбестового месторождения, на базе которого действует горнообогатительный комбинат – ОАО “Кустанайасбест”.

Как было упомянуто, впервые проявления асбеста в Джетыгаринском ультрамафитовом массиве обнаружил в 1915 г. В. А. Вознесенский [45]. В 1927 г. А. П. Гейслер [49] установил несколько участков с повышенным содержанием асбеста. Один из этих участков соответствует площади выявленной позже залежи Гейслеровской. В 1932–1934 гг. группа геологов под руководством К. Е. Тарасова продолжила геологические исследования в пределах ультраосновного массива. Результаты этих исследований дали возможность П. М. Татарину [133] сделать вывод о том, что асбестопроявление заслуживает дальнейшего изучения. Впервые поисково-разведочные работы на проявлении проводились в 1939-1942 гг. под руководством Н. Д. Меркурьева. В результате этих работ асбестопроявление было переведено в разряд месторождения. В его пределах было выявлено несколько асбестовых залежей, составлена геологическая карта месторождения, сделан первый подсчет запасов.

Систематические геологоразведочные работы на месторождении начались в 1950 г. В 1950-1967 гг. всесторонними исследованиями, включавшими разведку месторождения, занимались В. Р. Артемов, Н. С. Черемных, В. Н. Кузнецова [4–7, 10, 14], И. И. Волчек, А. А. Скрипий, А. И. Наумов [104] и мн. др. К концу 1953 г. под руководством

Н. С. Черемных была завершена разведка Основной залежи до глубины 300 м. В 1952 г. В. Р. Артемовым была составлена геолого-структурная карта масштаба 1:25 000, а в 1955 г. им же совместно с И. И. Волчком – детальная геологическая карта ультрамафитового массива масштаба 1:5000. Были установлены некоторые закономерности размещения асбестовых залежей месторождения. При геологической съемке масштаба 1:10 000, проведенной А. А. Скрипиным в 1958–1962 гг., детализировано геологическое строение отдельных участков месторождения, составлены геологические карты как поверхности, так и палеозойского фундамента с использованием геофизических данных (магнитометрия, электроразведка, гравиметрия).

В 1967 г. вышла в свет монография “Месторождения хризотил-асбеста СССР”. В ней в разделе о Джетыгаринском месторождении В. Р. Артемовым, Н. С. Черемных, А. И. Наумовым, Л. Я. Шишковой – непосредственными участниками разведки месторождения – был обобщен фактический материал по геологическому строению всего ультрамафитового массива, а также месторождения хризотил-асбеста [14]. В монографии большое внимание уделено геолого-структурным особенностям локализации асбестовых залежей, описанию типов асбестоносности и закономерностям их распространения в пределах асбестовых залежей, а также оценке перспектив асбестоносности ультрамафитового массива в целом. Однако уровень разведанности и изученности месторождения того времени не позволили в полной мере осветить вещественный состав первичных пород и серпентинитов, особенности коры выветривания и качество выветрелого асбеста.

В 1965 г. началась разработка месторождения. В процессе добычных работ выявились трудности в переработке выветрелых руд, а также в использовании выветрелого асбеста в асбоцементных изделиях. В целях изучения качества волокна выветрелого асбеста, пригодности его в асбоцементных изделиях многочисленные исследования [25, 26] проводили ВНИИ “Проектасбест” и “Асбестцемент”.

Большое значение для изучения месторождения имели тематические исследования, проведенные в 1971-1974 гг. под руководством И. И. Волчка. В результате этих работ впервые была установлена закономерная связь типов асбестоносности с петрографическими разновидностями пород.

В целом 1965–1977 гг. характеризуются активным изучением верхних горизонтов Основной залежи в связи с начатой эксплуатацией. Результаты этих исследований были обобщены в трудах А. С. Огнева [106], В. Д. Перлина [107–110], Д. Н. Вахидова и А. И. Заворохиной [39], Л. Я. Смирновой [125, 126], В. Р. Артемова, В. Н. Кузнецовой и Н. С. Черемных [11, 12, 15], К. Г. Башты [17] и др. Эти работы позволили: расчленить первичные породы по содержанию пироксена; выделить серпентиновые минералы и установить закономерности распространения их в лах верхних горизонтов залежи; оценить промышленную значимость асбестоносности типа мелкопрожила, детально изучить зону выветривания и влияние процессов выветривания на волокно хризотил-асбеста. В эти годы был разработан технологический режим обогащения выветрелых руд.

В 1975 г. для проведения геологоразведочных работ на асбестовых месторождениях Южного Урала была создана Асбестовая геологоразведочная партия, преобразованная в ТОО «Асбестовое геологоразведочное предприятие», которое действует и поныне. За 25 лет работы на Джетыгаринском месторождении хризотил-асбеста выполнены поисково-разведочные и поисково-оценочные работы на территории массива ультрамафитов, по результатам которых выявлены четыре новые асбестовые залежи. По результатам доразведки определены перспективы глубоких горизонтов Основной залежи, оценены вмещающие породы асбестовых руд как строительный камень. Эксплуатационная разведка Основной залежи, выполняемая ТОО «Асбестовое ГРП», позволила произвести неоднократный пересчет запасов в связи с изменениями экономических требований и выявить ряд закономерностей распределения асбестовых жил в месторождении. Многолетний опыт эксплуатационной разведки позволил оптимизировать разведочные сети в различных частях залежей [51]. Геологические работы выполнялись Р.Г. Глуховым, Н.Н. Джафаровым [50, 52, 55, 57, 59], Г.В. Храмовой.

В эти же годы продолжалось изучение вещественного состава рудовмещающих серпентинитов месторождения [33–38, 145–147]. А. С. Варлаков [38] выделил в составе серпентинитов месторождения α , β , γ , δ – лизардиты, хризотил и антигорит, уточнил их физико-химические условия возникновения.

2.1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Джетыгаринское месторождение поперечно-волокнистого хризотил-асбеста наиболее характерный представитель баженовского геолого-промышленного типа.

2.1.1. ГЕОЛОГИЯ РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Месторождение расположено на восточном склоне Южного Урала, который в структурном отношении представляет часть Уральского щита, являющегося восточной окраиной Восточно-Европейской плиты. На щит с востока наложен Тургайский внутриконтинентальный рифт. В районе месторождения (рис. 3.) широко развиты метаморфические образования, разновозрастные интрузии гранитоидов и протрузии ультрамафитов [92, 93, 119]

Самые древние геологические образования района – метаморфиты, возникшие по эффузивно-осадочным толщам верхнего протерозоя. Они расчленены на три свиты (снизу вверх): мариновскую, городищенскую и алексеевскую. Мариновская свита сложена преимущественно гнейсами и кристаллическими сланцами с подчиненными горизонтами амфиболитов и кварцитов. Мощность свиты достигает 1000 м. Она обнажается преимущественно в западной части Джетыгаринского района. Городищенская свита образована эффузивными породами, превращенными в зеленые сланцы. Максимальная мощность 800 м. Свита залегает в сводах антиклинальных складок и протягивается в виде узких линейных полос в северной части территории. Алексеевская свита широко распространена в центральной и восточной частях района. Представлена кремнистыми, кремнисто-графитистыми, серицито-графитистыми сланцами, кварцитами мощностью до 1500 м. Она согласно залегает на городищенской свите и несогласно перекрывается нерасчлененными отложениями верхнего протерозоя – нижнего палеозоя.

Отложения нерасчлененного верхнего протерозоя – нижнего палеозоя широко распространены и обнажаются в ядрах синклинальных структур в южной и юго-западной частях района. Они представляют собой переслаивание кварцитов с кварц-полевошпатовыми песчаниками,

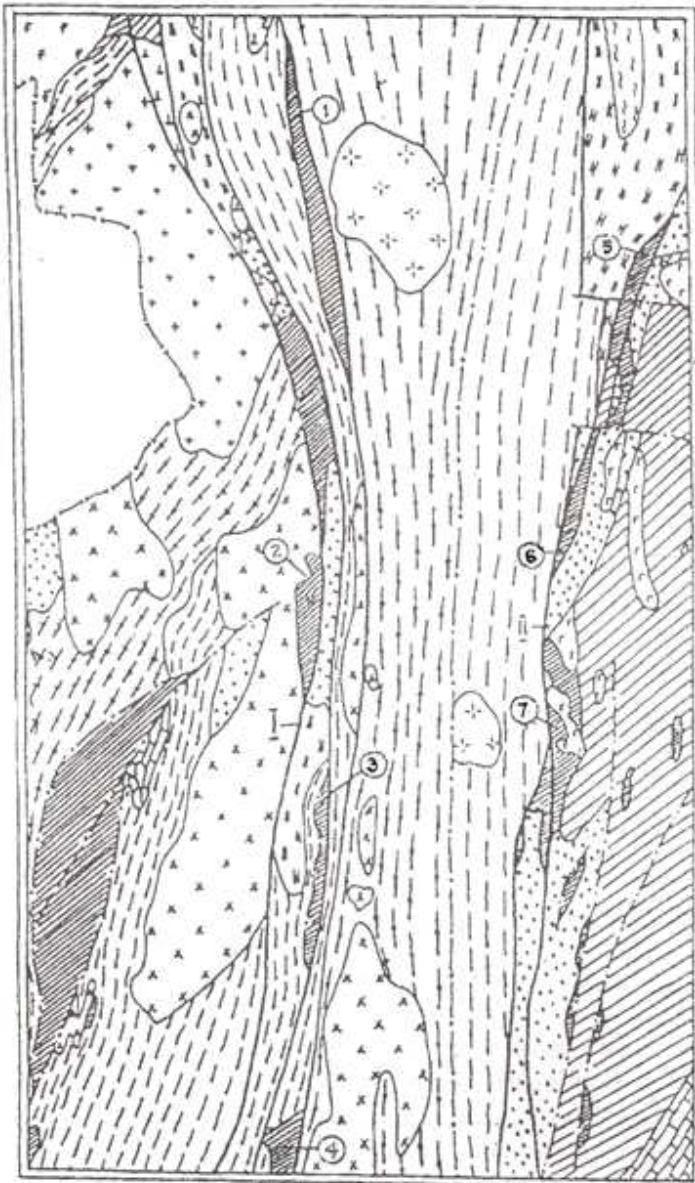
углисто-глинистыми и кварц-серицит-глинистыми сланцами. Мощность нерасчлененного верхнего протерозоя – нижнего палеозоя около 1000 м.

Силурийские толщи развиты преимущественно в восточной части района. Нижний силур – терригенный, он сложен зеленовато-серыми и бурыми тонкоплитчатыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Верхний силур – вулканогенный, представлен преимущественно спилитами. Мощность силура достигает 1500-2000 м. Взаимоотношения с подстилающими отложениями не ясны, устанавливаются лишь тектонические контакты.

Средний девон (эйфельский ярус) с размывом залегает на силуре и наблюдается повсеместно. В основании его разреза присутствуют конгломераты, состоящие преимущественно из обломков подстилающих пород, выше залегают фиолетово-красные и зеленовато-серые аргиллиты, мергели и известняки. Мощность среднего девона не превышает 800 м. Верхний девон (фаменский ярус) представлен мраморизованными и интенсивно окремненными известняками, мощность которых не более 500 м. Они встречаются в узких субмеридионально вытянутых мутьдообразных структурах и тектонических блоках, на западе и юго-востоке территории.

Нижнекаменноугольные отложения, имеющие незначительную мощность, слагают в районе мелкие наложенные, вытянутые в северном направлении мутьдообразные структуры и грабен-синклинали. В основании разреза залегает песчано-глинистая толща с прослоями известняков, которая вверх по разрезу сменяется толщей карбонатно-вулканогенной, преимущественно андезитового состава.

Нерасчлененные верхнепалеозойские отложения обнажаются в северо-восточной части района, где с размывом и угловым несогласием залегают на нижнекаменноугольных образованиях. Их общая мощность достигает 450–900 м. Они представлены красноцветными конгломератами, песчаниками и аргиллитами. Широко распространена позднепалеозойская кора выветривания, мощность которой на ультрамафитах достигает 30-50 м. Континентальные осадки неогенового и четвертичного возраста распространены на обширных площадях. Неоген сложен пестроокрашенными загипсованными глинами мощностью до 15-20 м, а антропоген – речным аллювием и илами озер мощностью до 10-15 м.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20

Интрузивные породы района характеризуются разнообразным петрографическим составом и большим временным диапазоном внедрения [119]. Самыми древними являются гнейсовидные гранитоиды мариновского интрузивного комплекса (см. рис. 3), имеющие, вероятно, анатектическое происхождение. Крупный массив, сложенный кварцевыми диоритами, гранодиоритами и плагиогранитами, расположен на северо-востоке района.

В районе выделяется притобольско-аккаргинский протрузивный комплекс силурийско-раннедевонского возраста. Его ультрамафитовые протрузии образуют 2 субмеридиональных пояса – Аккаргинско-Джетыгаринский, Притобольский. Первый пояс трассирует Джетыгаринский региональный разлом, совпадающий с одноименной сутурной линией. Он имеет ширину 5 – 10 км, длину более 200 км. В состав пояса входят Георгиевский, Джетыгаринский, Милютинский, Аккаргинский и другие более мелкие массивы ультрамафитов (см. рис. 3). Притобольский ультрамафитовый пояс приурочен к Тобольскому региональному разлому и, по-видимому, соответствует Иргизской сутуре. Он включает Гришин-

Рис. 3. Геологическая карта района Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста (составлена по материалам В. А. Сахарова, А. М. Захарова, Ю. Г. Фалькова): 1– верхнепалеозойские аргиллиты и конгломераты; 2– нижнекаменноугольные известняки, аргиллиты, песчаники, андезиты; 3– фаменские мраморизованные кремневые известняки; 4– эйфельские конгломераты, алевролиты, мергели, известняки; 5– силурийские песчаники, алевролиты, аргиллиты, спилиты; 6– верхнепротерозойские-нижнепалеозойские кварциты, песчаники, углисто-глинистые сланцы; 7–9– верхний протерозой: 7– кремнистые, кремнисто-графитистые, серицит-графитистые сланцы, кварциты (алексеевская свита), 8– зеленые сланцы (городищенская свита), 9– гнейсы, кристаллические сланцы (мариновская свита); 10– позднепалеозойские биотитовые, двуслюдяные, аляскитовые граниты (джабык-карагайский комплекс); 11, 12– ранне-среднекаменноугольные: 11– диориты, гранодиориты (милютинский комплекс), 12– габбро-диориты (соколовско-сарбайский комплекс); 13– раннекаменноугольные ультрамафиты (алиховский комплекс); 14, 15– позднесилурийские–раннедевонские: 14 – габбро-плагиограниты (джанганинский комплекс), 15 – ультрамафиты (притобольско-аккаргинский комплекс, массивы: 1 – Георгиевский, 2 – Джетыгаринский, 3 – Милютинский, 4 – Аккаргинский, 5 – Гришинский, 6– Максимовский, 7 – Мечетинский); 16 – позднепротерозойские гранодиориты (мариновский комплекс); 17 – разрывные нарушения: а – региональные (I – Джетыгаринская, II – Притобольская), б– локальные

ский, Максимовский, Мечетинский и другие массивы ультрамафитов. Близки по возрасту к ультрамафитам габбро-плагиогранитовые интрузивы джанганинского комплекса.

Район насыщен каменноугольными интрузиями и протрузиями. Последние представлены раннекаменноугольными ультрамафитами аниховского комплекса, интрузивы – ранне-среднекаменноугольными диоритами-гранитами милютинского и габбро-диоритами соколовско-сарбайского комплексов. Гранитоиды милютинского комплекса образуют крупные массивы (Джетыгаринско-Милютинский, Барамбаевский и Блаковский), в составе которых наиболее поздними в районе являются биотитовые, двухслюдяные и аляскитовые граниты джабык-карагайского позднепалеозойского комплекса. Широко распространены дайки кислого состава. В их приконтактных частях ультрамафиты и серпентиниты перекристаллизованы, оталькованы, подверглись антигоритизации; асбестовые руды частично переотложены и уничтожены.

Тобольский региональный разлом разделяет район на два блока: западный, соответствующий Троицко-Кангусайскому антиклинорию, и восточный, отвечающий Александровско-Денисовскому синклинорию. В первом выделяются Кундыбайский и Троицкий горсты, сложенные в основном позднепротерозойскими метаморфитами. Они разделены узким, меридионально вытянутым Бурыктало-Джетыгаринским грабеном, выполненным палеозойскими толщами. Грабен ограничен региональными разломами Джетыгаринской системы. Александровско-Денисовский синклинорий сложен силуром и девоном [66].

Как отмечалось, Джетыгаринский и Тобольский разломы являются, вероятно, частями сутурных линий, которые сопровождаются фрагментами офиолитов, выведенных на субаэральную поверхность в результате субдукционно-обдукционных процессов. Фрагменты крупных ультрамафитовых масс, включая асбестоносные, можно рассматривать здесь как обдукционные.

2.1.2. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ДЖЕТЫГАРИНСКОГО МАССИВА УЛЬТРАМАФИТОВ

Джетыгаринское месторождение хризотил-асбеста располагается в одноименном массиве ультрамафитов притобольско-аккаргинского комплекса. Массив (протрузия) ультрамафитов залегает среди протерозойских толщ – серицитовых, серицит-хлоритовых, кремнистых, кремнисто-углистых сланцев, известняков. Протрузия вытянута в близмеридиональном направлении на 18 км и разделяется на три части апофизами гранитоидов Милютинско-Джетыгаринского массива милютинского комплекса (рис. 4). В разрезе протрузия имеет форму расширяющейся на глубину линзы, падающей на восток под углом 40 – 70° (висячий бок залегает положе лежачего). Ограниченная разломами протрузия напоминает гигантскую будину, разделенную на три части. Северная часть массива вытянута в меридиональном направлении на 8 км узкой полосой шириной до 1,5 км. Дайками кислого состава ультрамафиты разбиты на многочисленные блоки, в которых они нацело серпентинизированы и подверглись приконтактовым оталькованию и карбонатизации. Дайки сложены лейкократовыми гранитами, плагиогранит-порфирами, спессартитами, плагиоклаз-рогово-обманковыми порфиритами. Ширина зон приконтактового оталькования непостоянная и зависит от положения контактовой поверхности: при пологом контакте увеличивается до 40–50 м, при крутом уменьшается до полного исчезновения [14]. Несмотря на интенсивную серпентинизацию, ультрамафиты северной части промышленных руд не несут, они лишь минерализованы. Это обстоятельство может быть объяснено, с одной стороны, уничтожением асбестовых руд многочисленными дайками, с другой – слабой трещиноватостью однородных по составу серпентинитов.

Центральная часть массива представлена вытянутой в северо-западном направлении линзой размерами по длинной оси 3,3 км, по короткой – 1,2 км. В центре линзы располагается слабо серпентинизированное ядро ультрамафитов. Ширина серпентинитовой каймы вокруг ядра неравномерная: на западе составляет 50–100 м, а в остальных частях 300–400 м. В приконтактовых частях ультрамафитового ядра в серпентинитах рассеяны мелкие ядра гарцбургитов. Разрывные нарушения

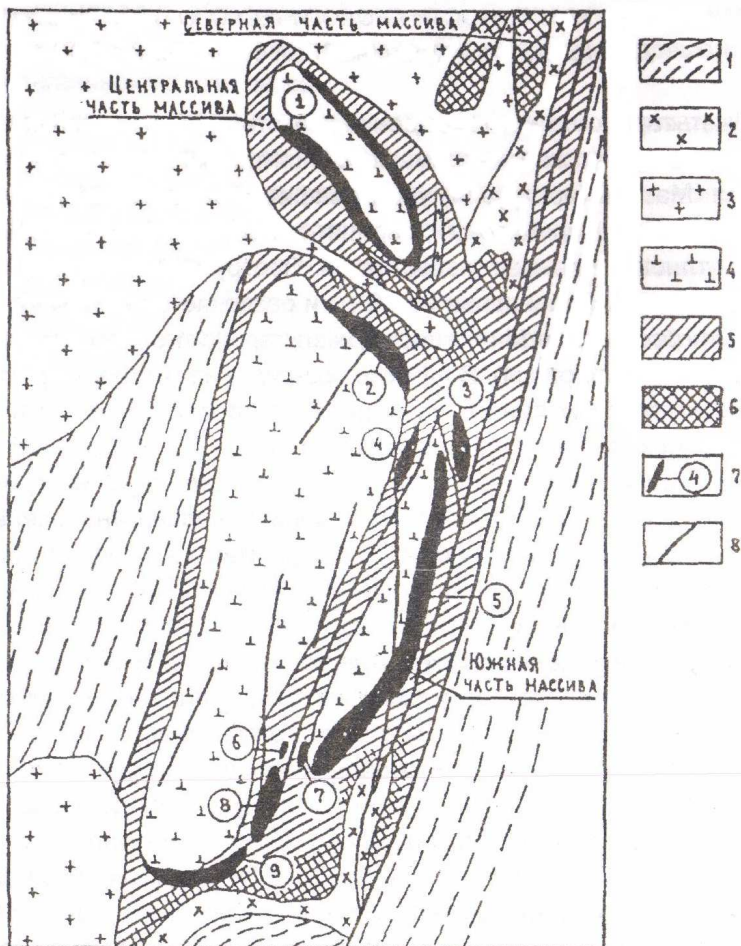


Рис. 4. Геологическое строение Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста (по материалам В. Р. Артемова): 1 – верхний протерозой: кремнисто-графитистые и серицит-графитистые сланцы, кристаллические сланцы, кварциты, гнейсы, амфиболиты и кварциты; 2,3 – ранне-среднекаменноугольный милютинский интрузивный комплекс гранитоидов: 2 – плагиогранит-порфиры, 3 – плагиограниты; 4–6 – позднесилурийский–раннедевонский протрузивный комплекс ультрамафитов: 4 – слабо серпентинизированные дуниты и перидотиты, 5 – апоультрамафитовые серпентиниты, 6 – антигоритизированные и оталькованные апоультрамафитовые серпентиниты; 7 – асбестовые залежи (1 – Гейслеровская, 2 – Лидинская, 3 – Восточная, 4 – Промежуточная, 5 – Основная, 6 – Отдельная, 7 – Западная, 8 – Малая, 9 – Новая); 8 – важнейшие разрывные нарушения

развиты в южной и юго-восточной частях участка. Они фиксируются зонами перемятых, рассланцованных серпентинитов и дайками плагиогранит-порфиоров и диоритовых порфиритов. Установлено два направления разломов – северо-западное, и северо-восточное (см. рис. 4). В этой части массива располагается Гейслеровская залежь.

Южная часть массива является самой крупной. Протяженность ее около 8 км, при максимальной ширине до 3 км. От центральной части массива она отделяется апофизой интрузии плагиогранитов. Главной особенностью строения южной части массива является наличие больших блоков слабо серпентинизированных первичных пород, а также развитие крупных разрывных нарушений, фиксируемых дайками кислого и среднего состава. Выделяются два ультрамафитовых ядра – *Большое* размером 6 x 1 км и *Малое* размером 2 x 0,5 км. Они окаймляются полосами серпентинизированных пород и серпентинитов. В серпентинитах рассеяны мелкие гарцбургитовые ядра. Ширина полос серпентинитов колеблется в пределах 50–300 м. На востоке, в висячем боку Малого ультрамафитового ядра, серпентинитовая кайма достигает максимальной ширины (до 1,5 км). В южной части массива В. Р. Артемов [14] выделил 11 основных разломов преимущественно меридионального направления и восточного падения. Особо выделяются две зоны разломов, протягивающиеся на 4–5 км с севера на юг. Первая, Восточная зона разломов, включает два разлома и протягивается вдоль восточного контакта ультрамафитового массива, ограничивая с востока серпентинитовую кайму. Вдоль нее внедрялись кислые дайки, серпентиниты интенсивно перемяты, подвержены оталькованию, антигоритизации. По данным В. Р. Артемова [14] перемятость серпентинитов неодинакова. Они то рассланцованы до чечевицеобразной отдельности, то более массивны и слагают блоки диаметром до 6 м, разделенные зонами смятия этих же серпентинитов. “Чечевицы” сложены большей частью существенно лизардитовыми серпентинитами и цементируются хризотиловым офитом. С хризотилом нередко ассоциируются немалит и карбонаты. В трещинах массивных серпентинитов встречаются поздние тонкие жилки переотложенного асбеста, которые иногда секут и цементируют хризотил.

Вторая, Центральная зона разломов, образованная одним главным разломом с многочисленными опережающими, проходит в центре южной части массива и отделяет два гарцбургитовых ядра друг от друга. Она контролируется на большом протяжении выходами даек плагиоклазовых порфириров, плагиогранит-порфириров и полосой сильно перемятых серпентинитов шириной 150–200 м. На контакте с дайками устанавливается контактовый метаморфизм, оталькование серпентинитов.

Некоторые разломы разбивают Большое ультрамафитовое ядро на более мелкие блоки. Иногда эти разломы затухают, не доходя до краевых частей массива. Полости таких разломов выполнены дайками авлитовых порфириров и спессартитов. В пределах южной части массива локализовано восемь асбестовых залежей, в том числе самая крупная – Основная. Анализ разрывной тектоники в пределах массива позволяет предположить два этапа ее формирования. Первый этап синхронный с его внедрением и перемещением совместно с литосферной плитой, в процессе которого образовались ультрамафитовые ядра в серпентинизированном меланже. Второй – более поздний, связанный с консолидацией литосферной плиты и обдукцией. В результате его возникали зоны разломов, по которым в раннем или среднем карбоне внедрились кислые дайки.

Джетыгаринский массив сложен в различной степени серпентинизированными ультраосновными породами, которые соответствуют габбро-перидотитовой формации, точнее ее дунит-гарцбургитовой ассоциации. Наиболее широко в его пределах распространены гарцбургиты. Дуниты, пироксеновые дуниты встречаются ограниченно, в виде небольших тел, которые распространены, в основном, в северной и юго-восточной частях массива. Переход от дунитов к пироксеновым дунитам и гарцбургитам постепенный и фиксируется количеством пироксена. Сами же пироксениты обнаруживаются крайне редко в виде шлировых выделений размерами от первых сантиметров до первых метров. Иногда дуниты и гарцбургиты залегают в виде чередующихся полос мощностью от первых сантиметров до первых метров. Это образование получило название *полосчатый комплекс*. Падение и простираание шлировых выделений пироксенитов, тел дунитов и пироксеновых дунитов субогласны с падением и простираанием массива.

Гарцбургиты сложены в основном оливином и имеют зелено-вато-серый, темно-зеленый, реже черный цвет с буровато-серыми пятнами, фиксирующими скопления энстатита. Распределение последнего равномерное (обычно 10–20 % от состава породы), реже полосчатое, с шириной полос от сантиметров до первых метров. Размеры зерен оливина 0,1–0,7 мм. Зерна энстатита больше оливиновых (1,0–1,4 мм, иногда крупнее), часто несут признаки деформации и окружены агрегатами мелких катаклазированных зерен оливина. Количество диопсида в породах составляет 1–3 %. Его кристаллы пространственно связаны с энстатитом, размеры их в пределах 0,3–0,5 мм. Очень редко (не более 0,3 %) отмечается тремолит. Акцессорный хромшпинелид встречается в виде зерен неправильной формы размером 0,4–0,6 мм. Количество его в породе 0,2–3,0 %. Кристаллы хромшпинелида с периферии замещены каемками магнетита. Оливин при серпентинизации часто замещен петельчатым lizardитом, энстатит превращен в бастит или тонковолокнистый агрегат куммингтонита. Изредка куммингтонит и оливин замещаются тальком, но чаще по этим минералам развивается пластинчатый серпентин-бастит иногда с примесью хлорита. Диопсид при серпентинизации изменяется слабо. Из других минералов в гарцбургитах встречены шегренит в виде чешуек, а также более поздние серпентины (хризотил, антигорит), карбонаты, пылевидный магнетит.

Дуниты – оливиновые породы с почти полным отсутствием пироксенов. Акцессорный хромшпинелид наблюдается обычно в форме ромбовидных или округлых зерен. Перцолиты имеют подчиненное значение и обычно встречаются в южной половине протрузии. Особенностью этих оливиновых пород наряду с высоким содержанием диопсида (более 5%) является неправильная форма зерен акцессорного хромшпинелида, их желтый цвет и частое наличие вокруг них хлоритовых ореолов. Среди пироксенитов чаще других встречаются вебстериты, содержащие небольшое количество оливина. Преобладающим минералом в них является диопсид, крупные зерна которого (1–4 мм) окружены агрегатами более мелких выделений. Присутствующий энстатит замещается куммингтонитом и баститом, а оливин – lizardитом и более поздним хризотилом. Иногда встречается хромшпинелид.

Таблица 2. Химический состав пород Джетыгаринского месторождения, %.

Компоненты	Дунит слабо серпентинизиров. (среднее из 2 проб)	Серпентинит аподунитовый (среднее из 2 проб)	Гарцбургит серпентинизиров. (среднее из 5 проб)	Серпентинит апогарцбургитовый (среднее из 7 проб)	Хризотил-асбест (одна проба)
SiO ₂	36,31	36,00	37,15	38,67	40,16
TiO ₂	0,01	Сл.	0,03	Сл.	Сл.
Al ₂ O ₃	1,03	1,23	1,23	1,31	0,75
Cr ₂ O ₃	0,025	0,77	0,15	0,41	0,03
Fe ₂ O ₃	4,89	2,80	3,87	3,21	0,82
FeO	2,52	2,79	3,18	1,98	1,00
MnO	0,002	0,09	0,0022	0,09	0,05
MgO	40,25	39,77	39,47	39,45	40,95
NiO	Нет	0,16	Нет	0,24	Сл.
CaO	0,81	0,88	1,96	0,75	0,84
Na ₂ O	Сл.	Нет	0,05	Нет	Нет
K ₂ O	«	«	0,001	«	«
SO ₃	0,21	0,78	0,12	0,48	0,30
H ₂ O	0,45	Нет	0,95	Нет	Не опр.
CO ₂	0,30	«	0,46	«	«
S	0,03	«	0,04	«	«
П.п.п.	13,67	14,46	11,48	13,32	14,68
Объемная масса	2,56	2,45	2,84	2,40	2,36

Петрохимически дуниты и перидотиты массива характеризуются низким отношением кремнезема к магнезию, почти полным отсутствием титана и щелочей, низким содержанием кальция, глинозема. В них отмечаются относительно высокие концентрации хрома и кобальта (табл. 2).

В массиве изредка встречаются жильные дуниты, пироксениты, габбро, горнблендиты. Они залегают в виде даек и жил и имеют крупнозернистую структуру и рвущие контакты с вмещающими ультрамафитами и серпентинитами. Жильные породы не затронуты серпентинизацией, но частично подвержены кальциево-силикатным метасоматическим преобразованиям – родингитизации. Некоторые жильные породы полностью превращены в родингиты. Отмечено также два небольших массива габбро, рвущих вмещающие сланцы и серпентиниты по ультрамафитам. Таким образом, очевидно, что жильные породы формировались после серпентинизации и, по-видимому, асбестизации ультрамафитов. Некоторые исследователи считают, что жильные

мафиты и ультрамафиты возникают вследствие метаморфизма серпентинитов [103, 113]. Жильные породы в отличие от пород, слагающих массив, обогащены кальцием вследствие появления в их составе диопсида.

В южной части ультрамафитового массива известно 11 небольших хромитовых тел, из которых одно имело промышленное значение и полностью отработано.

Вторичные изменения пород Джетыгаринского ультрамафитового массива произошли в результате авто- и аллометаморфизма. Последний объединяет многообразные процессы, среди которых можно выделить собственно аллометаморфический, контактово-метаморфический, гипергенный.

Наиболее ранние, автометаморфические, изменения происходят в условиях низких температур (80–200°) [36, 37] и выражаются в повсеместном образовании α -лизардита по ультрамафитам. Интенсивность α -лизардитизации пород колеблется от 30 до 70 %. Для нее характерна мелкопестельчатая структура, которая образуется в результате окаймления α -лизардитом оливининовых кристаллов. При α -лизардитизации магнетит не образуется, железо окисляется и практически целиком входит в кристаллическую структуру серпентина [36]. В связи с этим α -лизардитизированные породы магнитными аномалиями не фиксируются. В Джетыгаринском ультрамафитовом массиве α -лизардитизированные породы сохранились лишь в ядрах ультрамафитов. По периферии ядер α -лизардиты наблюдаются только в реликтах среди серпентинитов более поздней аллометаморфической стадии. Гарцбургиты, испытавшие α -лизардитизацию, имеют темно-зеленую окраску, неровный излом, массивную текстуру. Дунитам свойственен более интенсивный автометаморфизм, здесь α -лизардит чаще всего встречается с чешуйками брусита.

Собственно аллометаморфическая серпентинизация происходит после повсеместной α -лизардитизации. Этот процесс на месторождении детально изучен А. С. Варлаковым [38]. Начало аллометаморфизма фиксируется образованием β -лизардита; при последующем повышении температуры и щелочности растворов возникают γ , δ -лизардит и хризотил. Главным отличием аллометаморфической серпентинизации

от автометаморфической является выделение магнетита и брусита. Аллометаморфические серпентиниты и серпентинизированные породы слагают периферийные тектонизированные зоны ультрамафитовых ядер. Петельчатые и ленточные β -лизардиты встречаются также в мелких ядрах α -лизардитизированных гарцбургитов. Содержание магнетита в ядрах α -лизардитизированных гарцбургитов, испытавших β -лизардитизацию, колеблется в пределах 0,8–2 %. Породы, испытавшие β -лизардитизацию, плотные, с раковистым изломом, имеют зеленый и темно-зеленый цвет. Структура β -лизардита гофрированно-секторальная, часто β -лизардит замещается δ -лизардитом. Ячейки δ -лизардита имеют мозаичное, паркетовидное строение. Наряду с реликтовым β -лизардитом в δ -лизардитовых серпентинитах встречаются новообразованные ячейки из игольчатых и клиновидных индивидов γ -лизардита. Указанные типы лизардитов встречаются совместно, в разных соотношениях, но среди них обычно преобладает β -лизардит.

Хризотилловые серпентиниты имеют серый цвет, отличаются различными видами волокнистых структур. Хризотил встречается как самостоятельно, так и в ассоциации со всеми разновидностями лизардитов. Обычно он наблюдается совместно с клиновидным γ -лизардитом. Под микроскопом установлено, что хризотилловые серпентиниты наложены на лизардитовые и возникают после них. Существенно хризотилловые серпентиниты отличаются интенсивным развитием брусита в породе и магнетита по хромшпинелидам.

В Джетыгаринском массиве визуальнo выделяются ареалы развития лизардитовых, хризотил-лизардитовых, хризотилловых серпентинитов. Подавляющее большинство ареалов серпентинизации вокруг ультрамафитов лизардитовые, лизардит-хризотилловые. Хризотилловые серпентиниты чаще всего аподунитовые. Характерно развитие хризотила по β -лизардитовым серпентинитам в виде шнуров и прожилков, а также в оторочках асбестовых жил.

Антигоритовая серпентинизация для массива в целом не характерна. Ареалы антигоритизации тяготеют к экзоконтактам даек и массивов гранитоидов (см. рис. 4), они возникают при контактовом метаморфизме путем перекристаллизации всех разновидностей серпентинитов. В ареалах контактового метаморфизма антигорит встречается совместно

с тальком и карбонатом. Последние также образуют самостоятельные ареалы в северной части массива.

Гипергенные изменения ультрамафитового массива выражены в появлении нонтронита и железистой охры по серпентинитам и образовании дресвы по ультрамафитовым ядрам. Волокно хризотил-асбеста в зоне выветривания также подвергнуто изменению, в результате которого снижается его прочность. Глубина зоны гипергенеза достигает 30–50 м.

2.1.3. ТИПЫ АСБЕСТОНОСНОСТИ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

При выделении различных типов асбестоносности учитываются не только геологические факторы (форма жилкования, длина волокна и т.п.), а также промышленное содержание асбеста класса крупности +0,5 мм. Выделено шесть типов асбестоносности.

Одиночные жилы хризотил-асбеста имеют мощность 5 – 20 мм, редко 25 – 30 мм (рис. 5). Они залегают в серпентинизированных ультрамафитах и окаймлены оторочками массивного плотного темно-зеленого серпентинита. Мощность оторочек в зависимости от мощности асбестовых жил колеблется от 2–3 до нескольких десятков сантиметров. Существует прямая линейная зависимость между мощностями серпентинитовых оторочек и асбестовых жил, подтверждающая привнос вещества для асбестовых жил из вмещающих серпентинитов (рис. 6).

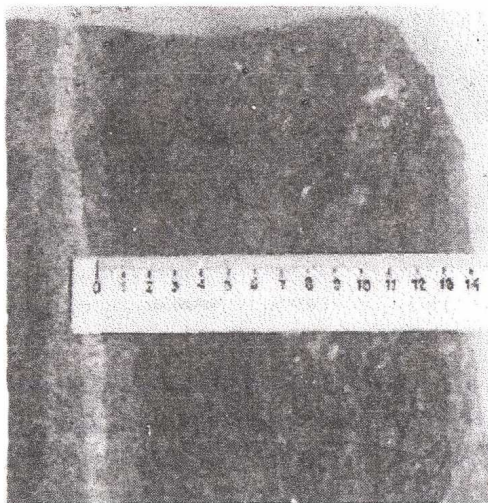


Рис. 5. Одиночная жила хризотил-асбеста в серпентинизированных перидотитах Основной залежи. Западный борт карьера, горизонт +65 м, разведочная линия 21

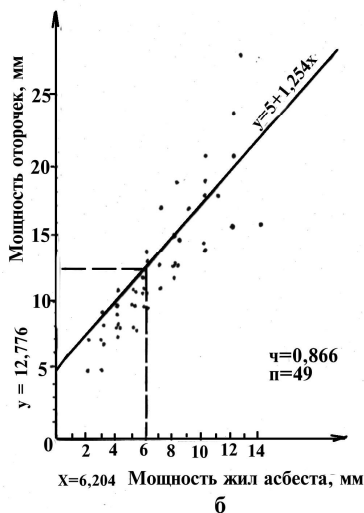
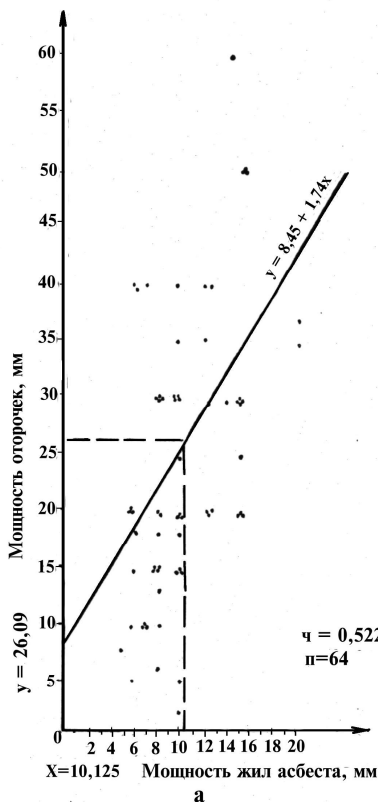


Рис. 6. Корреляционная зависимость мощности жил асбеста от мощностей оторочек: а – по Основной залежи Джетыгаринского месторождения, б – по месторождению Киембаевское; r – коэффициент корреляции, n – количество замеров

Сложные жилы представлены сериями жил хризотил-асбеста, ориентированных параллельно друг другу (рис.7), которые залегают среди серпентинитов и серпентинизированных ультрамафитов. Мощность серий колеблется от 10–20 до 50 см, количество жил в серии 20–50, мощность жил в сериях варьирует в пределах 2–15 мм. Краевые жилы серий имеют наибольшую мощность. Расстояние между сериями жил составляет 10–20 см и более. Количество просечек магнетита и серпентинита в жилах незначительное, длина волокна часто соответствует мощности жил.

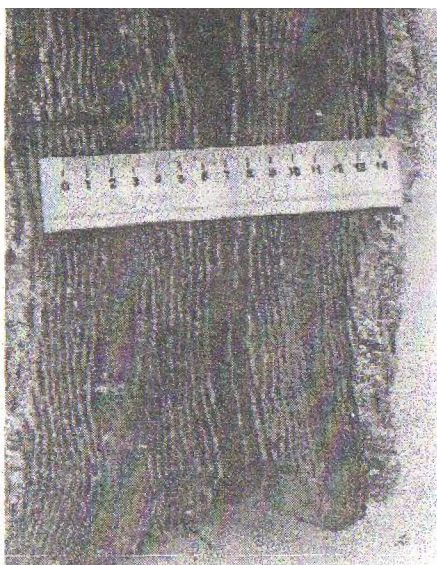


Рис. 7. Сложные жилы хризотил-асбеста Основной залежи. Западный борт карьера, горизонт +80 м, разведочная линия 17

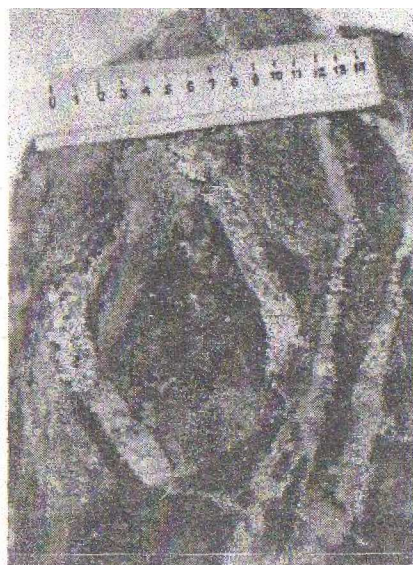


Рис. 8. Крупносетчатая асбестоносность в Основной залежи. Западный борт карьера, горизонт +65 м, разведочная линия 22

Крупная сетка состоит из разноориентированных крупных простых жил хризотил-асбеста (рис. 8), залегающих в серпентинитах с ядрами серпентинизированных ультрамафитов. Мощность жил и длина волокон в них колеблется от 2 до 20–25 мм. Размеры ячеек пород между жилами хризотил-асбеста изменяются от 10х10 см до 50х90 см. Просечки магнетита встречаются редко.

Мелкая сетка по морфологии жилкования аналогична крупной и отличается от нее лишь меньшей мощностью жил хризотил-асбеста (до 7 мм) и меньшим размером ячеек безрудных вмещающих пород (< 12 х 12 см), заключенных между жилами асбеста (рис. 9). Магнетитовые просечки редки.

Мелкопрожил сходен с типом сложных жил и отличается от него меньшей мощностью жил хризотил-асбеста. В типичном мелкопрожиле (рис.10) отдельные жилы имеют мощность 1–3 мм, причем мощность жил в серии почти одинакова.

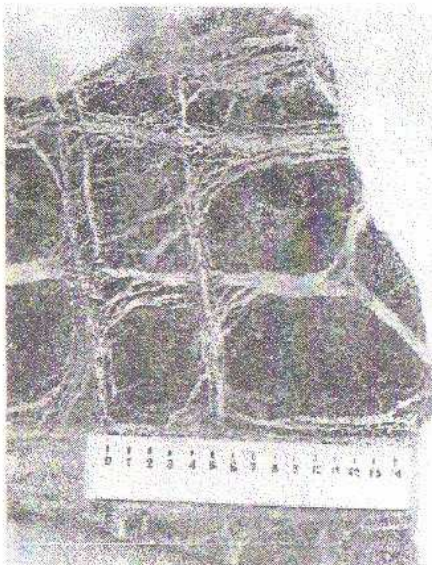


Рис. 9. Мелкосетчатая асбестоносность в Основной залежи. Восточный борт карьера, горизонт +170 м, разведочная линия 13

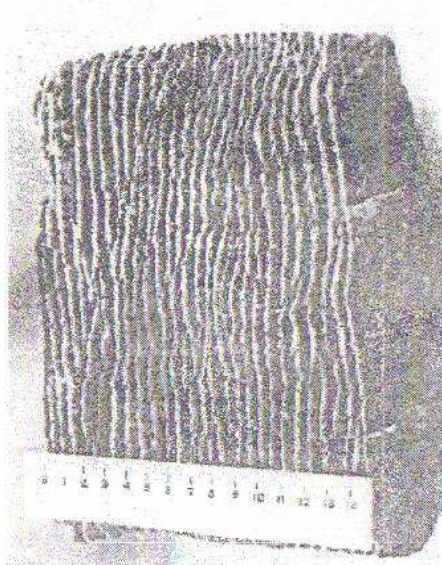


Рис. 10. Асбестоносность типа мелкопрожила в Основной залежи. Восточный борт карьера, горизонт +125 м, разведочная линия 30

Просечки – непромышленный тип асбестоносности, образованный мелкими одиночными маломощными жилами асбеста. Они объединяются в три морфологические разновидности: 1) единичные просечки; 2) просечки, наблюдающиеся иногда в виде пучков и ориентированные в одном направлении; 3) просечки сетчатого типа. Из трех выделенных разновидностей наиболее распространена первая.

Кроме рассмотренных выше типов асбестоносности на месторождении встречаются жилы косо- и продольно-волокнистого асбеста, причем вторые резко преобладает над первыми и тяготеют к зонам рассланцевания в перемятых серпентинитах. Продольно-волокнистый асбест наблюдается чаще всего в виде примазок, иногда в виде сплошного выполнения при мощности до 1–2 см в трещинах, по которым происходили тектонические подвижки. Длина волокна колеблется от 0,5–1 до 5–10 см. На некоторых небольших участках содержание продольно-волокнистого асбеста доходит до промышленного [14]. Как отмеча-

лось ранее, на месторождении распространён, в основном, поперечно-волокнистый хризотил-асбест. Кроме хризотил-асбеста в жилах встречаются хризотил-офит, магнетит, брусит (немалит).

Хризотил-офит образует небольшие участки в эндоконтактах жил. Нередко участки, сложенные хризотил-офитом, охватывают всю трещину, прерывая асбестовую жилу (рис. 11). Магнетит в волокне хризотил-асбеста обычно образует просечки в центральных и краевых частях жил. Мощность просечек магнетита незначительная, от долей до 1,0–1,5 мм. Вблизи жил асбеста во вмещающих серпентинитах иногда наблюдаются гнезда магнетита размером до 5 x 7 мм. В процессе дробления и обогащения магнетит отделяется от волокна асбеста, но часть его остается в сростках с иголками асбеста. Среднее содержание остающегося в джетыгаринском асбесте магнетита составляет 1,42 %, при колебаниях от 0,75 до 2,95 %.

Содержание брусита (немалита) в асбесте в среднем 1,03 %, при колебаниях от 0 до 7,6 %. Для сравнения отметим, что в волокне Баженовского месторождения среднее содержание магнетита 2,15 %, немалита 1,98 %, следовательно, жилы асбеста Баженовского месторождения по сравнению с таковыми Джетыгаринского обогащены магнетитом и немалитом.

Сравнительный анализ химических составов хризотил-асбестовых жил и вмещающих пород свидетельствует о том, что содержание окислов хрома и никеля в асбестовых жилах уменьшается на порядок, окислов железа и глинозема – в 2–3 раза, относительно вмещающих серпентинитов (см. табл. 2). Из микроэлементов, кроме хрома и никеля

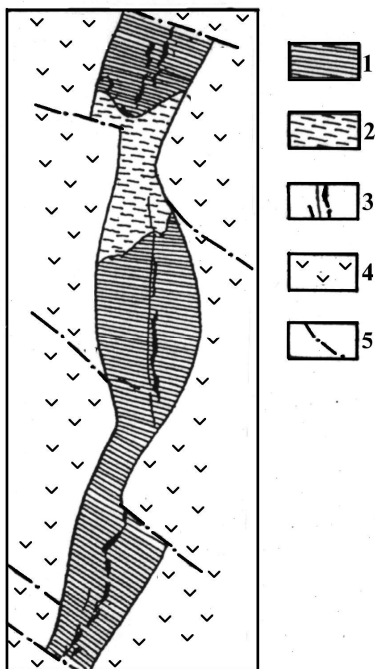


Рис. 11. Ступенчатая одиночная жила хризотил-асбеста (по материалам К. Г. Башты): 1 – асбестовые волокна, 2 – хризотил-офит, 3 – магнетитовые просечки, 4 – вмещающие серпентиниты, 5 – поперечные трещины.

в асбестовых жилах также в 2 раза относительно серпентинитов уменьшаются содержания ванадия и кобальта. В волокне присутствует незначительное (ниже, чем в серпентинитах) количество циркония, меди, цинка. Асбестовые жилы вблизи даек залегают в хризотил-антигоритовых серпентинитах, значительно обезвожены и обогащены молибденом в 1,5–2 раза. В свою очередь, дайковые породы, по-видимому, заимствовали из серпентинитов халькофильные элементы – хром, никель, кобальт, ванадий, марганец. Содержание этих элементов в дайках выше кларковых в 2 раза.

Установлено, что вещественный состав хризотил-асбестовых жил на месторождении меняется в зависимости от состава вмещающих пород. При пересечении аподунитовых серпентинитов в составе жил чаще всего встречаются хризотил-офит и брусит. При пересечении прожилками хризотил-асбеста хромшпинелида, в составе прожилков появляется хлорит. В зависимости от состава вмещающих серпентинитов изменяется также химический состав асбестового волокна и его качество. По результатам 24 химических анализов установлено, что в асбестовых жилах, пересекающих серпентиниты лизардитового состава, содержания Al_2O_3 колеблются пределах 0,73–0,95 % и лишь в одном анализе оно составляет 1,20 %. В асбестовых жилах, залегающих среди хризотилловых серпентинитов, содержания Al_2O_3 выше (1,08–1,47 %). Аналогично меняется содержание силикатного железа, а количество магнетита, наоборот, возрастает в асбесте, встреченном среди хризотила. Прочность асбеста из лизардитовых серпентинитов больше, чем из хризотилловых. Появление относительно высоких содержаний магнетита в жилах из зон хризотилловых серпентинитов объясняется тем, что хризотилизация пород сопровождается более интенсивным выносом железа, чем лизардитизация [37, 38]. Зависимость вещественного состава асбестовых жил от состава вмещающих пород свидетельствует о том, что в жиле отлагался лишь материал из пород, непосредственно прилегающих к ней.

Оторочки простых и сложных асбестовых жил в гарцбургитах сложены хризотилом и β -лизардитом. В дунит-гарцбургитовых полосчатых комплексах, где развивается крупная и мелкая сетка жил асбеста, оклорудные серпентиниты представлены преимущественно хризотилом

и γ -лизардитом с примесью брусита. В дунитах асбестовые жилы сопровождаются брусит-хризотилowymi и брусит- γ -лизардит-хризотилowymi серпентинитами. Для хризотила этих пород характерна войлокообразная структура. Брусит образует пластинки размером 0,1–0,5 мм, распределяясь в рассеянном виде, как среди хризотила, так и γ -лизардита. Иногда встречаются жилы брусита мощностью 5–20 мм с хризотилом и магнетитом. В отличие от апогарцбургитовых разностей в аподунитовых серпентинитах хризотил в большинстве случаев образуется непосредственно по исходным существенно α -лизардитизированным дунитам.

Очевидно, что состав околорудных серпентинитов зависит от вещественного состава вмещающих пород. Они представлены следующими ассоциациями: в гарцбургитах – β -лизардит-хризотиловой; в дунит-гарцбургитовых полосчатых комплексах – γ -лизардит-хризотиловой; в дунитах – брусит-хризотиловой.

2.1.4. СТРУКТУРА РУДНОГО ПОЛЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ АСБЕСТОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

По структурно-тектоническому положению асбестовых залежей в пределах Джетыгаринского ультрамафитового массива выделяются три асбестоносных поля [60]: Северное, Западное, Главное. *Северное асбестоносное поле* расположено в центральной части протрузии. Оно включает единственную, вторую по величине на месторождении залежь *Гейслеровскую* (см. рис. 4), которая имеет форму пласта, окаймляющего ультрамафитовое ядро центральной части протрузии (рис. 12) в виде мульды. Залежь погружается на северо-запад. Длина залежи более 3 км, мощность колеблется от 40 до 154 м. Мульда имеет асимметричную форму: юго-западное крыло падает под углом 20–30°, а северо-восточное – под углами 40–50°. Промышленные руды характеризуются бедными [среднее содержание асбеста с длиной волокна больше 0,5 мм (по классу крупности + 0,5 мм) в залежи 2,94%] и неустойчивыми содержаниями асбеста. Руды обнажаются на поверхности, имея максимальную глубину залегания до 258 м. Рудовмещающими породами являются апогарцбургитовые хризотил-лизардитовые серпен-

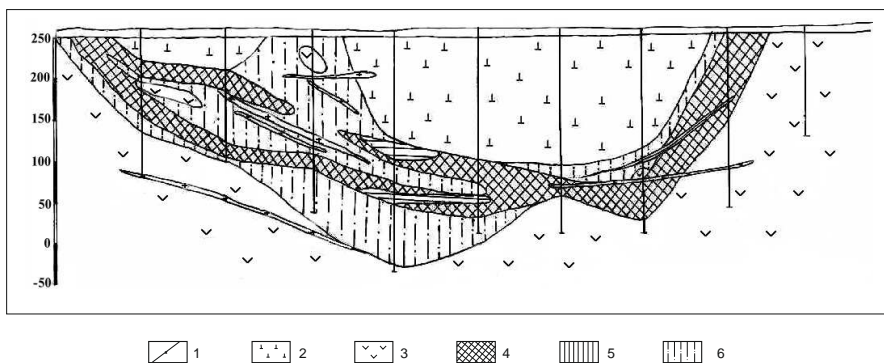


Рис. 12. Геологический разрез Гейслеровской залежи: 1 – ранне-среднекаменноугольный милютинский интрузивный комплекс гранитоидов–дайки; 2,3 – поздесилурийский-раннедевонский протрузивный притобольско-аккаргинский комплекс ультрамафитов: 2 – серпентинизированные ультрамафиты, 3 – серпентиниты с небольшими ядрами слабосерпентинизированных перидотитов и серпентиниты; 4-6 – типы асбестовой минерализации: 4 – мелкая сетка, 5 – сложные жилы, 6 – просечки

тиниты, в которых вдоль контакта с крупным ядром серпентинизированных ультрамафитов рассеяны мелкие ядра α – lizarditизированных гарцбургитов. С внешней стороны залежи располагаются полностью серпентинизированные ультрамафиты.

Среди асбестоносных жил преобладает тип мелкой сетки (77 % общего объема руды), наблюдающийся на всем протяжении залежи. Мелкосетчатая асбестоносность развита в серпентинитах хризотил-лизардитового состава и от ультрамафитового ядра отделяется полосой просечек и сложных жил. Мощность зоны мелкой сетки изменяется от первых метров до 154 м. Содержание асбеста класса + 0,5 мм составляет 3,0 %. Асбестоносность типа сложных жил развита подчиненно (23 % от общего объема руды), прослеживается на четырех разобценных участках залежи в связи с серпентинитами lizarditового состава. Содержание асбеста по классу + 0,5 мм составляет 2,69 %. Залежь Гейслеровская пересекается многочисленными маломощными пологими кислыми дайками, которые иногда уничтожают асбестовые руды.

Западное асбестоносное поле включает те асбестовые залежи южной части протрузии, которые окаймляют Большое ультрамафитовое ядро, – Лидинскую, Промежучточную, Отдельную, Малую, Новую

(см. рис. 4). Оно имеет дугообразную форму и охватывает ядро с севера, востока и юга. Все залежи почти согласно опоясывают ядро и имеют форму линз, пластов и лент.

Залежь *Лидинская* приурочена к северному контакту Большого ультрамафитового ядра. В плане залежь имеет линзовидную форму и ориентирована в северо-западном направлении. Длина залежи составляет 820 м, ширина не превышает 75 м. Залежь падает на юго-запад под углами 60–80° (под ультрамафитовое ядро) и на глубине 50–150 м выклинивается. В залежи серпентиниты представлены хризотил-антигоритовыми разностями. В промышленных рудах асбестоносность представлена мелкой сеткой и мелкопрожилком. Они отличаются невысоким содержанием асбеста – 2,03 % . В распространении типов асбестоносности не наблюдается четкой закономерности, однако зона мелкопрожила тяготеет к контакту ультрамафитового ядра. Полоса серпентинитов, где расположена залежь, пронизана многочисленными кислыми дайками.

Залежь *Промежуточная* залегает в восточном контакте Большого ультрамафитового ядра и расположена в полосе серпентинитов. Серпентиниты разбиты серией разломов, фиксирующихся дайками лампрофиров, диоритовых порфиритов, зонами дробления и рассланцевания, имеющих согласное с залежью простирание и падение (рис. 13). В лизардитовых и хризотил-лизардитовых серпентинитах, слагающих околорудные породы залежи, широко проявлена антигоритизация. Визуально антигоритовые серпентиниты отличаются темно-зеленым, иногда черным цветом. Антигоритизация пород, приводящая к перекристаллизации лизардитовых и лизардит-хризотилловых серпентинитов, наблюдается в экзоконтактных частях даек. Залежь имеет протяженность 830 м при мощности 60 – 100 м и падает на восток под углами 70 – 85°. Асбестоносность в залежи представлена мелкой сеткой, за исключением небольшого участка, где распространены сложные жилы. Содержание асбеста низкое – 1,77 %. Хотя асбестовые жилы поперечно-волокнистые, по трещинам встречены примазки продольно-волокнистого хризотил-асбеста, что свидетельствует о пострудных тектонических подвижках, которые привели к деформациям ранее образованного хризотил-асбеста. В этих случаях в качестве примеси в волокне присутствует шестоватый брусит (немалит). Содержание немалита колеблется от 1 до 15 %.

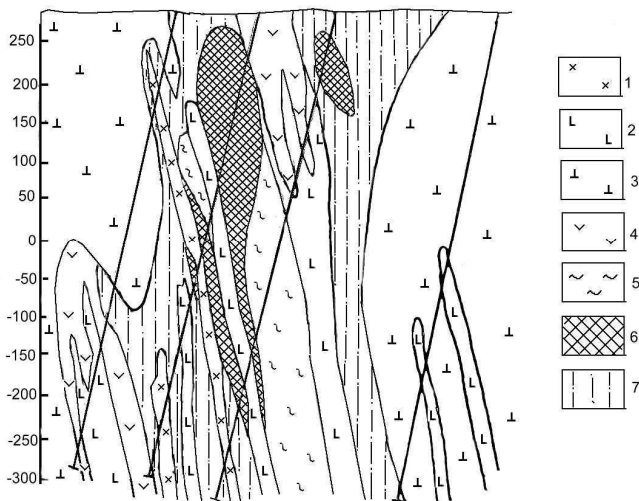
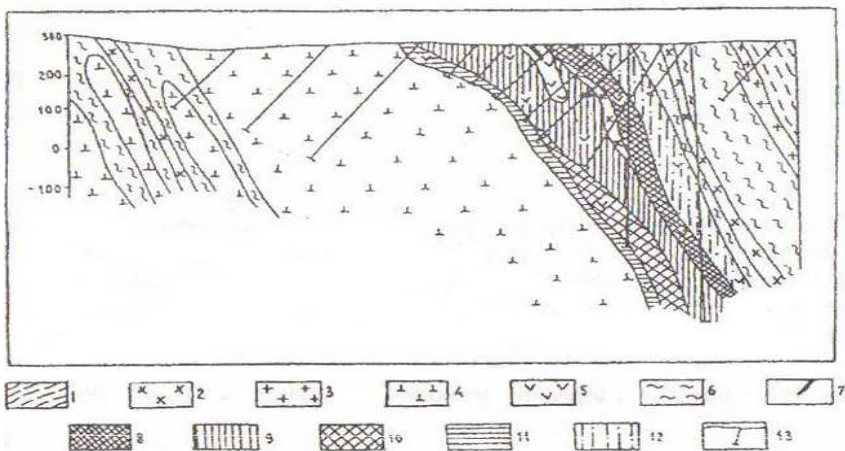


Рис. 13. Геологический разрез Промежуточной залежи: 1-2 – ранне-среднекаменноугольный милопинский интрузивный комплекс гранитоидов – дайки: 1 – диорит-порфиров, 2 – лампрофиров; 3-5 – позднесилурийский – раннедевонский притобольско-аккаргинский протрузивный комплекс ультрамафитов: 3 – слабосерпентинизированные перидотиты, 4 – серпентиниты, 5 – смятые серпентиниты; 6,7 – типы асбестовой минерализации: 6 – мелкая сетка, 7 – просечки.



Залежь Отдельная приурочена к юго-восточной части небольшого ультрамафитового ядра, отделенного от Большого ядра разломом субмеридионального направления (см. рис. 4). Она ограничена с юго-запада и юго-востока дайками Центральной зоны разломов, погружается на восток под углом 50° до 350 м и имеет в разрезе форму линзы мощностью до 80 м в раздуже. Вмещающие породы представлены лизардитовыми и лизардит-антигоритовыми серпентинитами, прорванными многочисленными дайками, в основном, диоритовых порфириров, реже лампрофириров. Изредка встречаются родингитизированные дайки. Асбестоносность представлена исключительно мелкосетчатым типом с низким содержанием асбеста I – VI сортов – 2,4 %.

Залежь Малая примыкает к небольшому ультрамафитовому ядру, которое отделено от Большого ядра субмеридиональным разломом. Залежь имеет пластообразную форму с восточным падением и прослеживается в северо-восточном направлении на 415 м при ширине от 15 до 90 м. Вмещающие породы представлены хризотил-антигоритовыми серпентинитами. Асбестоносность характеризуется преимущественно мелкосетчатым типом (91 % от общего объема руды) и в небольшом количестве мелкопроилом. В целом насыщенность асбестом низкая и составляет 2,27 % по сумме I – VI сортов. Дайки представлены лампрофирами и диоритовыми порфиритами, которые срезают залежь с востока.

Залежь Новая располагается в юго-восточном контакте Большого ультрамафитового ядра (см. рис. 4). С востока она ограничена Центральной зоной разломов. Простирается залежь в меридиональном направлении, имеет пластообразную форму и падает на юго-восток согласно падению ультрамафитового ядра. Углы падения изменяются

Рис. 14. **Геологический разрез Основной залежи:** 1 – верхний протерозой: кремнисто-графитистые и серицит-графитовые сланцы, кристаллические сланцы, кварциты, гнейсы, амфиболиты и кварциты; 2,3 – ранне-среднекаменноугольный милютинский интрузивный комплекс гранитоидов-дайки: 2 – диоритов, 3 – гранитов; 4–7–позднесилурийский-раннедевонский протрузивный притобольско-аккаргинский комплекс ультрамафитов: 4 – слабосерпентинизированные ультрамафиты, 5 – серпентиниты с небольшими ядрами слабосерпентинизированных периодитов и серпентиниты, 6 – смятые серпентиниты, 7 – родингитизированный дайки ультрамафитов; 8–12 – типы асбестовой минерализации: 8 – мелкая сетка, 9 – сложные отороченные жилы и мелкопрожил, 10 – крупная сетка, 11 – периодиты с редкими маломощными жилами асбеста, 12 – просечки, 13 – скважины

от 50° в северной части до 70° на юге. Мощность залежи изменяется в пределах 50–160 м, местами уменьшаясь до 9 м за счет уничтожения ее дайками кислого состава. Асбестоносность представлена главным образом мелкосетчатым типом (88 % от общего объема руды). Содержание асбеста по сумме I – VI сортов составляет 1,83 %. В контакте с ультрамафитовым ядром в лежащем боку залежи развиты одиночные жилы (9 % от общего объема руды), встречается мелкопрожил. Переход от промышленных руд к пустым породам постепенный и проходит через зоны просечек.

Главное асбестоносное поле охватывает залежи, расположенные вокруг Малого ультрамафитового ядра южной части протрузии, – Восточную, Западную и Основную. С запада и востока оно ограничено зонами разломов, а внутри него наблюдаются два параллельных диагональных разлома северо-западного направления (см. рис. 4). Одним из этих разломов Восточная залежь отделена от Основной. Главное асбестоносное поле сложено в разной степени серпентинизированными гарцбургитами и дунитами, иногда они серпентинизированы полностью. Интенсивность серпентинизации возрастает от ультрамафитового ядра через зону мелких гарцбургитовых ядер к нацело серпентинизированным породам.

Большая часть запасов месторождения (80 % от общего объема руды) сосредоточена в *Основной* асбестовой залежи. Она приурочена к восточному контакту Малого ультрамафитового ядра и протягивается в виде широкой (300–400 м) дуги на 3900 м. Залежь имеет гластообразную форму и падает согласно с контактом ультрамафитового ядра на восток, располагаясь в эндо- и экзоконтакте его. С глубиной мощность залежи уменьшается (рис. 14). Отмечается более пологое падение лежащего бока залежи и более крутое висячего. Угол падения лежащего бока до глубины 200–250 м составляет 60°, еще глубже (до 800 м) увеличивается до 65 – 88°. Висячий бок залежи более неровный и извилистый. До глубины 700 м угол падения висячего бока изменяется в пределах 25 – 45°, а с глубиной 150 – 200 м становится более крутым – 72 – 80°. С востока Основная залежь ограничивается Восточной зоной разломов, полости которых выполнены дайками среднего и кислого состава. В северном и южном направлениях залежь выклинивается. Северное

выклинивание залежи постепенное, южное резкое. В залежи наблюдается несколько локальных пережимов. Эти пережимы, а также резкое выклинивание залежи в южном направлении обусловлены дайками и штоками диоритовых порфиритов и гранодиорит-порфириров. Дайки обнажаются на поверхности, а расположенные на юге штоки вскрыты скважинами [52]. Дайки и штоки вызвали, по-видимому, перекристаллизацию и частичное уничтожение асбестоносных серпентинитов и асбестовых руд.

На Основной залежи отмечается, обычная для месторождений хризотил-асбеста зональность рудоносных пород: степень серпентинизации увеличивается от ультрамафитового ядра к периферии массива. В пределах залежи к висячему выделяются: серпентинизированные гарцбургиты и дуниты; серпентиниты с ядрами гарцбургитов или дунитов, составляющими 5–50 % породы; серпентиниты. Оруденелые серпентинизированные гарцбургиты и дуниты, которые слагают не более 5 % объема всей залежи, протягиваются вдоль ее лежачего бока полосой мощностью от 5 до 90 м. Серпентинизация здесь в основном хризотилловая и β -лизардитовая. Асбестовая минерализация представлена одиночными жилами и просечками. Серпентинизированные дуниты, в отличие от гарцбургитов, слабо асбестоносны. В них отмечены лишь просечки асбеста.

Зона серпентинитов с ядрами гарцбургитов, реже дунитов, составляет значительную часть залежи (25 %) и располагается к востоку от полосы серпентинизированных ультрамафитов. Размеры ядер гарцбургитов колеблются от 1 до 200 см, обычно составляя 10-50 см. Форма ядер шаро- и бочкообразная, а также яйцевидная. Расстояние между ядрами сопоставимы с их параметрами. Границы ядер с вмещающими серпентинитами резкие, ширина зоны перехода не превышает нескольких миллиметров. Следует отметить, что жилы хризотил-асбеста независимо от размера ядер отделены от последних серпентинитовой оторочкой мощностью от 1 до 15 см. По минеральному составу серпентиниты зоны на севере и в центре залежи хризотил-лизардитовые, а от центра на юг лизардит-хризотилловые. С этой полосой связаны наиболее богатые асбестовые руды – крупная сетка и сложные жилы.

Зона полной серпентинизации является самой мощной и занимает до 70 % объема залежи. Она слагает восточную и частично осевую ее части. В зависимости от состава исходных пород серпентиниты данной полосы делятся на апогарцбургитовые, аподунитовые и развитые по полосчатому дунит-гарцбургитовому комплексу, а по минеральному составу соответственно – на хризотил-лизардитовые, существенно хризотилитовые и лизардит-хризотилитовые. С этой полосой связана асбестоносность типа мелкой сетки и просечек.

Таким образом, для каждой зоны характерны определенный тип асбестоносности и, кроме того, в пределах залежи наблюдается обусловленная составом и структурой вмещающих пород рудная зональность: вдоль лежачего бока просечки и одиночные жилы асбеста в серпентинизированных гарцбургитах и дунитах; сложные и крупносетчатые жилы в серпентинитах с ядрами гарцбургитов в осевой части; мелкосетчатые жилы, мелкопрожил и просечки в серпентинитах вдоль висячего бока. Наиболее богатые сложные и крупносетчатые жилы, приурочены к средней полосе, т. е. к серпентинитам с ядрами гарцбургитов (табл. 3).

Серпентиниты с антигоритом располагаются в приконтактных частях даек гранитоидов и самостоятельного значения не имеют. Установлено, что содержания асбеста с глубиной увеличиваются по всем зонам.

Залежь Восточная находится на северном окончании Главного асбестоносного поля и отделяется от Основной залежи одним из диагональных разломов. Она протягивается в северо-западном направлении на расстояние около 700 м параллельно залежи Основной. Форма ее пластообразная, мощность колеблется от 20 до 70 м, падение в восточных румбах под углами 75-80°. Залежь на поверхность не выходит, но трассируется зоной просечек асбеста. Среднее содержание асбеста по залежи 1,80 %.

Залежь Западная расположена к востоку от Центральной зоны разломов и приурочена к южному окончанию Малого ультрамафитового ядра. Падение залежи восточное (согласно контакту Малого ядра) под углами 60–70°, простираение северо-восточное; форма линзообразная. Мощность залежи от 3 до 90 м, длина 250 м. Асбестоносность в висячем боку залежи, ближе к Малому ультрамафитовому ядру, представлена сложными жилами (20 %), с высоким содержанием волокна

**Таблица 3. Распределение асбеста по типам асбестоносности
в Основной залежи.**

Вмещающие породы	Типы асбестоносности	Среднее содержание I-VI сортов, %	Среднее содержание высоких (I-III) сортов, %	% от общих запасов
Серпентинизированные гарцбургиты и дуниты	Одиночные жилы	2,27	0,17	5,2
		5,93	0,14	27,2
Серпентиниты с ядрами гарцбургитов	Сложные жилы Крупная сетка	5,52	0,38	22,6
		2,71	0,2	24,1
Серпентиниты	Мелкая сетка	3,24	—	20,9
		0,40	—	—

I-VI сортов – 7,3 %. В лежачем боку асбестоносность главным образом в виде мелкой сетки (80 % от общего объема руды) со сравнительно низким содержанием волокна I-VI сортов – 2,6 %. Вмещающими породами для последних являются лизардитовые серпентиниты. Залежь с лежачего бока ограничена дайками диорит-порфиров.

Все рудные залежи размещаются в серпентинизированных ультрамафитах и серпентинитах в экзоконтактах крупных ультрамафитовых ядер или их блоков. В отличие от мелких залежей в эндоконтактах больших залежей месторождения (Основной, Гейслеровской) наряду с крупными ультрамафитовыми ядрами наблюдаются многочисленные рассеянные мелкие ядра гарцбургитов, которые рядом исследователей [74] рассматриваются в качестве будин. По-видимому, мелкие гарцбургитовые ядра возникли при тектонизации ультрамафитов, по дунит-гарцбургитовому полосчатому комплексу на контактах крупных ядер с серпентинизированным меланжем [58]. Появление мелких гарцбургитовых ядер создало гетерогенную среду, благоприятную для трещинообразо-

вания, с одной стороны, и неполной серпентинизации – с другой. Важность последней для асбестообразования отмечена многими исследователями [73, 74, 85, 96, 134, 137]. Проявление рудной зональности в Основной залежи во многом обусловлено наличием зоны серпентинитов с гарцбургитовыми ядрами. Размеры ядер гарцбургитов контролируют сетчатые типы асбестоносности. С уменьшением размеров ядер гарцбургитов, уменьшаются размеры ячеек сетки.

Кроме тектонических причин в размещении асбестовых залежей и рудных тел важную роль играл вещественный состав ультрамафитов [33, 34, 95, 137, 148]. Как отмечалось, ультрамафитовый массив сложен главным образом гарцбургитами, дунитами и пироксеновыми дунитами. Промышленная асбестоносность на месторождении в основном тяготеет к гарцбургитам с содержанием энстатита (бастита) 10–20 % (рис. 15). Содержание асбеста I – VI сортов коррелируется с количеством энстатита (бастита) в гарцбургитах, и при одинаковых структурных условиях между ними существует параболическая зависимость:

$$X = 0,8989 + 0,3402 B - 0,0065 B^2,$$

где X – содержание асбеста, B – содержание бастита (энстатита) [147]. При разведке месторождения также эмпирически установлено, что дуниты в одинаковых структурно-тектонических условиях с гарцбургитами и серпентинитами по ним

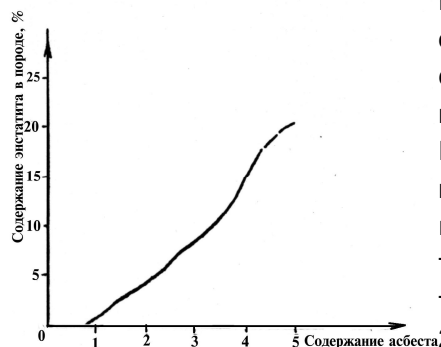


Рис. 15. Зависимость содержания асбеста в руде от количества энстатита (бастита). Установлена по анализам 1561 пробы.

отличаются более низкими содержаниями асбеста или вообще не асбестоносны. В целом среднее содержание асбеста в апогарцбургитовых и аподунитовых серпентинитах по Основной залежи месторождения составляет 4,29 и 2,29 % соответственно. Как вид-

но, среднее содержание асбеста в аподунитовых серпентинитах намного ниже. В контактовых частях дунитов с гарцбургитами

отмечается затухание жилок асбеста при переходе их из апогарцбургитовых в аподунитовые серпентиниты (рис. 16). Промышленных концентраций асбест достигает, как указывалось, в так называемом полосчатом комплексе, представляющем собой перемежаемость аподунитовых и апоперидотитовых серпентинитов.

Асбестоносность отдельных участков зависит не только от благоприятного вещественного состава вмещающих пород. Определенную роль в количественном распределении асбеста играют также структурно-тектонические особенности участка, где эти породы встречаются. Об этом свидетельствует различное содержание асбеста в одинаковых по составу вмещающих породах в одних и тех же типах асбестоносности на разных участках Основной залежи, характеризующихся различной напряженностью тектоники (табл. 4).

Оставшиеся балансовые запасы месторождения на 01.01.1999 г. по категориям В+С₁, составляют 26 701,5 тыс.т, в том числе: по Основной залежи (в проектном карьере до глубины 690 м) 21016,9 тыс. т., при среднем содержании асбеста 4,45 % (распределение содержания по сортам, %: I – 0,07, II – 0,02, III – 0,12, IV – 0,39, V – 0,87, VI – 3,09); по Гейслеровской залежи 4728,9 тыс. т., при среднем содержании 3,06 % (распределение содержания по сортам, % I – нет, II – 0,07, III – 0,07, IV – 0,05, V – 0,39, VI – 2,6), по Малой – 394,8тыс.т, при среднем содержании асбеста 1,87%, по Новой – 514,4тыс.т, при среднем содержании асбеста 1,41; по Западной – 46,5тыс.т, при среднем содержании асбеста 2,15%. Запасы по другим залежам месторождения

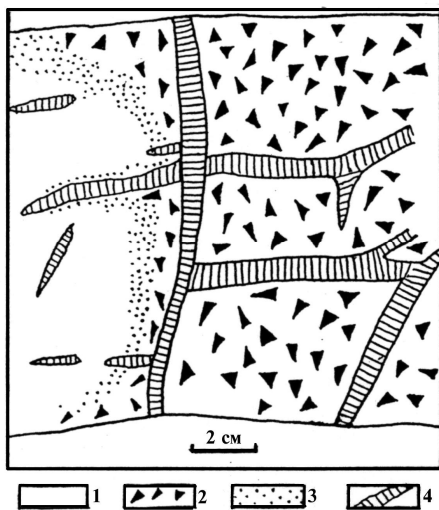


Рис. 16. Затухание жил хризотил-асбеста при переходе от апоперидотитовых серпентинитов к аподунитовым (зарисовка борта карьера по разведочной линии 25, горизонт +185 м, глубина 115 м): 1 - серпентиниты аподунитовые; 2 - серпентиниты апоперидотитовые; 3 - серпентиниты по пироксеновому дуниту; 4 - жилы хризотил-асбеста.

Таблица 4. Содержания асбеста по типам асбестоносности в серпентинизированных гарцбургитах и апогарцбургитовых серпентинитах Основной залежи

Участок Основной залежи	Одиноч- ные жилы	Сложные жилы	Мелко- прожил	Крупная Сетка	Мелкая сетка	Среднее по участку
Север (к северу от линии 9)	<u>2,05*</u> 5,8**	<u>4,00</u> 24,3	<u>2,04</u> 9,7	<u>3,15</u> 16,8	<u>1,94</u> 42,1	<u>2,64</u> 98,7
Центр (между линиями 9 - 23)	<u>2,92</u> 3,9	<u>6,28</u> 39,9	<u>3,42</u> 16,4	<u>6,33</u> 18,5	<u>3,63</u> 20,7	<u>5,10</u> 99,4
Юг (к югу от линии 23)	<u>2,04</u> 6,0	<u>6,31</u> 17,3	<u>3,31</u> 28,1	<u>5,73</u> 27,6	<u>2,64</u> 20,3	<u>4,28</u> 99,3
Среднее	<u>2,27</u>	<u>5,93</u>	<u>3,24</u>	<u>5,57</u>	<u>2,74</u>	<u>4,29</u>
По залежи	5,2	26,5	20,9	22,6	24,1	99,3

*В числителе – содержание асбеста по типам асбестоносности в серпентинизированных гарцбургитах и серпентинитах по ним, %; в знаменателе – относительное количество данного типа руд в залежи, %.

отнесены к забалансовым в связи с низкими содержаниями асбеста и наличием в них в основном низких сортов.

Химический состав хризотил-асбеста $3Mg \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. Содержание H_2O в волокне 12,56–13,01 %. Объемная масса волокна 2,36–2,6 г/см³. Температура плавления асбеста 1450 – 1500° С; термостойкость (потеря конституционной воды и прочности): при длительном постоянном нагреве – 500° С, при кратковременном нагреве 700° С. Щелочестойкость асбеста высокая, кислотостойкость слабая.

Перспективы месторождения связаны, главным образом, с глубокими горизонтами Основной залежи. В залежи наблюдается постепенное увеличение содержания асбеста до глубины 400–450 м, а затем плавное уменьшение его. Увеличение содержание асбеста обусловлено изменением вещественного состава ультрамафитов и тектонической обстановки. В интервале 150–450 м количество дунитов и аподунитовых серпентинитов уменьшается примерно в 3 раза относительно верхних горизонтов, а, следовательно, в составе ультрамафитов возрас-

тает количество благоприятных для асбестообразования гарцбургитов и апогарцбургитовых серпентинитов. Так, количество аподунитовых серпентинитов на глубине 150 м (горизонт + 150 м) составляет 12,7 % общего объема промышленных руд, а на глубине 450 м (горизонт –150 м) – 4,4 %. Количество же серпентинизированных гарцбургитов и серпентинитов с ядрами гарцбургитов на тех же глубинах равно 12,3 и 28,7 %, соответственно.

Степень серпентинизации с глубиной уменьшается. Меняется и тектоническая обстановка. Количество серпентинизированных гарцбургитов и серпентинитов с ядрами гарцбургитов на глубине 450 м становится в 2 с лишним раза больше, чем на глубине 150 м. Уменьшение с глубиной количества дунитов и аподунитовых серпентинитов, которые характеризуются в пределах залежи хризотилowymi разностями, обусловило развитие на глубоких горизонтах в основном лизардитовых и хризотил-лизардитовых серпентинитов.

Изменение вещественного состава и степени серпентинизации пород видимо обусловило изменение их характера трещиноватости: трещины стали редкими, но мощными. Об этом свидетельствует увеличение количества прожилковой асбестоносности (сложные жилы и мелкопрожил) от 42,8 % на глубине 150 м до 53,5 % на глубине 450 м. Количество сетчатой асбестоносности уменьшается от 53,4 % на глубине 150 м до 40,4 % на глубине 450 м (табл. 5).

Таким образом, на глубоких горизонтах (до 450 м) Основной залежи развиваются в большей степени богатые типы асбестоносности – сложные жилы и крупная сетка. Если на глубине 150 м количество их

Таблица 5. Соотношение типов асбестоносности на разных глубинах Основной залежи, %

Глубина, м	Одиночные жилы	Сложные жилы	Крупная сетка	Мелкая сетка	Мелкопрожил
150 (горизонт + 150 м)	0,8	19,3	12,1	40,3	23,5
450 (горизонт – 150 м)	6,1	43,5	21,7	18,7	10,0

составляет всего 31,4 общего количества промышленных руд, то на глубине 450 м они составляют более 65 % залежей (табл. 5). В связи с этим суммарное содержание асбеста I - III сортов на глубине 450 м составляет 0,25 %, в то время как на глубине 150 м – 0,05 %.

Запасы асбета, сосредоточенные в Гейслеровской залежи, расположены под жилым массивом и в настоящее время практической ценности не имеют.

Завершая геологическое описание Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста, отметим следующее.

1. Месторождение залегает в массиве альпийских ультрамафитов, представляющих собой крупную пластину, большей частью сложенную тектонизированными гарцбургитами.

2. Тектонизация ультрамафитов выражена в наличии крупных гарцбургитовых ядер, заключенных в серпентинизированном меланже. Последний в приконтактных частях с крупными ядрами содержит мелкие гарцбургитовые ядра, размеры которых уменьшаются в сторону от больших ядер.

3. Ультрамафиты подверглись двум этапам серпентинизации. Серпентинизация первого, аутометаморфического, этапа привела к проявлению повсеместной петельчатой α -лизардитизации, реже шнуровидной β -лизардитизации ультрамафитов. Второй этап серпентинизации, аллометаморфический, выразился в образовании β -, γ -, δ -лизардитов и хризотила по меланжированным гарцбургитам. В структурном плане они создают серпентинитовые каймы вокруг больших перидотитовых ядер.

4. Асбестовые залежи располагаются в экзоконтактах больших ультрамафитовых ядер, в их серпентинитовых каймах. Основная масса асбестовых жил залегает в β - (γ -, δ -) - лизардит-хризотил- и хризотил- β - (γ -, δ -) - лизардитовых серпентинитах.

5. В Основной залежи наблюдается рудная зональность, обусловленная составом и структурой вмещающих пород: вдоль лежачего бока – просечки и одиночные жилы асбеста в серпентинизированных гарцбургитах и дунитах; в осевой части – сложные и крупносетчатые жилы в серпентинитах с мелкими ядрами гарцбургитов и дунитов; вдоль висячего бока – мелкосетчатые жилы, мелкопрожил и просечки в серпентинитах.

6. Самые богатые асбестовые руды с мощными жилами и прожилками содержатся в наиболее неоднородных по структуре и составу породах – серпентинитах с ядрами гарцбургитов. Жилы асбеста располагаются в межядерном пространстве.

7. В одиночных жилах существует прямая зависимость между мощностями асбестовых жил и серпентинитовых оторочек: чем больше мощность серпентинитовой оторочки, тем мощнее асбестовые жилы.

8. Промышленная асбестоносность тяготеет главным образом к гарцбургитам с содержанием энстатита (бастита) 10–20 %. В одинаковых структурных условиях уменьшение содержания энстатита (бастита) приводит к снижению интенсивности оруденения.

9. Серпентинизация ультрамафитов не обнаруживает никакой зональности относительно контактов гранитоидных массивов. Зональная серпентинизация отмечается относительно контактов ультрамафитовых ядер. Воздействие гранитоидных интрузий выражается в антигортитизации и отальковании вмещающих пород и асбестовых жил.

10. На участках развития пострудной тектоники отмечены жилы и прожилки продольно-волокнистого асбеста, сопровождающиеся шестоватыми агрегатами немалита.

2.2. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Методические основы изучения, поисков, разведки и прогнозирования хризотил-асбестовых месторождений разрабатывались В. Р. Артемовым [6, 12, 15], В. М. Борзуновым [30, 31], Р. Г. Глуховым [51], Н. Н. Джафаровым [51, 56], К. К. Золоевым [67, 77, 79, 95, 96, 114], П. М. Татариновым [134]. Особенно большой вклад в методические исследования внес К. К. Золоев, под руководством которого осуществлялась подготовка всех методических документов, регламентирующих изучение хризотил-асбестовых месторождений.

Обнаружение в недрах того или иного полезного ископаемого еще не свидетельствует о наличии месторождения. Путь от получения первых сведений до подготовки к промышленному освоению месторождения довольно долг, иногда не одно десятилетие, как это было на Джетыгаринском месторождении хризотил-асбеста.

Практически все месторождения хризотил-асбеста были обнаружены, как правило, или при поисках других полезных ископаемых, или с помощью местных жителей. Внимание привлекал необычный волокнистый вид минерала и золотистый блеск при дневном свете, а дальше исследования специалистов определяли перспективы и целесообразность продолжения работ. Успех геологоразведочных работ во многом зависит от правильности выбора методики изучения объекта.

Джетыгаринское месторождение является единственным эксплуатирующимся в Казахстане месторождением хризотил-асбеста. На месторождении на протяжении многих лет были проведены все стадии геологоразведочных работ, и методика его изучения может быть применена на других асбестовых месторождениях страны.

2.2.1. МЕТОДИКА РАЗВЕДКИ

Несмотря на то, что геологоразведочные работы на месторождении проводились ещё в довоенные годы, последовательные интенсивные работы начаты с 1950 г. В 1950-1961 гг. работами руководила Черемных Н.С., а в 1961-1965 гг. – Л. Я. Шишкова. В 1967-1970 гг. в ходе дополнительных работ под руководством А. Е.Заворохиной была уточнена морфология Основной залежи. Дальнейшее изучение месторождения с 1975 г. проводила Асбестовая геологоразведочная партия, преобразованная в ТОО «Асбестовое ГРП».

Непосредственный выход на дневную поверхность асбестоносных пород predetermined выбор методики изучения месторождения в первую стадию поисков: вся площадь месторождения была обследована геологическими маршрутами через 125–250 м. Картировочные скважины и мелкие шурфы проходились по сети 50–100 x 25–100 м. Общий объем поисковых шурфов составил 9503 пог. м. В дальнейшем на площадях выявления асбестоносных участков вкост их простираения проходились каналы для оконтуривания залежей. В результате были выявлены пять асбестовых залежей – Основная, Малая, Новая, Гейслеровская, Лидинская. Каналы проходились друг от друга на расстоянии 50–130 м, редко до 300 м. Длина каналов варьировала от 55 до 520 м. Кроме того, на Основной залежи по её простираению была пройдена

магистральная канава длиной 825 м. Глубина канав в среднем составляла 2 м, ширина с поверхности 1 м, у дна 0,5 м. Всего на месторождении было пройдено 79 канав. Гейслеровская залежь в связи с находящимися на ее территории городскими постройками с поверхности горными выработками не разведывалась, за исключением небольшого участка на юге, где пройдено 30 поисковых шурфов по сети 100 x 100 м. Объемы геологоразведочных работ, выполненные на Джетыгаринском месторождении в 1950–1965 гг., были следующими: проходка канав – 28 604 м³; проходка шурфов – 11 830 пог. м; проходка рассечек из шурфов – 200 пог. м; бурение скважин – 140 174 пог. м. В 1976–19998 гг. на этапе доразведки и поисковых работ объем бурения составил 42 561 пог. м, а в 1970–1998 гг. на этапе эксплуатационной разведки – 404 331 пог. м; всего – 587 066 пог. м.

С целью изучения характера оруденения, качественной характеристики волокна хризотил-асбеста и для отбора технологических проб в створе канав на Основной залежи в пределах разведочных линий № 16–20 были пройдены шурфы глубиной 10–20 м с рассечками длиной до 6 м. Сечение шурфов составляло 1,25 м², вертикальное сечение рассечек – 1,8 м². Часто вместо шурфов из-за нехватки крепёжного материала проходились дудки круглого сечения диаметром 0,9–1 м. Расстояние между глубокими шурфами или дудками составляло 25 м. Всего было пройдено 173 шурфа (дудки) общим объемом 2327 пог. м и 28 рассечек из них.

На глубину разведка залежей производилась вертикальными или наклонными скважинами колонкового бурения по разведочным линиям, совпадающими с линиями канав. Причем с 1963 г. разведка месторождения осуществлялась исключительно скважинами, без проходки разведочных горных выработок. Начальный диаметр скважин обычно равнялся 132 мм, конечный – 93 мм. Общий объем бурения скважин на месторождении в стадию разведки и доразведки составил 182 735 пог. м.

В стадию доразведки северного и юго-западного окончаний Основной залежи с помощью скважин были выявлены ещё четыре небольшие асбестовые залежи, которые по характеру асбестовых жил аналогичны ранее выявленным залежам Малой, Новой и Лидинской: на севере Промежуточная и Восточная залежи, на юго-западе Отдельная и За-

падная. Глубина разведки залежей месторождения разная. Основная залежь разведана на глубину свыше 800 м, Гейслеровская – на 258 м, Малая – на 455 м, Новая – на 406 м, Промежуточная – на 660 м, Восточная – на 500 м, Отдельная – на 360 м, Западная – на 500 м, Лидинская (до ее выклинивания) – до глубины 150 м..

В свое время для отнесения запасов месторождения к категории А сеть скважин на небольшой части Основной залежи до глубины 50 м составила 50х25 м. С глубины 50 м до 250–320 м Основная залежь и с поверхности Гейслеровская залежь разведаны по сети 50–100х20–50 м, что позволило отнести запасы к категории В. До глубины 400–690 м Основной залежи или до выклинивания других залежей разведка произведена по всем залежам кроме Промежуточной, по сети 130–200 х 90–200м и запасы отнесены к категории С₁. В дальнейшем, в процессе доразведки Основной залежи и эксплуатационной разведки часть запасов категории С₁ при сущении сети скважин была переведена в категорию В. Запасы, подвешенные на 100м по падению залежей за пределы разведанных по категории С₁, или опирающиеся на единичные скважины, отнесены к категории С₂.

2.2.2. ОПРОБОВАНИЕ, ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ПРОБ

Опробование месторождений полезных ископаемых является важнейшей составляющей промышленной оценки сырья и подсчета запасов полезных ископаемых. Кроме того, по результатам опробования выбирают способ и схему переработки полезных ископаемых на разрабатываемых месторождениях и решаются вопросы текущего планирования добычи. Методы отбора проб в горных выработках и объемы опробования зависят не только от вида выработок, но и от стадии геологоразведочных работ на месторождении.

На Джетыгаринском месторождении хризотил-асбеста на всех стадиях поисков и разведки опробовались все асбестоносные породы, вскрытые горными выработками и скважинами. Бороздовый, задирковый и валовый способы взятия проб применялись на месторождении на первоначальной стадии поисково-разведочных работ при проходке канав и шурфов для оконтуривания площадей распространения рудного

Таблица 6. Объемы опробования на Джетыгаринском месторождении хризотил – асбеста по этапам геологоразведочных работ

Виды опробования и выработок	Разведка 1950- 1965гг.	Доразведка 1976- 1985гг.	Эксплуат. Разведка 1970-98гг.	Дораз- ведка 1988- 1998гг.	Итого
Задирковые пробы из мелких шурфов	442				442
Бороздовые пробы из канав	2367				2367
Валовые пробы, пог. м:					
из глубоких шурфов и дудок	2327				2327
из рассечек	200				200
Керновые рядовые пробы	9513	3126	27168	285	40092
Технологические пробы:					
из шурфов и канав	29				29
из керна скважин		1	36	30	67
Отбор проб волокна	72				72
Петрографическое описание шлифов	825	587	2524		3936

тела, выбора участков детальной разведки и для промышленной оценки сырья. Керна картировочных скважин опробовался секционно. Мелкие шурфы на Основной и Лидинской залежах опробовались задирковым способом по дну забоя. Глубина задирки составила 0,3 м для получения начальной массы пробы 800–900кг. Всего по мелким шурфам отобраны 442 пробы (табл. 6).

В канавах, проходимых в стадию разведки всех, кроме Гейслеровской, асбестовых залежей, был применен бороздовый способ отбора проб по полезному ископаемому. Борозды длиной 4–5м и сечением 0,4 – 0,25 м задавались по дну канав. Начальная масса пробы равнялась 700–800 кг. Всего на Джетыгаринском месторождении было отобрано 2367 бороздовых проб. Глубокие шурфы и дудки глубиной 10–20 м, а также рассечки из них проходились на месторождении с отбором валовых проб по секциям через каждые 4 м методом кратной бады. Рядовые валовые пробы достигали по массе 6 т. Они, в свою очередь, шли на формирование технологических проб массой от 30 до 200т. Всего на

месторождении для отбора валовых проб пройдено 2327 пог. м глубоких шурфов (дудок) и 200 пог. м рассечек из них.

По геологоразведочным скважинам опробование керна проводилось секционнo. В пробу поступал весь керн с интервала 10–15 м, масса пробы достигала 100–130 кг. Длина пробы определялась с учетом типов асбестизации, качества асбеста и стадии геологоразведочных работ. В стадию поисков и разведки интервал опробования керна скважин составлял в основном 10 м, в стадию эксплуатационной разведки – 15м, что равнялось высоте уступа карьера. В местах развития бедной асбестизации типа просечек в стадию разведки длина секции достигала 50 м, в ней в пробу отбирался керн с метрового интервала через каждые 4 метра. Всего за время изучения месторождения до 1.01.1999 г. были отобраны 40 092 рядовые керновые пробы на асбест, в том числе по скважинам эксплуатационной разведки 27 168 проб. Для получения достоверных данных при опробовании керна очень большую роль играет представительность керновых проб, которая в значительной степени зависит от диаметра бурения скважин и процента выхода керна. В свое время на месторождении были проведены специальные геологоразведочные работы по изучению влияния диаметра бурения скважин на результаты анализов керновых проб, которые показали, что наибольшая представительность проб обеспечивается при бурении скважин диаметром 93 мм.

Для определения технологических показателей и схемы обогащения руд, выхода товарных сортов волокна, а также для определения качества асбеста в процессе проведения геологоразведочных работ формировались технологические пробы. Для этого использовались валовые пробы и оставшийся после сокращения (квартовки) материал отобранных рядовых проб. Всего на месторождении было сформировано 96 технологических проб, отобранных из геологоразведочных выработок, в том числе 67 проб из керна скважин. Кроме технологических проб, представленных рудой, отбирались многочисленные пробы волокна асбеста для испытания их в специзделиях. Изучением обогатимости руд занимались ВНИИпроектасбест, НИИасбестцемент, а волокно испытывалось в НИИасбестцементе, на Сухоложском цементном заводе, на комбинате «Красный строитель» (Московская обл.), в лаборатории Уральского государственного университета.

Отобранные в горных выработках и на буровых скважинах пробы подвергались обработке, при которой наиболее ответственными операциями являются дробление и сокращение проб. Схема обработки проб включает сведения о начальных и конечных размерах кусков руды и массе сокращенных проб, связь между которыми выражена формулой Ричардса-Чечетта: $Q=kd^2$, где Q – масса пробы в кг; d – наибольший размер кусков руды в мм; k – коэффициент, зависящий от равномерности распределения содержания асбеста в руде и определяемый экспериментально; для руд хризотил-асбеста $k=0,1$.

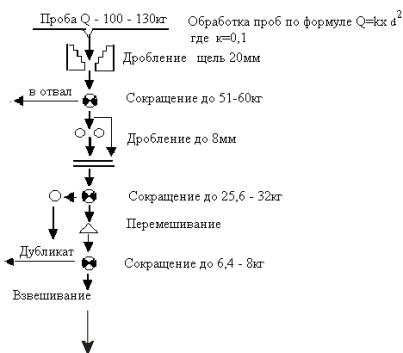
Исходная проба весом 100–130 кг дробилась, просеивалась и сокращалась квартованием по определенным стадиям на основную пробу и дубликаты в соответствии со схемой, приведенной на рис.17. Начальное дробление пробы проводилось в щековой дробилке при щели 20 мм. После сокращения веса пробы до 40 кг (минимально допустимая масса при данном размере кусков руды) она измельчалась на валковой дробилке до кусков размера 8 мм. Затем после перемешивания путем последовательного квартования проба делилась на основную пробу и дубликаты, масса которых доводилась в процессе сокращения до 6,4–8 кг. Основная проба сушилась, взвешивалась и направлялась на анализ в лабораторию, а дубликаты – на внутренний и внешний геологический контроль или на хранение на случай повторных анализов.

Первоначально пробы анализировались в лабораториях Джетыгаринской ГРП (преобразованной в Мечетную ГРЭ) и комбината «Кустанайасбест», с 1975 г. – в лаборатории ТОО «Асбестовое ГРП». Специфичность определения содержания асбестового волокна в руде связана с тем, что асбест по химическому составу практически не отличается от вмещающих пород. Поэтому вместо химического анализа, выделенное механическим способом волокно асбеста, необходимо подвергнуть анализу на содержание в нем асбестовых волокон разной длины. Механический анализ определения выхода асбеста при ведении геологоразведочных работ осуществляется двумя методами – геологическим и горным. До 1985 г. асбестовые пробы анализировались в основном геологическим методом, при котором определялось общее содержание асбестового волокна в руде и распределение его по геологическим сортам с I по VII в зависимости от длины волокна асбеста: I сорт – 18-16 мм,

II сорт–12 мм, III сорт– 9 мм, IV сорт – 5,5 мм, V сорт – 2,5 мм, VI сорт – 1,5 мм, VII сорт – 0,7 мм. По результатам геологического анализа были подсчитаны и утверждены ГКЗ СССР все запасы Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста. Наряду с геологическим анализом часть проб анализировалась горным методом, который проводился на комплекте сит контрольного аппарата с целью установления соответствия асбестового волокна стандарту на товарный асбест.

С 1985 г. на основании рекомендаций ГКЗ СССР институтами ВНИИпроектасбест, ВНИИгеолнеруд, ПГО “Уралгеология” была разработана новая “Методика определения содержания хризотил-асбеста” (1984 г., 1999 г.), предусматривающая единый для геологоразведочных работ и эксплуатации метод оценки содержания асбеста и длины волокна в пробе [101]. Сущность метода, в основу которого был положен горный анализ, заключается в извлечении волокна класса +0,5 мм по определенной технологической схеме (см. рис.17) с последующим его рассевом на контрольном аппарате и выделением классов крупности волокна (фракций). Размеры ячеек сеток на ситах контрольного аппарата приведены в табл. 7.

Упразднение понятия “геологические сорта” и переход на новую единую методику промышленной оценки руды, в свою очередь, вызвали необходимость пересчета запасов месторождений хризотил-асбеста с семи геологических сортов на четыре класса крупности волокна в зависимости от его длины.



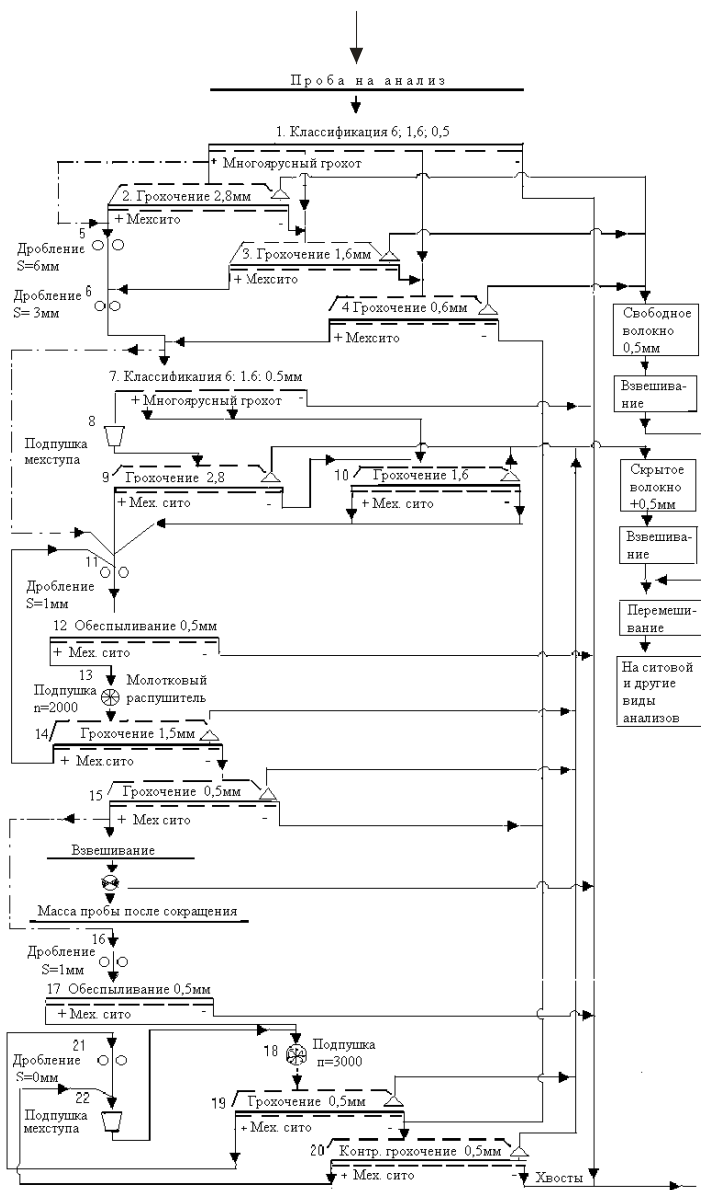


Рис. 17. Схема обработки и анализа керновых проб на определение содержания асбеста класса + 0,5 мм. Пунктир – перечистка волокна, штрих-пунктир – для рядовых руд

Таблица 7. Размеры стороны ячейки в свету на ситах контрольного аппарата

Номер сита (сверху вниз)	Класс крупности волокна, мм (фракция)	Размер стороны ячейки в свету, мм	Диаметр проволоки, мм
1	+12,7	12,7	2,67
2	-12,7 - +4,8	4,8	1,6
3	- 4,8 - +1,35	1,35	1,19
4	- 1,35 - +0,4	0,4	0,25
Сплошное дно	-0,4		

Во все стадии геологоразведочных работ на месторождении систематически отбирались пробы на внутренний и внешний геологический контроль из дубликатов основных проб в количестве до 6% от проанализированных проб. Внешний геологический контроль осуществлялся в разное время лабораториями Киембаевской и Баженовской ГРП и в институте ВНИИпроектасбест. Обработка анализов внутреннего и внешнего геологического контроля производилась ежегодно по классам крупности волокна (геологическим сортам) и по классам содержаний. Согласно методическим указаниям № 16 [100], а ранее согласно соответствующим инструкциям при внутреннем геологическом контроле определялась относительная среднеквадратическая погрешность, при внешнем контроле – систематическое расхождение.

По результатам обработки анализов внутреннего геологического контроля за 1975– 1998 гг. разведки месторождения относительная среднеквадратическая погрешность анализов не превышала предельных значений, указанных в “Методике ...” [101].

При внешнем геологическом контроле оценка значимости систематического расхождения определялась с помощью критерия Стьюдента и по критерию знаков. Обработка анализов внешнего контроля постоянно свидетельствовала о том, что имеющиеся погрешности рядовых анализов в основном незначимы и поэтому результаты рядовых анализов могут быть использованы для подсчета запасов без введения поправочного коэффициента. Кроме того, сравнение результатов анализов проб по геологоразведочным работам с данными ДСК (дробильно-сортировочного комплекса фабрики комбината «Кустанайасбест»)

**Таблица 8. Сопоставление результатов анализов проб
по геологоразведочным работам с данными ДСК**

Год	Переработано сырой руды цехом обога- щения, млн.т	Содержание асбеста в исходной руде, %		Коэффициент перехода от α ДСК к α геол.
		по опробованию в ДСК (α ДСК)	по геологическому учету (α геол.)	
1965	1,26	3,68	3,53	1,04
1966	2,36	3,94	3,90	1,01
1967	2,94	3,34	4,08	0,82
1968	2,93	4,20	4,80	0,88
1969	3,40	4,16	4,36	0,95
1970	3,46	4,12	4,50	0,92
1971	3,61	4,33	4,33	1,00
1972	4,05	4,72	4,35	1,08
1973	4,73	4,68	4,32	1,08
1974	7,07	4,26	4,22	1,01
1975	10,70	4,21	4,07	1,03
1976	11,17	4,33	4,14	1,05
1977	11,20	4,48	4,03	1,11
1978	10,70	4,16	4,08	1,02
1979	10,70	4,05	4,03	1,00
1980	10,70	4,01	3,78	1,06
1981	9,80	3,97	3,92	1,01
1982	9,60	3,97	3,92	1,01
1983	9,30	3,23	3,32	0,97
1984	8,10	3,65	3,71	0,98
1985	6,90	3,71	3,77	0,98
1986	6,90	3,89	3,85	1,01
1987	6,80	3,73	3,69	1,01
1988	7,60	3,66	3,71	0,99
1989	7,40	4,01	3,83	1,05
1990	8,00	3,92	3,93	1,00
1991	7,50	4,03	4,09	0,99
1992	5,50	4,16	4,17	1,00
1993	4,10	4,39	4,25	1,03
1994	2,80	3,84	3,77	1,02
1995	3,30	3,83	3,88	0,99
1996	3,10	3,89	3,82	1,02
1997	3,00	4,13	3,94	1,05
1998	2,50	3,50	3,65	0,96

Итого 213,18

Средневзвешенное

4,01

3,97

1,01

по руде, поступающей на обогатительную фабрику, за весь период эксплуатации месторождения показало хорошую сходимость. Коэффициенты перехода от содержания асбеста класса +0,5мм в руде по данным ДСК к содержаниям в руде по геологическим данным за 1965–1998гг. варьируют от 0,82 до 1,11, составляя в среднем 1,01 (табл. 8).

Кроме асбестовых проб на месторождении отбирались пробы из вмещающих и вскрышных пород для изучения их физико-механических и химических свойств при оценке использования в качестве сырья в производстве форстеритовых изделий и строительного материала. Всего было отобрано 488 проб, испытания которых проводились в лаборатории управления “Севказгеология” и в Институте огнеупоров. Институт пришел к выводу, что серпентиниты с 25% надбавкой магнезитового порошка пригодны для насадок мартеновских печей. Вскрышные породы могут быть использованы как строительный камень, так и в качестве щебня, бута, наполнителей в бетон и кирпич, и для дорожного покрытия.

2.2.3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ДИАМЕТРА БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Разведка месторождений хризотил-асбеста проводится вертикальными и наклонными скважинами колонкового бурения. Начальный диаметр определяется в зависимости от глубины скважины, а конечный – не менее 93 мм, переход на меньший диаметр допускается в случае аварии скважины. Достоверность применения диаметра бурения скважин подтверждается положительными результатами эксплуатации месторождения. Расхождения по содержанию асбеста в руде на фабрике с данными геологии практически отсутствуют (см. табл.8). Для определения оптимальности применения диаметра бурения 93 мм в 1987–1988 гг. на Джетыгаринском месторождении были проведены специальные экспериментальные буровые работы с меньшим конечным диаметром. Возможность снижения диаметра бурения позволила бы увеличить экономическую эффективность буровых работ. Скважины диаметром 93 и 76 мм задавались путем чередования их друг с другом по сети 25x10 м на горизонтах (+185 м) – (+35 м) в центре и на юге Основной залежи. Общий объем работ по бурению малым диаметром составил

**Таблица 9. Сопоставление результатов бурения большим
и малым диаметром скважин эксплуатационной разведки**

Показатели	Кол-во проб	Содержание хризотил – асбеста, %		Абсолютное расхождение, %	Относительное расхождение, %
		Диаметр 93мм	Диаметр 76мм		
Одиночные жилы					
Класс +0,5мм	9	3,62	2,66	-0,96	-26,5
в т.ч. 2 сито		3,14	2,32	-0,82	-26,1
3 сито		54,4	55,29	+0,89	+1,6
Выход керна		87,4	86,4	-1,00	-1,1
Сложные жилы					
Класс +0,5мм	22	4,82	4,19	-0,63	-13,1
в т.ч. 2 сито		1,57	0,8	-0,77	-49,0
3 сито		57,06	48,64	-8,42	-14,8
Выход керна		86,80	82,5	-4,30	-5,0
Крупная сетка					
Класс +0,5мм	12	3,94	2,01	-1,93	-49,0
в т.ч. 2 сито		2,55	1,9	-0,65	-25,5
3 сито		58,1	54,3	-3,80	-6,5
Выход керна		88,0	83,1	-4,90	-5,6
Мелкая сетка					
Класс +0,5мм	14	2,33	1,77	-0,56	-24,0
в т.ч. 2 сито		0,34	0,54	+0,20	+37,0
3 сито		44,2	40,61	-3,59	-8,1
Выход керна		85,6	83,3	-2,3	-2,7
Просечки					
Класс +0,5мм	22	0,46	0,44	-0,02	-4,3
в т.ч. 2 сито		-	-		
3 сито		-	-		
Выход керна		85,9	80,5	-5,4	-6,3
Всего					
Класс +0,5мм	79	2,90	2,49	-0,41	-14,1
в т.ч. 2 сито		1,74	1,17	-0,57	-32,8
3 сито		52,05	47,25	-4,8	-9,2
Выход керна		86,6	82,6	-4,0	-4,6

1511 пог. м, отобрано 100 проб на асбест. По результатам бурения было проведено сопоставление результатов анализов проб соседних скважин, пройденных обычным диаметром 93 мм и малым диаметром 76 мм. Причем сопоставлялись пробы отдельно по типам асбестоносности и вследствие того, что не все соседние интервалы скважин вскрыли руду с одинаковым типом асбестоносности, отдельные пробы остались не охваченными сопоставлением. Всего в сопоставлении результатов анализов участвовало по 79 проб. Сопоставление показало (табл. 9), что в зависимости от типа асбестоносности малый диаметр дает по классу +0,5мм занижение результатов анализов в пределах 4,3–49,0 отн. %, составляя в среднем 14,1%. По 2-му ситы (класс крупности +4,8 мм) малый диаметр зерна по рудам одиночных и сложных жил и крупной сетки дает занижение содержания асбеста от 25,5 до 49,0 %, а по мелкосетчатым рудам – завышение на 37,0 %, составляя по сумме всех типов руд в среднем занижение анализов на 32,8 %. По 3 ситы [класс крупности (-4,8) – (+1,35 мм)] наибольшее занижение (14,8%) результатов анализов проб из зерна малого диаметра наблюдается в рудах сложных жил в среднем составляя 9,2 %.

Выход зерна в скважинах, пройденных малым диаметром, также ниже, чем в скважинах диаметра 93 мм. Занижение составляет в среднем 4,6 отн. %, причем самое большое расхождение в выходе зерна наблюдается в крупносетчатой руде – 5,6%. Уменьшение выхода зерна объясняется большей раздробленностью зерна меньшего диаметра, что, в свою очередь ведет к избирательной истираемости зерна при проходке скважин. Происходит вымывание буровым раствором волокна жилок хризотил-асбеста, по которым, в основном, происходит дробление зерна. По этой же причине затруднено, а порой и не возможно, визуальное описание типов асбестоносности по зерну скважин, пройденных диаметром менее 93 мм. Таким образом, бурение скважин малым диаметром делает непредставительными пробы, отбираемые из зерна, поэтому дальнейшее применение диаметра 76 мм при разведке месторождения признано нецелесообразным. Идентичные работы были проведены на Киембаевском месторождении хризотил-асбеста, которые дали такие же результаты. Следовательно, конечный диаметр 93 мм для бурения скважин на хризотил-асбест является достоверным и оптимальным.

2.2.4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПЛОТНОСТИ РАЗВЕДОЧНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ДЕТАЛЬНОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКЕ

Опыт разведочных работ на Джетыгаринском месторождении позволил произвести анализ плотности разведочных сетей буровых скважин и предложить некоторые изменения в них.

В соответствии с классификацией запасов твердых полезных ископаемых Джетыгаринское месторождение хризотил-асбеста относится к месторождениям второй группы сложности, которые приурочены к массивам ультрамафитов и залежи которых характеризуются изменчивой мощностью, зональным строением и неравномерным распределением волокна асбеста [46, 80]. Согласно инструкции [80] для залежей Основной и Гейслеровской рекомендуемая разведочная сеть скважин для подсчета запасов по категориям В и C_1 составляет 100x50 и 200x100 м соответственно. Такая сеть и была применена при их разведке. Для других залежей рекомендуемая сеть скважин для запасов категории C_1 составляет 100x50 м. Однако расстояния между скважинами на залежах Малой, Новой и Лидинской составляют по простиранию 75–407 м, по падению 50–240 м. Такие расстояния слишком велики, что подтвердилось при разведке Промежуточной, Отдельной и Западной залежей. Сложное геологическое строение и небольшие размеры залежей не позволили применять такую сеть для подсчета запасов по категории C_1 . Подчеркнем, что правильность разведки месторождения и достоверность подсчитанных запасов руды и асбеста прежде всего зависят от разведочной сети, от того, как она учитывает изменчивость морфологии рудного тела и условия его залегания, характер и степень изменчивости содержания асбеста в пределах залежи [31, 95, 114].

Анализ плотности сети геологоразведочных выработок на Джетыгаринском месторождении хризотил-асбеста впервые был выполнен под руководством К. К. Золоева в 1965 г. методами математической статистики и разрежения разведочной сети. Особое значение придавалось изучению изменчивости коэффициента вариации основных параметров оруденения (содержания асбеста, мощности рудного тела и т. д.), а также корреляционной связи содержания асбеста и мощности рудного тела. Обобщение материалов по крупным месторождениям хризотил-

асбеста (Баженовское, Джетыгаринское, Киембаевское и др.) позволили К. К. Золоеву [66] выделить основные геологические критерии для обоснования плотности сети геологоразведочных выработок, главнейшими среди которых являются морфология рудного тела и характер асбестонности.

Анализ изменчивости коэффициента вариации содержания асбеста и мощности тела в пределах залежей Гейслеровской и Основной показал значительное изменение их величины от линии к линии (рис.18,19). В южной части Основной залежи, где развиты аподунитовые серпентиниты, коэффициент вариации содержания асбеста достигает максимальной величины – 95 %.

Специальные исследования по обоснованию и выбору оптимальной сети для подсчета запасов категорий В и С₁, а также для эксплуатационной разведки и опробования на примере детально изученной Основной

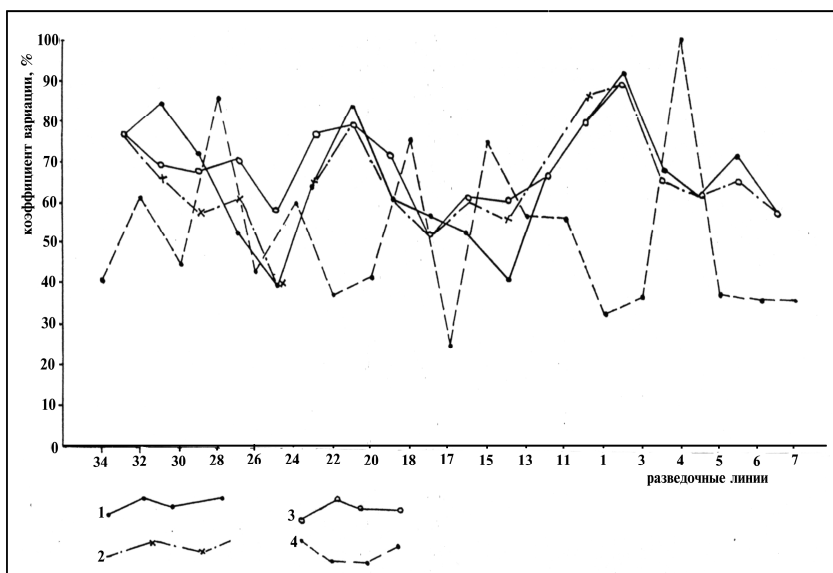


Рис. 18. Изменение коэффициентов вариации по Гейслеровской залежи: 1-3 – коэффициенты вариации содержаний асбеста в залежи: 1 – вкрест простиранья, 2 – по падению, 3 – по простиранью; 4 – коэффициента вариации мощности рудного тела по простиранью.

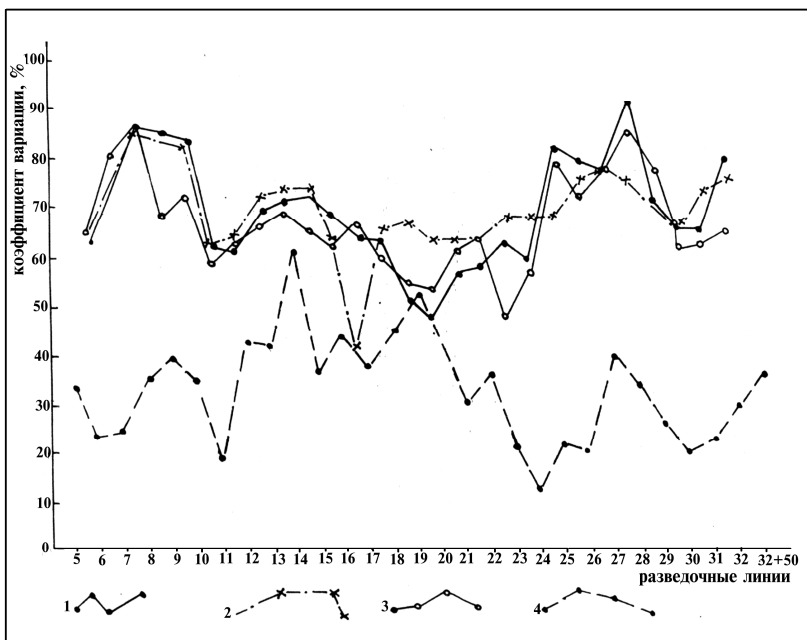


Рис. 19. Изменение коэффициентов вариации по Основной залежи: 1-3 – коэффициенты вариации содержаний асбеста в залежи: 1 – вкрест простирания, 2 – по падению, 3 – по простиранию; 4 – коэффициента вариации мощности рудного тела по простиранию

залежи методом разрежения разведочной сети оказались более достоверными по сравнению с методами математической статистики [30, 31, 95, 116]. При анализе достоверности запасов допустимые отклонения для категорий В и С₁ приняты 15 и 30–40% соответственно.

Далее приводится анализ плотности разведочной сети методом сопоставлений данных детальной разведки и эксплуатации. В 1965 г. началась эксплуатация открытым способом самой крупной на месторождении залежи Основной. Для уточнения распределения содержания асбеста в эксплуатационных горизонтах и выемочных блоках проводилась эксплуатационная разведка по сети скважин 50x20 м с последующим сущением до 25x0 м, частично до 12,5x10 м за счет бурения скважин эксплуатационного опробования. В результате эксплуата-

ционной разведки и опробования, а также документации бортов карьера были выявлены усложнения геологического строения южной части залежи и значительные отклонения запасов по сравнению с подсчитанными при детальной разведке, что связано с неравномерным распределением содержания асбеста и изменчивой мощностью рудного тела, которые обусловлены развитием здесь крупных тел аподунитовых серпентинитов и пород полосчатого комплекса.

Для определения достоверности подсчитанных запасов нами было проведено сопоставление данных детальной разведки и эксплуатации за 1965–1980 гг.. В качестве данных детальной разведки использованы отработанные запасы руды и асбеста из контуров утвержденных запасов в границах карьера по состоянию на 01.01. 1981 г. В связи с тем что эксплуатация залежи ведется горизонтальными слоями, для исключения влияния другого метода подсчета, запасы, определенные при детальной разведке, также пересчитаны методом горизонтальных сечений. Для проверки точности подсчета отработанных запасов по данным детальной разведки методом горизонтальных сечений, эти же запасы подсчитаны по методу вертикальных разрезов, как это было сделано при подсчете утвержденных запасов.

Сопоставление отработанных запасов, подсчитанных по данным детальной разведки методом вертикальных разрезов и горизонтальных сечений, показали незначительные расхождения по всем параметрам (табл. 10) и, следовательно, при дальнейшем изложении будет использовать отработанные запасы, подсчитанные по данным детальной разведки методом горизонтальных сечений. Запасы по данным эксплуатации определены прямым подсчетом в контурах залежи, установленных непосредственно в результате эксплуатационных работ. Они практически не отличаются от результатов рудничного учета (табл. 11). При подсчете принимались во внимание данные всех скважин детальной разведки, эксплуатационной разведки и опробования, а также результаты описания бортов карьера, как это делается при определении содержания асбеста и оконтурования руд в выемочных блоках. Достоверность определения содержаний вышеуказанным путем подтверждена данными опробования поступавшей на фабрику руды.

Таблица 10. Сопоставление отработанных запасов по данным детальной разведки, подсчитанных методами вертикальных разрезов и горизонтальных сечений

Методы подсчета запасов	Запасы, тыс. т.		Содержание асбеста I-VI сортов, %
	руды	асбеста	
Горизонтальных сечений	110797	4451	4,02
Вертикальных сечений	107219	4302	4,01
Отклонение, %	+ 3,33	+ 3,46	+ 0,25

Таблица 11. Сопоставление отработанных запасов по данным рудничного учета и прямого подсчета

Показатели	Запасы, тыс. т.		Содержание асбеста I-VI сортов, %
	руды	асбеста	
Отработано на 1.01.1981 г.	123448	4759	3,85
Погашенные отработанные запасы по данным прямого подсчета	122789	4505	3,67
Отклонения, %	- 0,5	- 5,3	- 4,7

Сопоставление данных эксплуатации и детальной разведки проводилось в двух вариантах отдельно по участкам: к северу от линии 23, где залежь сложена в основном серпентинизированными гарцбургитами и серпентинитами по ним, и к югу от линии 23, где геологическое строение осложнено серпентинизированными дунитами и серпентинитами по ним. В первом варианте данные сравнивались только в контурах утвержденных запасов без учета прироста запасов за счет законтурных руд по данным эксплуатации (табл. 12), а во втором сопоставлялись запасы, подсчитанные в контурах детальной разведки, с запасами в контурах, установленных по данным эксплуатации (табл. 13). В обоих случаях результаты сопоставления показали хорошую сходимость для участка к северу от линии 23. По участку, расположенному к югу от линии 23, расхождения по руде и асбесту составили соответ-

Таблица 12. Сопоставление отработанных запасов по данным детальной разведки и эксплуатации в контурах, установленных детальной разведкой

Показатели	Запасы, тыс. т.		Содержание асбеста I-VI сортов, %
	руды	асбеста	
Подтвердившиеся в результате эксплуатации запасы в контурах, установленных детальной разведкой, всего	97878	4089	4,18
В том числе:			
к северу от линии 23	78720	3426	4,36
к югу от линии 23	19158	663	3,46
Запасы в контуре, установленном детальной разведкой, всего	110797	4451	4,02
В том числе:			
к северу от линии 23	85679	3541	4,13
к югу от линии 23	25118	910	3,62
Отклонения данных детальной разведки от данных эксплуатации, %, всего	+13,2	+8,9	-3,8
В том числе:			
к северу от линии 23	+ 8,8	+ 3,4	- 5,1
к югу от линии 23	31,1	+ 37,3	+ 4,6

ственно в первом варианте 31,1 и 37,3 %, а во втором – 10,5 и 23,5 %, что является слишком высоким для запасов категории В. Контур залежи, установленный в результате эксплуатации к северу от линии 23, с небольшими уточнениями повторяет контур, отстроенный по данным детальной разведки, а к югу от линии 23 по данным эксплуатации залежь имеет более сложную конфигурацию (рис. 20).

Сопоставление данных детальной разведки в контурах запасов категории С₁, опирающихся на сеть скважин 200x100 м, с запасами, подсчитанными в слое 185–110 м по данным всех скважин (детальной разведки, эксплуатационной разведки и опробования), показало также

Таблица 13.Сопоставление отработанных запасов Основной залежи по данным детальной разведки и эксплуатации

Показатели	Запасы, тыс. т.		Содержание асбеста I-VI сортов, %
	руды	асбеста	
Отработанные запасы по данным эксплуатации, всего	109765	4360	3,99
В том числе:			
к северу от линии 23	87025	3623	4,16
к югу от линии 23	22740	737	3,26
Отработанные запасы по данным детальной разведки, всего	110797	4451	4,02
В том числе:			
к северу от линии 23	85679	3541	4,13
к югу от линии 23	25118	910	3,62
Отклонения данных детальной разведки от эксплуатации в %, всего	+1,0	+2,1	+0,8
В том числе:			
к северу от линии 23	- 1,5	- 2,3	- 0,7
к югу от линии 23	+ 10,5	+ 23,5	+ 11,0

значительные расхождения на юге залежи (41 % по запасам асбеста) (табл. 14). Следовательно, разведочная сеть 100x50 и 200x100 м для запасов категорий В и С₁ соответственно, применяемая на участке к северу от линии 23, где залежь сложена серпентинизированными гарцбургитами и серпентинитами по ним, с более или менее равномерным содержанием энстатита (бастита), является надежной [51]. Размеры, изменчивая мощность и крутой угол падения залежи не позволяют увеличить расстояние между скважинами как по простиранию, так и вкrest него, поскольку это может привести к значительным расхождениям. Поэтому предложенную сеть можно считать оптимальной.

На участке к югу от линии 23, представленном часто перемежающимися апогарцбургитовыми и аподунитовыми серпентинитами с резко

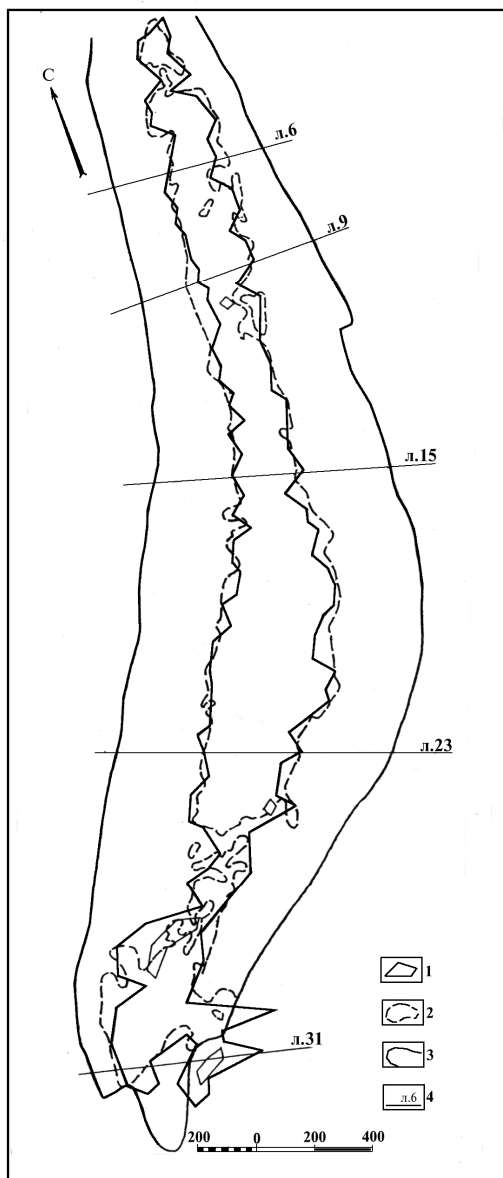


Рис. 20. **Контуры Основной залежи:** 1, 2 – контуры залежи по данным: 1 – детальной разведки, 2 – эксплуатации; 3 – контур карьера; 4 – разведочная линия, ее номер

Таблица 16. Сопоставление запасов по данным детальной разведки и эксплуатации в слое 185-110 м в контурах запасов категории С₁

Показатели	Запасы, тыс. т.		Содержание асбеста I-VI сортов, %
	руды	асбеста	
Запасы по данным детальной разведки по категории С ₁ , всего	41905,1	1472,5	3,51
В том числе:			
к северу от линии 23	16997,2	653,0	3,84
к югу от линии 23	24907,9	819,5	3,29
Запасы по данным всех скважин (детальной разведки, эксплуатационной разведки и опробования) в контурах категории С ₁ всего	40669,0	1169,0	2,87
В том числе:			
к северу от линии 23	17292,0	587,6	3,40
к югу от линии 23	23377,0	581,3	2,49
Отклонение данных детальной разведки от результатов, полученных по всем скважинам, всего	+3,0	+26,0	+22,3
В том числе:			
к северу от линии 23	- 1,7	+ 11,1	+ 12,9
к югу от линии 23	+ 6,5	+ 41,0	+ 32,1

изменчивым содержанием энстатита (бастита), разведочная сеть 100x50 и 200x100м соответственно для запасов категорий В и С₁ недостаточна. Здесь требуется сгущение сети скважин, так как безрудные серпентиниты обычно составляют участки размером менее 100–200 м по простиранию и 50–100м вкрест него. Применение указанной сети скважин не позволяет их выявить и оконтурить.

Анализ плотности разведочной сети методом разрежения. Плотность разведочной сети зависит от сложности геологического строе-

ния залежи, ее размеров, степени изменчивости морфологии и содержания асбеста. Изменчивость залежей по указанным параметрам требует применения различной разведочной сети по отдельным залежам месторождения, а результаты эксплуатации Основной залежи Джетыгаринского месторождения за 1965–1980 гг. показали необходимость применения дифференцированной разведочной сети к отдельным участкам залежи.

Анализ плотности и выбор оптимальной разведочной сети методом разрежения произведен по двум вышеназванным участкам в слое 245–230 м (глубина 55–70 м), в пределах которых плотность разведочной сети скважин составляет 12,5х10 м. Выбор оптимальной разведочной сети на участке к северу от линии 23 производился только для эксплуатационной разведки и опробования, а к югу от линии 23 – как для детальной разведки (по категориям В и С₁), так и для эксплуатационной разведки и опробования.

В качестве эталона приняты результаты, полученные по разведочной сети 12,5х10 м. Для объективности разрежение сети скважин проводилось в той же последовательности, в которой осуществлялось сущение ее при бурении. С эталоном сравнивались не только запасы руды и асбеста, но и изменение морфологии рудного тела.

Выбор оптимальной разведочной сети для детальной разведки методом разрежения сделан на примере южной части Основной залежи месторождения Джетыгара, поскольку в северной части результаты эксплуатационной разведки подтвердили достоверность запасов категории В и С₁, опирающихся на разведочную сеть 100х50 и 200х100 м. Изменение морфологии рудного тела иллюстрируется рисунками 21, 22. Анализ экспериментальных подсчетов запасов и изменение морфологии залежи на основе разведочных сетей позволяет определить для юга Основной залежи следующие оптимальные разведочные сети: для категории В – 50х40 (50х50) м, для категории С₁ – 100х80 (100х100) м [51]. Уменьшение расстояния между профилями на юге залежи вдвое по сравнению с северной частью является следствием небольшой протяженности по простиранию тел аподунитовых безрудных серпентинитов. Однако последние довольно выдержано прослеживаются по падению залежи, что позволяет сохранить расстояния между скважинами на

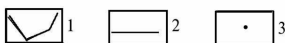
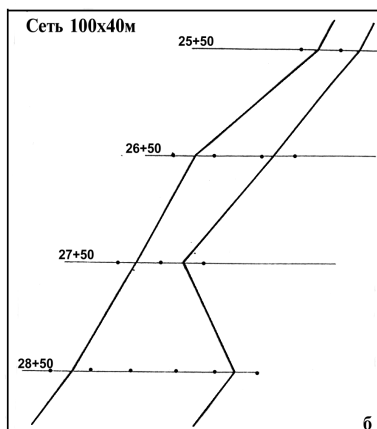
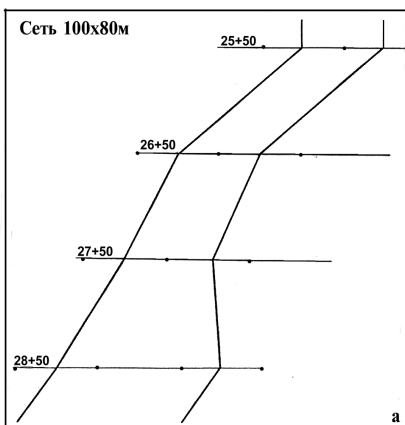
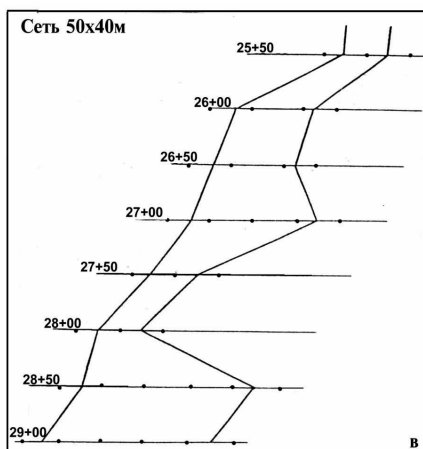


Рис. 21. Контуры Основной залежи к югу от разведочной линии 23, составленные на основе разведочных сетей: а - 100x80 м, б - 100x40 м, в - 50x40 м: 1 - контур залежи; 2 - разведочная линия, 3 - буровые скважины



разведочных линиях такими же, как в северной половине залежи. Расчетами подтверждена правильность применения разведочной сети 100x100 м для подсчета запасов категории C_1 при доразведке глубоких горизонтов Основной залежи к югу от линии 23, которая позволяет выявить закономерности распространения аподунитовых тел на глубину и оконтурить их. Результаты анализа плотности разведочной сети методами сопоставления данных детальной разведки с эксплуатацией

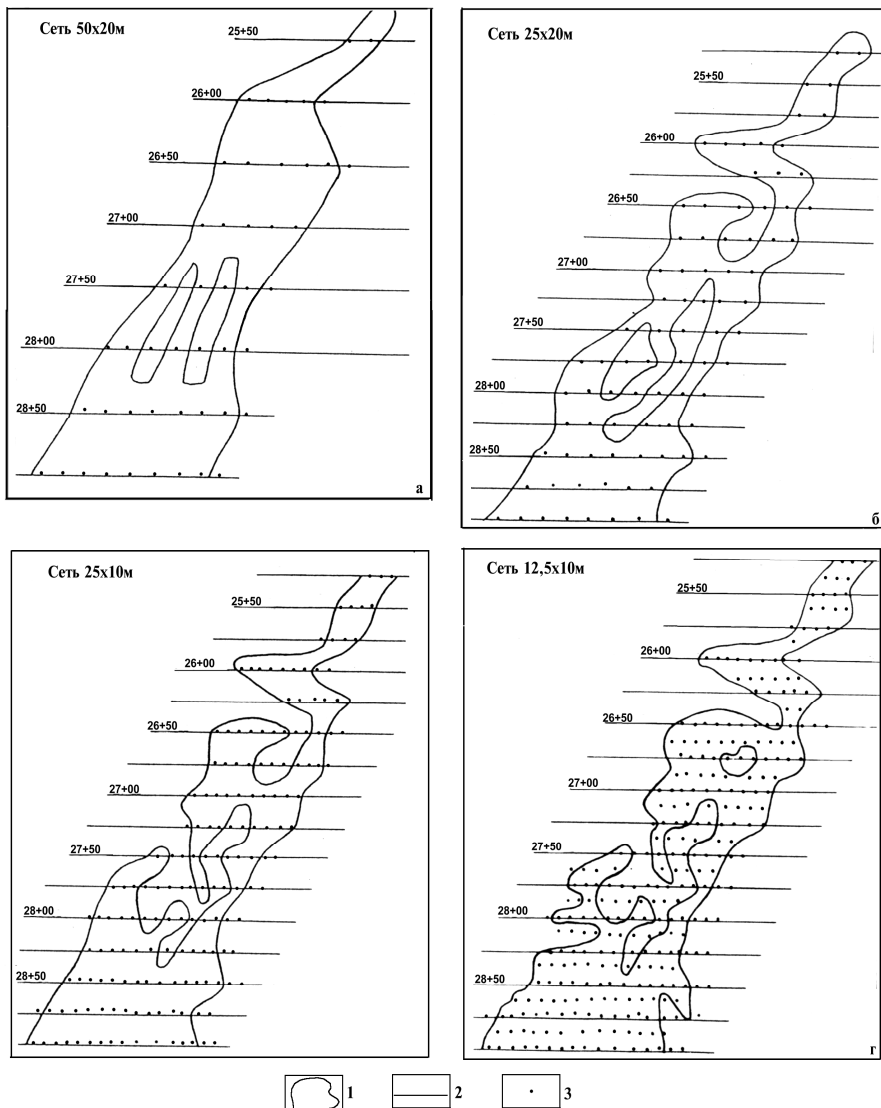
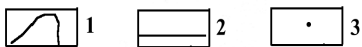
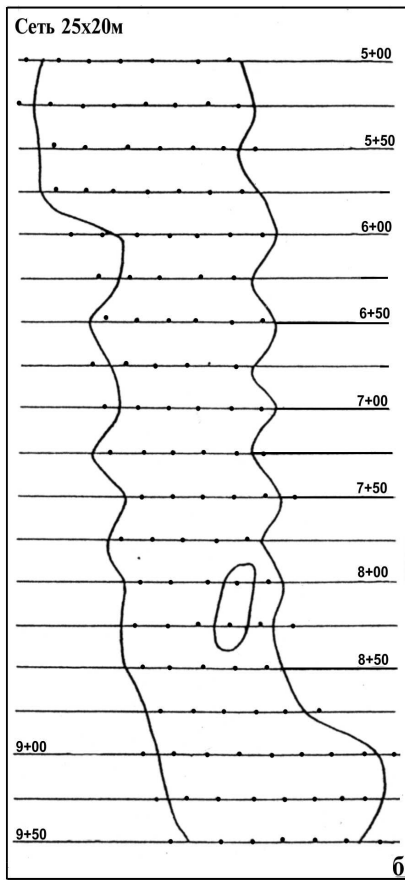
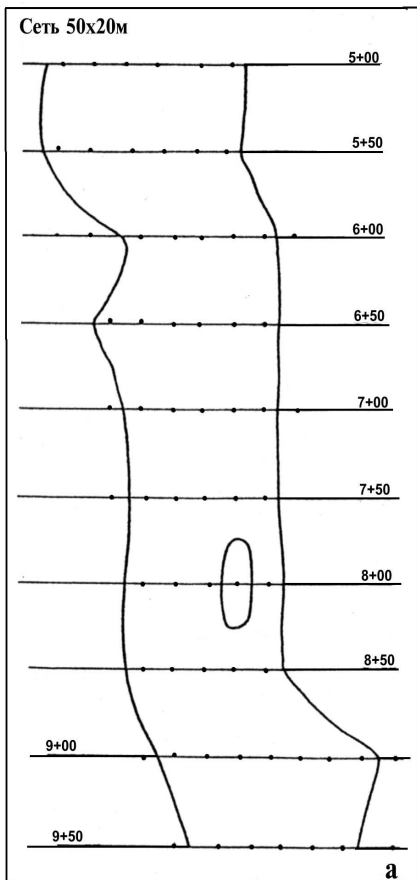


Рис. 22. Контуры Основной залежи к югу от разведочной линии 23, составленные на основе разведочных сетей: а – 50 х 20 м, б – 25 х 20 м, в – 25 х 10 м, г – 12,5 х 10 м: 1 – контур залежи, 2 – разведочная линия, 3 – буровые скважины

и разрежения разведочной сети в пределах Основной залежи показывают на необходимость применения дифференцированной разведочной сети по категориям В и С₁ для отдельных залежей и даже их участков.

Плотность разведочной сети для эксплуатационной разведки и опробования методом разрежения определялась на примере залежи Основной Джетыгаринского месторождения. Как известно, эксплуатационная разведка по степени детальности подразделяется на две стадии: собственно эксплуатационную разведку и эксплуатационное опробование. Эксплуатационная разведка проводится в целях уточнения качественной характеристики руд по содержанию асбеста класса +0,5 мм (I - VI сортов), морфологии рудного тела, контуров распределения асбестоносности и разновидностей вмещающих пород, на основании чего выделяются типы руд по обогатимости. Результаты эксплуатационной разведки используются для планирования объемов добычных работ по годам и в целом, что требует высокой достоверности этих работ. Эксплуатационное опробование уточняет качество руд в пределах выемочных блоков,готавливаемых для отработки в течении года, месяца, недели и суток, что позволяет вести оперативное планирование добычи руды.

Инструкцией [47] максимальная сеть для эксплуатационной разведки и опробования ограничивается 50x20 и 25x10 м соответственно. Степень разведанности верхних горизонтов Основной залежи скважинами эксплуатационной разведки и опробования довольно неравномерная. До глубины 55–70 м согласно проекту отработки месторождения, составленному Гипрорудой, скважины эксплуатационной разведки пробурены по сети 25x10 м, а скважины эксплуатационного опробования – по сети 12,5x10 м. Далее на глубину сеть скважин эксплуатационной разведки была разрежена до плотности 50x20 м, а эксплуатационного опробования – до плотности 25x10 м, при этом эксплуатационное опробование проводилось с неполным охватом площади залежи. До глубины 100 м охваченность Основной залежи скважинами эксплуатационного опробования составила 90%, а до глубины 150–200 м – всего 30–40 %. Если учесть, что результаты эксплуатации Основной залежи показали необходимость применения дифференцированной разведочной сети на участках к северу и к югу от линии 23, то использование



единой разведочной сети для эксплуатационной разведки и опробования в пределах залежи является нецелесообразным, а сама разведочная сеть для эксплуатационной разведки и опробования остается необоснованной.

Обоснование разведочной сети для эксплуатационной разведки методом разрежения проведено нами отдельно для северной и южной половины Основной залежи. Результаты подсчета запасов руды и асбеста по разным разведочным сетям и сравнение их с эталоном по-

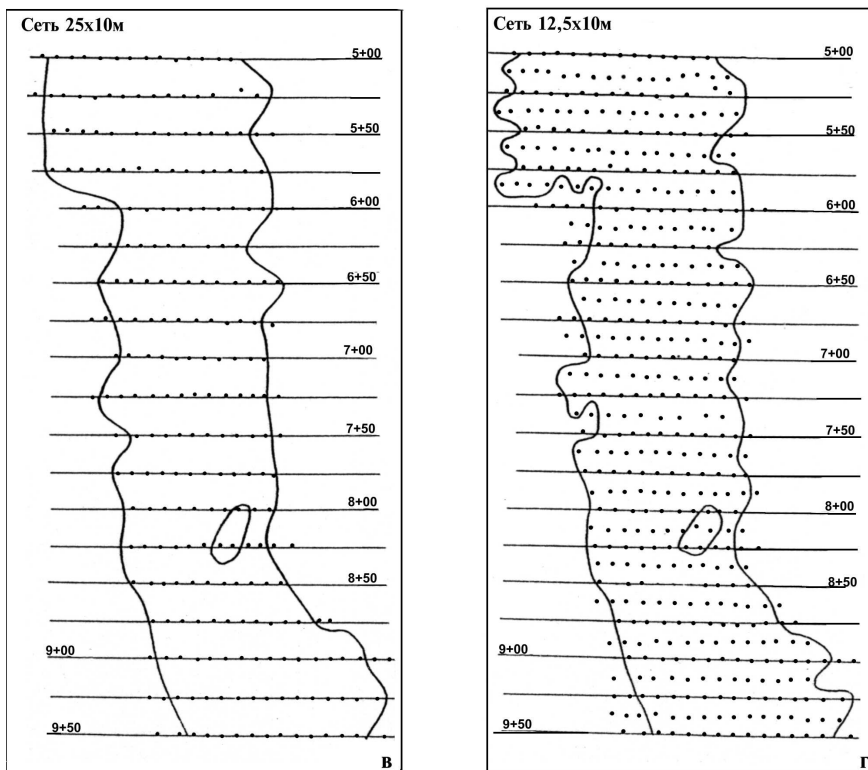


Рис. 23. Схемы контуров Основной залежи к северу от разведочной линии 23, составленные на основе разведочных сетей: а – 50 х 20 м, б – 25 х 20 м, в – 25 х 10 м, г – 12,5 х 10 м; 1 – контур залежи; 2 – разведочная линия; 3 – буровые скважины

казали, что для участка к северу от линии 23 оптимальная сеть для эксплуатационной разведки составляет 25x20 м. При ней результат практически не отличается от эталона. Дальнейшее разрежение сети скважин до 50x20 м приводит к значительным отклонениям от эталона (12,0 и 14,3 % по руде и асбесту соответственно). Результаты подсчета подтверждаются изменением морфологии рудного тела по разным разведочным сетям (рис. 23). Контур залежи, установленный по разведочной сети 25x20 м незначительно отличается от контура залежи по

сети 12,5x10 м. В то же время контур залежи по сети 50x20 м характеризуется довольно большими отклонениями от эталона.

На южном участке разведочная сеть 25x20 м для эксплуатационной разведки является редкой, поскольку расхождение результатов с эталоном составляет 6,3 и 11,3% по руде и асбесту соответственно. Сложная морфология залежи здесь требует применения более густой сети. Результаты подсчета запасов по сети скважин 25x10 м отличается от эталона в пределах точности подсчета запасов (0,4 и 2,7% по руде и асбесту соответственно), а контур рудного тела, установленный по скважинам этой сети, практически совпадает с контуром эталона. Поэтому для эксплуатационной разведки на юге залежи оптимальная разведочная сеть 25x10 м. Следовательно, для эксплуатационного опробования рекомендуется разведочная сеть 25x10 м и 12,5x10 м соответственно для участков к северу и к югу от линии 23.

Изменчивость параметров оруденения обуславливает необходимость дифференцированного применения в процессе детальной и эксплуатационной разведки асбестовых залежей плотности сети геологоразведочных выработок. В случаях крайне неравномерного распределения энстатита (бастита) в ультрамафитах происходит резкое изменение характера асбестоносности и соответственно параметров оруденения. Это устанавливается на тех участках асбестовых залежей, где наряду с апогарцбургитовыми рудами встречены руды аподунитовые. В таких случаях оптимальная сеть геологоразведочных скважин сгущается в 2 раза.

Сопоставление результатов эксплуатации месторождения за период 1984-1999 г. с данными эксплуатационной разведки показывает, что неподтвердившиеся, списанные в процессе добычи запасы сосредоточены южнее линии 23, где сеть скважин на момент утверждения запасов ГКЗ в 1983 г. составляла 50x20 м. По мере сгущения разведочной сети выработок в период 1984–1998 г., т. е. после проходки скважин эксплуатационного опробования по сети 25x10 м, стало возможным выявление дополнительных аподунитовых участков и списание с баланса комбината связанных с ними некондиционных запасов, общее количество которых в районе линий 23–26 составило 1470 тыс.т руды и 55,7 тыс. т асбеста. Представительность данных эксплуатационной разведки и опробования, а соответственно и сеть разведочных выработок

подтверждается хорошей сходимостью среднего содержания волокна в руде, поданной на фабрику, с результатами анализов геологоразведочных выработок. Коэффициент перехода от данных по фабрике к геологическим за 1965-1998 г., приведенный в табл.8, составил в среднем 1,01 при колебаниях по годам от 0,82 до 1,11.

Достоверность выбора разведочной сети скважин подтверждается также экономическим анализом результатов эксплуатационной разведки за последние 15 лет. Самый высокий коэффициент работ $k=6$, (расчитанный как соотношение величины экономии от результатов эксплуатационной разведки к стоимости самих работ) по эксплуатационной разведке был получен в местах применения выбранных сетей. При определении величины эффективности эксплуатационной разведки учтены предполагаемые затраты на переработку руды в неподтвердившихся запасах и стоимость асбеста в приращиваемых рудах.

2.2.5. ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ

Определение промышленной ценности месторождения без подсчета запасов невозможно, поскольку подсчетом определяется количество промышленно пригодного минерального сырья в недрах [123]. По сложности геологического строения Джетыгаринское месторождение хризотил-асбеста отнесено ко II группе по классификации ГКЗ [81], что предопределило применение при разведке месторождения определенной сети геологоразведочных выработок. В зависимости от стадии изученности на Джетыгаринском месторождении запасы хризотил-асбеста подсчитывались неоднократно. Первый подсчет запасов был произведен ещё в 1943 г. по результатам поисково-разведочных работ 1939–1942 Гг. Запасы были утверждены в ВКЗ СССР по категориям В+С₁ в количестве 30 369 тыс. т по руде и 954 тыс. т по хризотил-асбесту суммы I – VI геологических сортов (протокол №2964 от 20 ноября 1943 г.). Дальнейшие работы по предварительной и детальной разведке 1950–1951 г. завершились переутверждением запасов в ВКЗ СССР в 1952 г. (протокол №7438 от 29. 05 1952 г.). Запасы по руде по категориям В+С₁ увеличились почти в 1,5 раза и составили 45 351 тыс. т, по хризотил-асбесту – в 2,5 раза – 2371,4 тыс. т.

Однако только после геологоразведочных работ 1951–1963 гг. Джетыгаринское месторождение стало одним из крупнейших месторождений не только в тогдашнем СССР, но и в мире. По итогам подсчета запасов в 1954 г., которые утверждались в связи с проектированием на базе Джетыгаринского месторождения асбестового комбината, запасы по промышленным категориям А+В+С₁ увеличились по руде в 6,5 раза и составили 293,7 млн т, по хризотил-асбесту в – 4,8 раза – 11,4 млн т (протокол ВКЗ СССР № 9084 от 5. 07 1954 г.). Завершением подготовки месторождения к эксплуатации явились результаты переутверждения запасов месторождения в 1964 г. в ГКЗ СССР (протокол № 4225 от 25. 01 1964 г.). Запасы по промышленным категориям А+В+С₁ составили по руде 1074,0 млн т, по асбесту – 36,2 млн т. Геологоразведочные работы продолжались и после начала эксплуатации месторождения: доразведка глубоких горизонтов и флангов Основной залежи, поисково-разведочные работы по выявлению новых залежей а также эксплуатационная разведка. В 1983 г. по результатам доразведки 1976–1981 гг., а также с учетом других геологоразведочных работ были пересчитаны запасы всего месторождения и утверждены в ГКЗ СССР (протокол № 9191 от 4. 03 1983 г.). Балансовые запасы в контуре проектного карьера на конец отработки составили по состоянию горных работ на 1.01 1981 г. по категориям В+С₁ по руде 817,2 млн т, по асбесту – 32,5 млн т. По результатам эксплуатационной разведки за 1975–1983 и 1983–1992 гг. запасы пересчитывались по отдельным горизонтам Основной залежи Джетыгаринского месторождения с утверждением изменившихся запасов в ЦКЗ.

В 1988 г. начаты и с перерывами продолжаются геологоразведочные работы по доразведке месторождения с целью пересчета запасов с геологических сортов на классы крупности волокна согласно требований единой “Методики...” [101].

2.2.5.1. Кондиции для подсчета запасов

Кондиции разрабатываются для каждого месторождения или для группы месторождений, схожих по геологическим, экономическим и другим условиям, на основе технико-экономических расчетов. При этом учитываются условия эксплуатации месторождения, количество запа-

сов в нем, его ценность и технология переработки сырья [91]. В настоящее время без учета конъюнктуры на мировом рынке на то или иное минеральное сырье не возможно подготовить технико-экономическое обоснование (ТЭО) кондиций. Только после опробации ТЭО в соответствующих государственных органах утверждаются кондиции для подсчета запасов минерального сырья в недрах.

Первоначально кондиции для Джетыгаринского месторождения принимались по аналогии с Баженовским месторождением хризотил-асбеста. Последующие работы дали возможность разработать собственные кондиции и запасы, утвержденные ГКЗ (ВКЗ) в 1952, 1954 и в 1964 гг, были подсчитаны по кондициям, установленным техническим советом при начальнике геологоразведочного отдела Главасбеста МВД СССР А. Л. Кунице (протокол от 2. 01 1952 г.). Возможность применения этих кондиций при подсчете запасов в 1964 г. была в свое время подтверждена Гипрорудой и Джетыгаринским рудником. В 1964 г. они были утверждены ГКЗ.

Кондиций балансовых руд включили в себя следующие основные параметры: бортовое содержание волокна асбеста I-VI геологических сортов равно 1 % условного VI сорта, полученного через переводные коэффициенты из суммы всех сортов; промышленная мощность рудного тела не менее 20 м; пустые породы и некондиционные руды, имеющие мощность более 20 м, исключаются из подсчета запасов. В зависимости от народохозяйственного значения кондициями предусмотрено разделение запасов на две группы: к балансовым относятся руды в контуре 1% условного VI сорта, использование которых экономически целесообразно, к забалансовым – запасы в контуре от 1 до 0,225% условного VI сорта с учетом VII сорта и весь VII сорт в контуре балансовых запасов.

В 1982 г. кондиции по Джетыгаринскому месторождению были переутверждены ГКЗ СССР (протокол №1703-к от 28. 05 1982 г.). В них были введены новые переводные коэффициенты геологических сортов волокна к VI условному сорту (табл. 15), минимальная мощность рудных тел, включаемых в подсчет запасов, уменьшилась до 15 м в соответствии с высотой уступа карьера.

Таблица 15. Коэффициенты приведения геологических сортов асбеста к содержанию условного шестого сорта через стоимость хризотил-асбеста

Геологический сорт	Цена 1 т волокна в рублях 1982 г.	Коэффициенты приведения к условному содержанию волокна
I	596	3,63
II	586	3,57
III	531	3,24
IV	472	2,90
V	344	2,10
VI	164	1,00

Кроме того, в новых кондициях произошли следующие изменения и дополнения: уменьшена до 10 м максимальная мощность прослоев пустых пород в зонах разломов; предусмотрен отдельный подсчет запасов по типам асбестоносности руды; к балансовым запасам отнести только запасы, попадающие в контура проектного карьера глубиной 690 м, обоснованного в ТЭО кондиций; запасы руды, разведанные за проектным карьером подсчитать без квалификации их балансовой принадлежности; в контуре балансовых запасов руд провести подсчет запасов VII геологического сорта; подсчитать запасы скальных пород вскрыши, пригодных для производства щебня.

По новым кондициям в 1983 г. были переутверждены ГКЗ СССР все запасы месторождения. Отсутствие четких геологических границ рудных тел характерно для месторождений хризотил-асбеста, и Джетыгаринское не является исключением. Выбор предельного промышленного контура рудного тела довольно сложен, но вместе с тем это ее важнейшее условие достоверности подсчитанных запасов. Обычно при разработке кондиций для выбора бортового содержания рудные тела оконтуриваются по нескольким вариантам бортовых содержаний хризотил-асбеста и по каждому варианту подсчитываются запасы. Последующими технико-экономическими расчетами выбирается вариант, который учитывает не только геологические, но и экономические, горнотехнические, технологические и другие аспекты эксплуатации месторождения.

При разработке ныне действующих кондиций на Джетыгаринском месторождении бортовое содержание 1% условного VI сорта волокна асбеста было выбрано из пяти вариантов. Залежи оконтуривались по

бортовым содержаниям условного VI сорта 0,6, 0,8, 1,0, 1,4, 1,8% и по каждому варианту подсчитывались запасы. Особенности подсчета запасов по разным вариантам бортового содержания будут приведены далее.

Как было отмечено, в связи с переходом в 1985 г. на единую методику определения содержания хризотил-асбеста по классам крупности волокна по заданию ТОО "Асбестовое ГРП" ВНИИпроектасбестом (г. Асбест) выполнено специальное исследование по определе-

Таблица 16. Фракционный состав геологических сортов хризотил-асбеста Джетыгаринского месторождения (количество рядовых проб 463)

Геологический сорт	Тип асбестоносности руды	Кол-во рядовых проб	Результаты испытаний по классам крупности, %				
			1 (+12,7 мм)	2 (-12,7-+4,8 мм)	3 (-4,8-+1,35 мм)	4 (-1,35-+0,4 мм)	Пыль (менее 0,4 мм)
I	Все	0	0	93,2	5,3	0,8	0,7
II	«	1	1,0	74,0	24,0	1,0	0
III	Одиночные и сложные жилы	14	4,3	65,7	28,7	0,7	0,6
	Крупная и мелкая сетки, мелкопрожил	5	0,8	46,8	50,6	1,2	0,6
IV	Одиночные жилы	4	0	32,7	63,0	3,3	1,0
	Сложные жилы	12	0,3	23,4	69,6	5,8	1,3
	Крупная сетка	13	0	15,6	81,5	2,1	0,8
	Мелкая сетка	5	0	24,0	74,0	1,2	0,8
	Мелкопрожил	3	0,3	29,3	65,0	3,2	1,7
V	Одиночные жилы	10	0	4,3	83,0	11,6	1,1
	Крупная сетка	29	0	0,5	83,5	15,0	1,0
	Сложные жилы, мелкая сетка, мелкопрожил	121	0	0,3	79,6	18,9	1,2
VI	Одиночные жилы	7	0	0	43,7	54,9	1,4
	Сложные жилы, крупная сетка	104	0	0	34,2	64,3	1,5
	Мелкая сетка, мелкопрожил	134	0	0	27,3	71,1	1,6

нию фракционного состава геологических сортов хризотил-асбеста Джетыгаринского место-рождения дифференцированно для зон асбестонности (табл. 16) и вычислены коэффициенты перехода на условный класс крупности волокна: для 1-го и 2-го классов крупности – 2,2; для 3-го класса – 1,0; для 4-го класса – 0,2.

В конечном счете результаты исследований послужили обоснованием переоценки величины бортового содержания волокна. Это позволило пересчитать все геологические результаты анализов проб на классы крупности волокна и в дальнейшем производить оконтуривание рудных тел с учетом качественной характеристики руды, исходя из требований единой методики определения содержания хризотил-асбеста при геологоразведочных работах и эксплуатации месторождения. Главное отличие новой методики определения хризотил-асбеста от геологических анализов состоит в том, что отдельные пробы с низким содержанием волокна 2-го и 3-го классов крупности, представленные бедными приконтурными мелкосетчатыми и мелкопрожилковыми рудами, при пересчете на классы крупности волокна и после приведения к условному 3-му классу крупности становятся некондиционными. Пересчет запасов на классы крупности волокна позволяет усовершенствовать геолого-промышленную оценку руд месторождения и повысить эффективность использования балансовых запасов.

В настоящее время из-за изменения конъюнктуры на асбест, уменьшения добычи асбеста, а также в связи с внедрением новой единой методики определения содержания асбеста по классам крупности волокна возникла необходимость в разработке новых кондиций для пересчета запасов.

2.2.5.2. Методика подсчета запасов

Промышленные руды хризотил-асбеста не имеют резких границ с вмещающими породами, в связи с чем оконтуривание асбестовых залежей проводилось по данным опробования скважин и горных выработок и согласно кондициям. Первые подсчеты запасов месторождения, утвержденные ГКЗ (ВКЗ) СССР, осуществлялись методом вертикальных сечений (разрезов) [116]. Оконтуровка залежей на разрезах прово-

дидась по бортовому содержанию 1% условного VI сорта. Приемы интерполяции между рудной и безрудной скважинами допускались при выделении контура безрудных “окон” внутри промышленных руд. Принципы экстрополяции при оконтуривании запасов асбестовых руд высоких категорий не допускались. При подсчете запасов методом вертикальных сечений в 1964 г. месторождение было разбито разрезами на 333 подсчетных блока в зависимости от категории запасов и балансовой принадлежности. На Основной залежи был выделен 251 подсчетный блок, на Гейслеровской – 41, на Лидинской – 20, на Малой и Новой – 21 блок.

При последующем подсчете запасов, утвержденном ГКЗ СССР в 1983 г., был применен метод геологических блоков, который В. М. Борзуновым рассматривал как основной метод подсчета запасов полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов. При блокировке запасов подсчетный блок должен характеризоваться относительно однородным геологическим строением, близкими технологическими показателями, единой балансовой принадлежностью и одинаковой степенью разведанности и изученности. После оконтуривания на разрезах по кондициям асбестовых залежей и анализа геолого-промышленных аспектов на самой крупной Основной залежи был выделен 21 однородный укрупненный блок, на Гейслеровской, Малой и Новой залежах – по 5 блоков, на Восточной залежи – 2 блока, на Лидинской, Промежуточной залежах и на пяти малых рудных телах – по одному блоку. Всего на Джетыгаринском месторождении было выделено 45 подсчетных однородных укрупненных блоков, из которых 16 балансовых блоков в пределах и 29 блоков без балансовой принадлежности, за контуром проектных карьеров.

Объемы геологически однородного укрупненного блока определялся как сумма объемов элементарных блоков, расположенных между двумя соседними разрезами. Расстояние между разрезами замерялось на планах. Объем каждого элементарного блока определялся по специальным формулам, выбираемым в зависимости от соразмерности площадей соседних сечений.

Запасы руды по каждому типу асбестоносности в укрупненном блоке рассчитывались путем умножения объема этого типа, опреде-

ленного статистически, на соответствующую величину объемной массы. Средняя объемная масса руды при первых подсчетах запасов, проводимых без разделения на типы асбестоносности, была принята $2,5 \text{ т/м}^3$. Она была найдена по 62 определениям, сделанным в полевых условиях по целикам из шурфов и лабораторным методом по образцам эталонной коллекции и керна скважин. Впоследствии значения объемной массы руды для каждого типа асбестоносности, определенные по достоверному количеству образцов, отбираемым из керна скважин всех стадий геологических работ, составили следующие величины, т/м^3 : одиночные жилы – 2,64, сложные жилы – 2,54, крупная сетка – 2,53, мелкая сетка – 2,52, мелкопрожил – 2,52, просечки и прослои пустых пород – 2,54. В связи с тем, что естественная влажность руды, определенная одновременно с расчетом объемной массы, составила 1,10%, влияние ее при подсчете запасов руды не учитывалось.

Среднее содержание асбеста определялось отдельно по типам асбестоносности для каждого укрупненного блока методом средневзвешенного на мощность пробы.

Запасы хризотил-асбеста в укрупненном блоке вычислялись умножением запасов руды каждого типа асбестоносности на содержание в нем асбеста в целом и по сортам.

Подсчеты запасов Основной залежи по результатам эксплуатационной разведки до горизонта +110м в 1983 г. и до горизонта +35м в 1992 г., утвержденные ЦКЗ СССР и РК соответственно, были проведены методом горизонтальных сечений, который обусловлен методикой эксплуатационной разведки и эксплуатации залежи. Запасы отрабатываются горизонтальными слоями мощностью 15 м, равными высоте уступа карьера, поэтому по каждому отрабатываемому слою необходима количественная и качественная характеристика руды. Сложившаяся за годы эксплуатации практика учета запасов каждого горизонта (15-метрового слоя) с разделением на северный, центральный и южный участки, примерно однородные по своему геологическому строению, учтена при подсчете запасов, что, в свою очередь совпадает с блокировкой предыдущего подсчета запасов, утвержденного ГКЗ. Оконтуривание Основной залежи на подсчетных погоризонтных планах выполнялось с учетом всех пробуренных скважин детальной разведки, дораз-

ведки и эксплуатационной разведки по бортовому содержанию волокна 1% условного VI сорта, или условного класса +0,5 мм, или 0,45% условного 3-го класса крупности в соответствии с новой методикой определения содержания хризотил-асбеста. Контур подсчета балансовых запасов проводился на половине расстояния между рудными и безрудными скважинами, исходя из размеров сети эксплуатационной разведки и эксплуатационного опробования 25x10 м, или по ранее утвержденному контуру, если участок залежи не обурен скважинами эксплуатационной разведки.

Среднее содержание асбеста в отличие от предыдущих подсчетов запасов определялось методом среднеарифметического и отдельно по типам асбестоносности в каждом подсчетном блоке. Для выявления ураганных (выдающихся по содержанию волокна) проб был применен способ, предложенный В. И. Смирновым (см. работу [83]), когда к ураганным относятся пробы с содержанием асбеста в 5 раз (при коэффициенте вариации содержания асбеста в пределах 20 –40%) выше среднего по данному типу асбестоносности, рассчитанного по всей залежи. Для исключения завышения запасов асбеста из-за ураганных проб был применен способ замены их среднечлочным содержанием по данному типу асбестоносности, определенному с учетом ураганных проб.

2.2.5.3. Особенности подсчета запасов по нескольким вариантам бортового содержания асбеста

Для составления проекта кондиций выполняется подсчет запасов месторождения по нескольким вариантам бортового содержания, чтобы выбрать самый экономичный и оптимальный из них. По мере уменьшения бортового содержания в контур включаются краевые бедные пробы, содержание асбеста в которых, как правило, находится между соседними бортовыми содержаниями. При этом наблюдается следующая закономерность: увеличиваются запасы руды и асбеста, уменьшается реднее содержание хризотил-асбеста.

При переходе от варианта с высоким бортовым содержанием (b_1) к варианту с относительно бедным бортовым содержанием (b_2) в приращиваемых запасах содержание асбеста (ΔC) определяется следующим образом:

$$b_1 > \Delta C = \frac{(P_2 - P_1)}{Q_2 - Q_1} \cdot 100\% < b_2, \quad (1)$$

где P_1 и Q_1 – запасы асбеста и руды для варианта с высоким бортовым содержанием асбеста; P_2 и Q_2 – то же, для варианта с относительно бедным содержанием асбеста.

Если учесть, что запасы асбеста

$$P_2 = Q_2 \cdot C_2 \text{ и } P_1 = Q_1 \cdot C_1,$$

где C_1 и C_2 – содержание асбеста по двум соседним вариантам, то тогда содержание асбеста в приращиваемых запасах равно:

$$\Delta C = \frac{Q_2 \cdot C_2 - Q_1 \cdot C_1}{Q_2 - Q_1} \quad (2)$$

Из формулы (2) вытекает, что среднее содержание асбеста в варианте с относительно бедным бортовым содержанием волокна равно:

$$C_2 = \frac{(Q_2 - Q_1) \cdot \Delta C + Q_1 \cdot C_1}{Q_2} \quad (3)$$

Если учесть, что $Q_2 - Q_1 = \Delta Q$, где ΔQ запасы приращиваемой руды, то получим:

$$C_2 = \frac{\Delta Q_1 \cdot \Delta C + Q_1 \cdot C_1}{Q_1 + \Delta Q} \quad (4)$$

т. е. содержание асбеста во втором варианте должно определяться как средневзвешенное на общие запасы руды (объемы, площади). Этот метод дает возможность установить связь увеличения запасов руды с уменьшением содержания асбеста, что в итоге позволит увеличить запасы асбеста.

Исходя из изложенного, предлагается следующий метод подсчета запасов по нескольким вариантам бортового содержания:

1. Подсчитываются запасы в контуре с наиболее высоким бортовым содержанием.

2. При переходе к другому варианту с относительно бедным бортовым содержанием содержание асбеста подсчитывается только в прирачиваемых рудах. Содержание же в контуре всего подсчета запасов каждого варианта определяется, как средневзвешенное на запасы руды предыдущего варианта и прироста.

Необходимо отметить, что использование этого метода позволяет определять содержание асбеста более легким способом – среднеарифметически, так как при переходе от варианта к варианту подсчета запасов прибавляются пробы с равным или почти равным содержанием, которые находятся в пределах бортовых содержаний двух соседних вариантов. Данный метод был разработан нами в 1979 г. и применен в 1982 г. при подсчете запасов по пяти вариантам для Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста и в 1988 г. – для Киембаевского месторождения по четырем вариантам бортовых содержаний волокна. Кондиции были утверждены в ГКЗ СССР.

2.3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Казахстан является одним из основных производителей хризотил-асбеста в мире. Единственное асбестодобывающее предприятие в республике – это комбинат ОАО “Кустанайасбест”, сырьевой базой которого является уникальное Джетыгаринское месторождение.

Название месторождение получило от города Житикара (раньше в русской транскрипции – Джетыгара). Слово “Житикара” в переводе с казахского означает “смотри зорче, пристальней”. И действительно, причины смотреть зорче здесь были. Земля Житикаринская богата полезными ископаемыми. Наличие золота на берегах р. Шортанды послужило причиной для обоснования здесь в конце XIX в. поселения беглых уральских крепостных, которое называлось “Веселый аул”. С 1915 г. оно было переименовано в Житикару. Статус города поселок получил с 20 апреля 1939 г. и развивался в основном за счет добычи золота.

Свое второе рождение Житикара получила после решения правительства бывшего СССР по освоению месторождения хризотил-асбеста. В настоящее время к эксплуатации привлечены две залежи: самая круп-

ная (более 80% запасов месторождения) Основная и небольшая Западная.

Строительство комбината “Кустанайасбест” было начато в 1958 г. Одновременно проводились горные работы по проходке внешней центральной въездной траншеи. Первоначально комбинат был запроектирован на производство 600 тыс. т товарного асбеста и строился в три очереди мощностью по 200 тыс. т каждая.

Несмотря на то, что пробное производство асбеста было начато ещё в феврале 1965 г. и к октябрю того же года произведено около 30 тыс. т хризотил-асбеста [14], официально первая очередь комбината была введена в эксплуатацию 13 октября 1965 г. С этого дня ведется отсчет времени эксплуатации месторождения и работы комбината. В январе и в конце декабря 1974 г. были введены в эксплуатацию вторая и третья очереди комбината.

В 1976 г. был разработан и утвержден технический проект по расширению мощности комбината до 910 тыс. т товарного асбеста. Однако увеличение производства асбеста происходило на фоне отставания горноподготовительных работ [131], и это стало основной причиной спада производства в начале восьмидесятых годов (рис. 24) и одной из причин снижения производства в последние годы и низкой конкурентоспособности джетыгаринского асбеста на мировом рынке, хотя физико-механическое качество его выше многих зарубежных.

Необходимо отметить, что снижение производства хризотил-асбеста произошло в мире повсеместно. Мировое производство асбеста в начале восьмидесятых, когда асбестовая промышленность достигла своего апогея, составляло около 4,5 млн т. Из них около 2 млн т добывалось в России, 1,3 млн т – в Канаде. Казахстан занимал третье место после России и Канады – около 600 тыс. т. В настоящее время по производству асбеста Казахстан стал занимать шестое место после России, Канады, ЮАР, Зимбабве и Китая.

Одной из причин снижения производства асбеста является то, что в последние 10–15 лет во многих странах мира, в том числе странах СНГ, распространяется информация о его вредном воздействии на человеческий организм. В 1993 г. в Италии на международной антиасбестовой конференции несколько представителей движения “Запретить

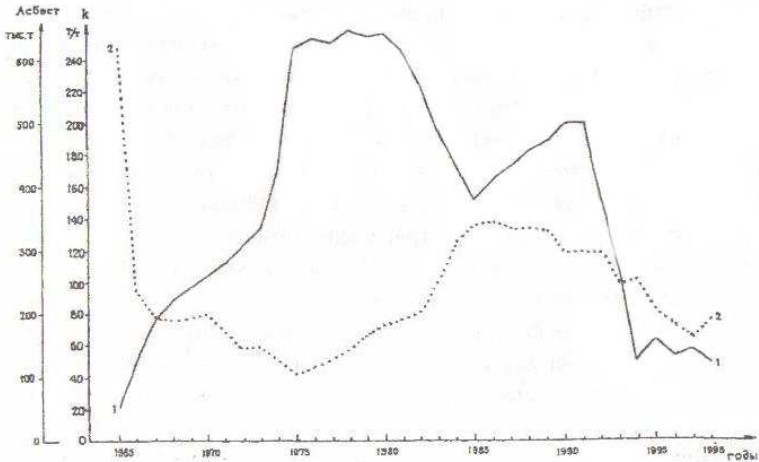


Рис. 24. Распределение по годам выработки товарного асбеста и коэффициент выемки горной массы на 1 т товарного асбеста: 1 – выработка товарного асбеста 3–6 групп, тыс. т; 2 – коэффициент выемки горной массы на 1 т товарного асбеста, т/т

асбест” фракции “зеленых” в Европейском парламенте представили “Черную книгу об асбесте”[144]. В этой книге приведены медико-биологические данные, относящиеся к асбестам амфиболовой группы, и статистические данные по заболеваниям, которые были спровоцированы асбестом в 1950–1970 годах, когда производство и использование асбеста сочеталось с невыполнением мер по охране труда и снижению запыленности.

Восемь европейских государств, в том числе Германия, Франция, Нидерланды и другие члены антиасбестового сообщества, приняли законы, запрещающие ввоз и использование асбеста. Эти страны требуют отказаться от асбеста в рамках Европейского Экономического Союза (ЕЭС) и контролировать продажу асбеста во всем мире. Они предлагают заменить асбест искусственными минеральными волокнами. В 1999 г. Великобритания несколько раз пересматривала свои позиции по отношению к асбесту. Однако до запрета дело не дошло.

Во многих странах мира - производителях асбеста – проводились и продолжают проводиться многочисленные исследования влияния асбеста на организм человека. Исследования ученых-медиков показывают, что для паники по поводу губительного влияния асбеста на здоровье людей оснований нет. Как считают авторы “Черной книги”, основными асбестообусловленными заболеваниями, являются рак и мезотелиома. Однако, к примеру, в г. Асбесте (Россия), где хризотил-асбест добывается с давних времен, уровень смертности от рака ниже, чем средний по России: число смертельных случаев от рака в пересчете на 100 тыс. жителей за 1991–1995 гг. составило 190, а по России – около 200. Такая же ситуация наблюдается и в Казахстане. В г. Житикаре, где уже 35 лет эксплуатируется крупное месторождение хризотил-асбеста, уровень смертности от упомянутых заболеваний такой же, как и в других городах Костанайской области.

Исследования показывают, что хризотил-асбест – самый безопасный среди минералов асбестовых групп. В Западной Европе в основном применялись асбесты амфиболовой группы, волокна которых обладают повышенной кислотоустойчивостью. Они более канцерогенны и практически не выводятся из человеческого организма. В отличие от них хризотил-асбест некислотоустойчив и может растворяться в кислотной среде, если попадает в человеческий организм в незначительном количестве.

Проведенные в 1992–1994 гг. в карьере Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста многочисленные замеры радиоактивности асбеста и асбестосодержащих пород показали незначительную мощность дозы излучения – 10-14 мкР/ч. Согласно классификации строительных материалов по мощности экспозиционной дозы гамма-излучения хризотил-асбест относится к первому классу материалов, т. е. возможны все виды его использования без ограничения.

В 1997 г., как бы в противовес нападкам на ценное природное минеральное сырье – хризотил-асбест, в г. Екатеринбурге (Россия) выпущена “Белая книга о белом асбесте (хризотиле)” [84]. Автор ее Ф. М. Коган – доктор медицинских наук, профессор, действительный член Нью-Йоркской академии наук. В книге приведены неоспоримые факты по защите хризотил-асбеста от нагромождения мифов об особой

вредности этого минерала. По мнению автора, совершенно беспочвенным является утверждение противников асбеста "...нет безопасного применения асбеста" [144]. По классификации американских ученых хризотил-асбест относится к материалам "крайне низкой опасности". Вероятность смертельного исхода от контакта с асбестом из 100 тыс. населения за 70 лет жизни имеется всего для одного некурящего человека.

В 1986 г. Международная организация труда (МОТ) приняла конвенцию № 162 и рекомендации № 172 "Об охране труда при использовании асбеста", которые одобрены многими странами мира. Большинство стран – производителей асбеста – твердо стали на позицию контролируемого использования асбеста. Асбест в связанном виде в асбоцементных изделиях и пластмассах, по заключению медиков, безвреден. Изоляция конструкций методом напыления асбестом в странах СНГ не применялась, а в странах Западной Европы использовалась довольно широко. В настоящее время в Германии разработана принципиально новая методика для "оздоровления" зданий, при строительстве которых был использован асбест. С помощью дисперсионных клеев происходит "связывание" волокна асбеста, чем предотвращается попадание асбеста в атмосферу.

Хризотил-асбест применяется в производстве более чем 3000 наименований асбоцементных, асбестотехнических изделий, теплоизоляционных материалов и др. Необходимо отметить, что даже в тех странах, где имеется запрет на асбест, отказаться от него совсем не удастся. Практически все страны мира используют уплотнения, набивки фрикционные материалы и т. п., изготавливаемые с применением хризотил-асбеста. В настоящее время идет много споров вокруг заменителей асбеста, безопасность которых для здоровья человека пока не доказана, в отличие от асбеста, повадки которого изучены гораздо лучше. На изучение безопасности искусственных заменителей асбеста необходимы десятилетия и уже полученные первые данные свидетельствуют далеко не в их пользу. К тому же эти материалы дороже, чем асбест. По мнению многих специалистов, вся кампания вокруг вреда асбеста связана с борьбой за рынок сбыта продукции многих предприятий химической промышленности, выпускающих искусственные волокна.

Для более тесной координации своих действий по защите рынка сбыта в СНГ создана Асбестовая ассоциация всех асбестовых и асбоцементных предприятий. Многие предприятия асбестовой отрасли в Казахстане, являются членами этой ассоциации. Комбинат ОАО “Кустанай-асбест” – единственный производитель хризотил-асбеста в Казахстане – в феврале 1998 г/ подписал Экологическую хартию Международной Асбестовой Ассоциации (МАО).

В г. Ивано-Франковске (Украина) 1–4 июня 1998 г. прошла международная научно-практическая конференция по безопасному использованию хризотил-асбеста. В ней приняли участие производители и потребители асбеста, представители санитарных и экологических организаций, медицинских научно-исследовательских институтов, правительственных кругов более чем 12 стран мира в том числе и Казахстана. В резолюции конференции указано на необходимость консолидации усилий сторонников контролируемого использования хризотил-асбеста и в отстаивании этой позиции во благо людей, на необходимость проведения дополнительных исследований международной группой ученых под эгидой ВОЗ и МОТ. Участники конференции призвали все международные организации к мораторию на запрет применения хризотил-асбеста и содержащих его изделий на период исследований.

Понятие “контролируемое использование хризотил-асбеста” включает довольно широкий аспект вопросов не только по созданию безопасных условий производства и транспортировки, но и безвредных материалов, изделий и т. п., изготовленных с применением хризотил-асбеста. Одним образом, необходимо сделать все, чтобы это уникальное творение природы – горный лен – и дальше служило человеку.

2.3.1 ГОРНЫЕ РАБОТЫ

Геологические условия размещения Джэтьгаринского месторождения хризотил-асбеста позволяют вести его эксплуатацию открытым способом – карьером (рис. 25). Вскрытие месторождения осуществляется двумя железнодорожными съездами: центральным, с выходом на станцию Карьерная, и южным, с выходом на станцию “Предотвальная”.



Рис. 25. Карьер отработки Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста

Для отработки месторождения в разные годы составлялись и утверждались технические проекты, последний из которых утвержден в 1976 г. и откорректирован в 1986 г. институтом Уралгипрорудой. Проектами предусмотрена транспортная система разработки с внешним отвалообразованием. Высота рабочих уступов принята 15 м. Нарезка горизонтов производится с учетом сохранения продольного уклона 2,5 ‰, в целях обеспечения естественного стока карьерных вод к водосборнику. Руководящий уклон для железнодорожных путей определен в 35 ‰, для автомобильных дорог - 80 ‰. Технология ведения горных работ выбрана цикличной с применением буровзрывных работ [141]. Углы откоsov рабочих уступов приняты в пределах 37–40°. Ширина транспортных берм должна быть в пределах 21–25 м, рабочих площадок – 35–45 м – для автомобильного транспорта и 45–55 м для железнодорожного.

В процессе практической реализации технических проектов в разные годы возникало много трудностей. Ежегодное отставание вскрыш-

ных работ от предусмотренного проектом уровня в период в 1976–1980 г. и систематическое нарушение направления ведения горных работ привели в дальнейшем к значительному падению добычи руды: с 10,7 млн т в 1980 г. до 6,9 млн т в 1985 г. Это было связано с отсутствием в карьере подготовленных к выемке запасов руды из-за того, что воспроизводство добычного фронта шло за счет углубления карьера без соразмерного ведения вскрышных работ [143], а ширина рабочих площадок была доведена до 15–20 м при проектной ширине 25 м. С целью ликвидации отставания работ было применено оборудование большей единичной мощности (экскаваторы с ковшом вместимостью 8,0 и 12,5 м³, автосамосвалы грузоподъемностью 75 и 110 т, мощные вагоны-думпкары 2 ВС-105, тяговые агрегаты ПЭ-2М) [131], увеличена масса железнодорожного состава, организована поточная технология подачи его к пункту погрузки. Кроме того, была организована вывозка пород на внешний отвал самосвалами, минуя перегрузочные пункты в карьере, для чего был отстроен новый северный выезд из карьера.

Откорректированный технологический проект, утвержденный в 1986 г., предусматривает доведение к 2000 г. объема горных работ по руде до 12,5 млн т и по вскрыше до 70 млн т, чтобы обеспечить выпуск товарного асбеста 910 тыс т в год. Однако из-за изменения конъюнктуры на мировом рынке асбеста и экономического кризиса в настоящее время производство резко снизилось. Объем горных работ за последние годы не превышает 3,0 млн т по руде и 7 млн т по вскрыше. Возникает необходимость корректировки, а в идеале – составление нового технического проекта отработки месторождения.

За время эксплуатации месторождения на 1.10.1999 г. из карьера вывезено 1124,4 млн т горной массы, в том числе 214,7 млн т выдано на фабрику в качестве руды, а 909,7 млн т вывезено в отвалы пустых пород (табл.17). Средний коэффициент вскрыши за все годы эксплуатации месторождения составил 4,2 т/т, хотя он варьировал от 9,2 т/т в первый год отработки до 1,4 т/т в 1975 г., в последние годы относительно стабилизировался на уровне 2-3 т/т.

Для выработки 1 т товарного асбеста в разные годы из карьера вывозилось разное количество горной массы: максимальное (246,7 т) в 1965 г. и минимальное (41,8 т) в 1975 г. (см. рис. 24). За все годы отработки этот показатель в среднем составил 87,0 т. В последние

Таблица 17. Результаты эксплуатации Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста на 1.10.1999 г.

Год	Руда, поданная на фабрику (сырая), млн т	Содержание геологического волокна в руде, %	Получено товарного асбеста 3-6 групп, тыс. т	Содержание фактически выработанного товарного асбеста в поданной руде, %	Вскрыша, млн т	Коэффициент вскрыши, т/т	Выемка горной массы на 1 т товарного асбеста, т/т
1965	1,3	3,53	53,5	4,26	11,9	9,2	246,7
1966	2,4	3,91	134,5	5,63	10,3	4,3	94,6
1967	2,9	4,09	188,8	6,40	12,1	4,2	79,4
1968	2,9	4,69	219,4	7,51	13,7	4,7	75,7
1969	3,4	4,29	241,5	7,16	15,3	4,5	77,4
1970	3,5	4,41	258,9	7,48	17,2	4,9	80,0
1971	3,6	4,26	277,8	7,77	15,5	4,3	68,8
1972	4,0	4,35	306,3	7,59	13,9	3,5	58,4
1973	4,7	4,58	334,0	7,04	14,9	3,2	58,7
1974	7,1	4,23	428,3	6,02	14,7	2,1	50,9
1975	10,7	4,07	620,1	5,80	15,2	1,4	41,8
1976	11,2	4,10	636,1	5,69	18,2	1,6	46,2
1977	11,2	4,03	625,8	5,58	20,3	1,8	50,3
1978	10,7	4,08	645,2	6,05	26,2	2,4	57,2
1979	10,7	4,03	638,7	5,95	31,1	2,9	65,4
1980	10,7	3,78	641,3	5,97	35,5	3,3	72,0
1981	9,8	3,92	616,4	6,28	37,3	3,8	76,4
1982	9,6	3,92	564,1	5,89	36,4	3,8	81,5
1983	9,3	3,33	488,1	5,26	40,1	4,3	101,2
1984	8,1	3,71	430,0	5,29	46,0	5,7	125,8
1985	6,9	3,77	385,3	5,59	45,1	6,5	135,0
1986	7,0	3,85	413,5	5,96	50,1	7,2	138,1
1987	6,8	3,69	432,3	6,30	51,2	7,5	134,2
1988	7,6	3,72	455,0	5,96	53,5	7,0	134,3
1989	7,3	3,83	470,0	6,39	54,6	7,5	131,7
1990	8,0	3,93	500,0	6,26	51,5	6,4	119,0
1991	7,5	4,09	500,0	6,68	51,9	6,9	118,8
1992	5,5	4,17	375,1	6,81	39,0	7,1	118,7
1993	4,1	4,25	267,0	6,56	22,0	5,4	97,8
1994	2,8	3,77	137,5	4,86	11,3	4,0	102,5
1995	3,3	3,88	159,3	4,80	9,7	2,9	81,6
1996	3,1	3,82	133,9	4,30	6,8	2,2	73,9
1997	3,0	3,94	144,6	4,81	6,6	2,2	66,4
1998	2,5	3,65	125,3	5,08	7,1	2,8	76,6
1999 (9 мес.)	1,5	3,41	78,6	5,35	3,5	2,4	63,6
Итого	214,7		12926,0		909,7		
Среднее		3,96		6,02		4,2	87,0

несколько лет для выработки 1 т товарного асбеста из карьера вывозится 66–87 т горной массы. Если учесть, что выработка асбеста за эти годы могла быть больше, истинное значение этого показателя намного меньше (см. раздел 2.3.4).

По состоянию на 1.10.1999 г. максимальная глубина карьера составила 250 м. Горные работы ведутся на 17 горизонтах, средняя высота уступов 15 м. Ширина рабочего уступа в среднем 25 м, минимальная – 15 м. Углы откосов бортов составляют 37–47°. Длина карьера с учетом выездных траншей составляет 4300 м, а ширина в центре – 1400 м. На горизонте +185 м западного борта и на горизонте +155 м восточного борта расположены два перегрузочно-усреднительных склада, на которых достигается частичное усреднение руды, что позволяет снизить уровень колебания содержания асбеста в добываемой руде.

Отвальное хозяйство размещено восточнее существующего карьер, с подветренной стороны промплощадки, в границах земельного отвода комбината. Существующий экскаваторный отвал с железнодорожной транспортировкой состоит из двух ярусов высотой 30 м с отдельным складированием пустых пород и отходов обогащения фабрики. Общая площадь, занятая отвалом, составляет 8 км². В соответствии с намечаемым объемом вскрыши проектом отработки месторождения предусмотрено довести количество ярусов до четырех. Отвалообразование производится экскаваторами ЭКГ-8И и ЭКГ-12,5. Кроме того, к северо-западу от карьера в 0,6–1,2 км от его предельного контура, организован бульдозерный отвал с автомобильной транспортировкой БелАЗами – -549 и -7549. Отвал запроектирован трехярусным, с высотой уступов до 30 м и занимаемой площадью 1,15 км². Отвалообразование выполняют бульдозеры Т-170. Средняя дальность транспортировки от забоя до внешнего отвала составляет 5,66 км.

На погрузке и перевозке горной массы в карьере заняты, кроме упомянутых, также экскаваторы ЭКГ-5у, ЭКГ-10, ЭКГ-80 ус, электровозы ЕЛ-20, тяговые агрегаты ПЭ-2М, автосамосвалы БелАЗы – -549, -7549, -7519, -7512. Взрывные скважины обуриваются шарошечными станками СБШ-250МН. Негабариты разрушаются в районе забоя бутобоем “Раммер”. Для строительства железнодорожных путей в карьере используются путеукладчики Т-330 и Т-500, электролиний – опоропереносчики Т-170.

Рыхление пород проводится с помощью взрывов один раз в неделю.

2.3.2. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

На Джетыгаринском месторождении специальные гидрогеологические работы проводились дважды: в период 1951-1953 и 1961-1963 гг., когда выполнялись основные объёмы геологических работ.

Месторождение имеет один горизонт подземных вод, расположенный в верхней трещиноватой зоне ультраосновных пород. Уровень подземных вод залегает на глубине 18 – 28 м в зависимости от рельефа местности, составляя в среднем 20 м. В процессе углубления и расширения карьера уровень воды на месторождении существенно снизился до глубины 120 м и увеличивается по мере приближения к чаше карьера за счет депрессионной воронки. Мощность горизонта подземных вод составляет 40-60 м. Ниже этих глубин подземные воды тяготеют к субвертикальным зонам трещиноватости тектонических нарушений.

Открытые трещины встречаются редко, в большинстве своем они выполнены хризотил-асбестом, серпафитом, карбонатами. Как следствие слабой пустотности ультраосновных пород их водообильность и водопроницаемость низкие. Коэффициент фильтрации, определенный в процессе многочисленных опытных гидрогеологических работ, варьирует в пределах 0,01 – 0,35 л/сут. По гидрогеологическим свойствам трещинные воды на месторождении свободные, безнапорные.

Питание подземных вод месторождения происходит за счет атмосферных осадков. Слабо всхолмленный рельеф местности служит положительным фактором, усиливающим фильтрацию атмосферных осадков в выветрелую и трещиноватую зону серпентинитов, особенно в период обильного снеготаяния. Областями разгрузки подземных вод месторождения является р. Шортанды, огибающая его с запада и севера на расстоянии от 3 до 5 км, и карьер горных работ. По содержанию минеральных солей подземные воды относятся к двум группам: гидрокарбонатно-кальциево-магниевые и хлоридно-сульфатно-натриевые. По степени минерализации они относятся к слабо минерализованным водам – сухой остаток составляет менее 1 г/л.

Ранее был проведён расчет прогнозных водопритоков в карьер за счет подземных вод и атмосферных осадков в период весеннего снеготаяния. Суммарная величина водопритока на площади карьера протя-

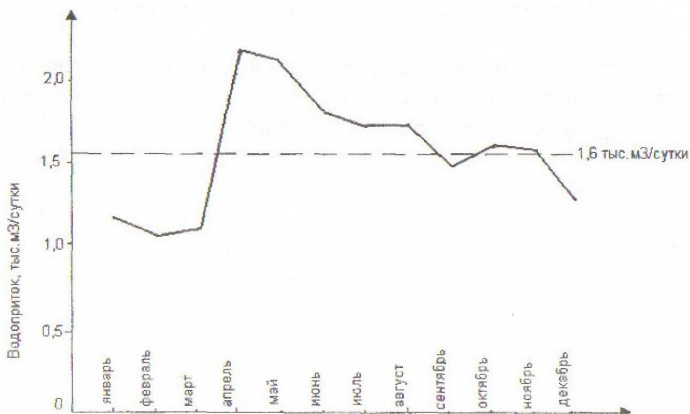


Рис. 26 Динамика среднемесячных водоприток в карьере за 1965–1998 гг. Сплошная линия – изменение водопритока по месяцам, пунктир – среднегодовой водоприток

женностью 3500 м и шириной 1500 м должна была составить 12,5 тыс. м³/сут. Фактически же водоприток в карьере по данным водоотлива не превысили 4 тыс. м³/сут (158 м³/час). На рис. 26 приведены среднемесячные водопритоки в карьер за 1965-1998 г. Среднегодовой водоприток за этот период составил 1,6 тыс.м³/сут, что оказалось в 7 раз меньше прогнозных величин. Откачки карьерных вод из водосборника, расположенного в дренажной траншее на дне карьера, осуществляется полустационарной установкой, оснащенной двумя насосами НЦС-300. Для защиты карьера от паводковых вод устроены нагорные каналы. В целом месторождение находится в благоприятных гидрогеологических условиях. Режимные наблюдения за развитием депрессионной воронки показывают, что она интенсивно развивается в меридиональном направлении и очень медленно – в широтном, особенно на восток, в сторону основного фронта горных работ. Здесь депрессионная воронка крутая, с очень малой амплитудой понижения. Поэтому во избежание в дальнейшем затруднений в ведении горных работ необходимо вести постоянные и в достаточном объеме наблюдения за развитием депрессионной воронки, особенно на восточном борту карьера.

Получаемые за счет осушения карьера промышленные стоки комбината "Кустанайасбест" сбрасываются в накопитель-испаритель, расположенный в 900 м к западу от борта карьера, где она частично испаряется и фильтруется. Из водосборника на дне карьера, из накопителя-испарителя и из некоторых скважин режимной сети, расположенных вокруг карьера, постоянно отбираются пробы на сокращенный химический анализ для определения содержания аммиака, продуктов нитрофикации и общей жесткости. Результаты химического анализа показали, что содержание нитритного азота находится в пределах 0,1–0,3 мг/л, азота аммонитного в водосборнике на дне карьера достигает 1,3 мг/л. Жесткость воды составляет 1,2 мг/л. По качеству эти воды мало чем отличаются от речной воды.

2.3.3. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА И ОПРОБОВАНИЕ

Эксплуатационная разведка Джетыгаринского месторождения проводится с 1970 г. Вначале, до 1974 г., ее осуществлял комбинат "Кустанайасбест", а с 1975 г. по настоящее время – ТОО "Асбестовое геолого-разведочное предприятие". За все время эксплуатационной разведки пробурено 404,3 тыс. пог. м скважин и отобрано 27168 керновых проб на асбест. Эксплуатационная разведка по своему целевому назначению подразделяется на две стадии: собственно эксплуатационная разведка и эксплуатационное опробование. Эксплуатационная разведка проводится в целях получения запасов с уточненной характеристикой руд по общему содержанию асбеста, 2-му и 3-му классам крупности волокна, что дает возможность планирования по годам с определением добычных работ на 5–7 лет. Эксплуатационное опробование уточняет качество руд в пределах выемочных блоков, подготовленных для отработки в течение года, что позволяет вести оперативное планирование добычных работ.

Как уже упоминалось, согласно проекту отработки месторождения, составленному Гипрорудой, была рекомендована сеть эксплуатационной разведки 25x10 м и эксплуатационного опробования 12,5x10 м. По этой сети залежь была разведана до горизонта +245 м. Далее на глубину сеть скважин эксплуатационного опробования была разрежена до размеров 25x10 м и стала применяться выборочно: в контурах распространения руд, содержащих асбест 2-го класса крупности, в контурах

распространения мелкопрожилковых руд и на контактах залежей. Глубина скважин эксплуатационного опробования составляет 45 м, что обеспечивает охват трех рабочих горизонтов залежи. Сеть эксплуатационной разведки увеличилась до размеров 50х20 м и стала применяться равномерно на всей площади залежи с охватом пяти горизонтов (15-метровых слоев). Опыт эксплуатационной разведки асбестовых месторождений баженовского типа был обобщен во «Временных методических указаниях...» [47]. При этом было указано, что сеть скважин определяется опытным путем и расчетом на каждом месторождении, но должна быть не более 50х20 м при эксплуатационной разведке и не более 25х10 м при эксплуатационном опробовании. Для обоснования разведочной сети на Основной залежи Джетыгаринского месторождения в 1985 г. были выполнены необходимые расчеты [59]. По результатам приведенных расчетов было рекомендовано дифференцированное применение разведочной сети: в северной половине Основной залежи 25х20 м для эксплуатационной разведки и 25х10 м для эксплуатационного опробования; к югу от линии 23, где развиты аподунитовые серпентиниты, – по сети в 2 раза гуще – 25х10 м при эксплуатационной разведке и 12,5х10 м при эксплуатационном опробовании.

На Основной залежи в разные периоды эксплуатационной разведкой последовательно были охвачены следующие слои запасов: до горизонта +245, +185, +110, +35 м. В настоящее время эксплуатационная разведка проводится до горизонта –40 м. Переход эксплуатационной разведки на нижележащий слой происходил после того, как охват скважинами эксплуатационной разведки в предыдущем слое достигал 70–85% от проектного количества. Все скважины эксплуатационной разведки и опробования располагались на уступах карьера по маркшейдерским линиям, ориентированным вкрест простирания залежи через 50 и 25 м друг от друга соответственно. В самом начале эксплуатации Основной залежи на всю её площадь была разбита маркшейдерская сеть. Углы полученного прямоугольника привязаны к существующей аналитической сети и имеют соответствующие координаты. Поэтому все скважины эксплуатационной разведки и опробования привязаны к линиям и горизонтам.

Все скважины пробурены вертикальными, так как отработка залежи ведется горизонтальными слоями (уступами) мощностью 15 м. Глубина скважин зависела от геологической задачи, поставленной перед ними: эксплуатационная разведка, подсечение контакта и т. д. Кроме того, скважины задавались с учетом превышения горизонтов, для того чтобы опробование скважин соответствовало уступам карьера.

В процессе эксплуатационной разведки уточнены закономерности распространения различных типов руд на основе изучения их минералого-петрографического состава, характера асбестоносности и качества асбеста, уточнена морфология Основной залежи. Кроме того, изучается распределение руд по типам обогатимости по горизонтам для решения вопросов шихтовки руд. И, судя по результатам эксплуатационной разведки, ухудшения их технологических показателей с глубиной не ожидается.

По результатам эксплуатационной разведки на Основной залежи дважды переутверждались запасы в ТКЗ – за 1975–1982 и 1983–1991 гг. – оба раза они уменьшались по сравнению с ранее утвержденными: на 4,4 и 2,7 % по руде и на 7,8 и 5,2 % по асбесту соответственно. Сопоставление оставшихся на 1.01.1999 г. балансовых запасов с данными подсчета запасов с учетом результатов эксплуатационной разведки за 1992–1998 гг. показало уменьшение запасов в результате эксплуатационной разведки на 7,8 по руде и на 8,4 % по асбесту. Увеличение не подтвердившихся в результате эксплуатационной разведки запасов объясняется тем, что в последнем подсчете запасов учитывается класс крупности волокна, согласно новой единой методике определения содержания хризотил-асбеста.

2.3.4. ПЕРЕРАБОТКА РУДИ И ВЫПУСК ТОВАРНОГО АСБЕСТА

Переработка асбестовых руд является сложным процессом, который начинается непосредственно в карьере, где производится их частичное усреднение – шихтовка, что позволяет снизить уровень колебания содержания асбеста в добываемой руде. Шихтовка руд осуществляется на перегрузочно-усреднительных складах с целью подачи на обогатительную фабрику руды с определенным качеством. Дело в том, что

вещественный состав, тип жилкования асбеста, содержания волокна в руде во многом влияют на процесс обогатимости руд. Работа фабрики на неусредненной руде приводит к потере товарной продукции до 5% [124].

В первые 10 лет эксплуатации месторождения обрабатывались четыре верхних эксплуатационных горизонта выветрелых и затронутых выветриванием руд. В то время возникало множество вопросов по их переработке. Для изучения особенностей этих руд выполнялись многочисленные исследования [25– 27, 39, 106].

С переходом на обработку неветрелых руд произведена типизация руд по обогатимости, в основу которой были положены тип асбестоносности, вещественный состав руд, содержание асбеста, длина волокна (класс крупности) и т. п. Были выделены три группы руд по обогатимости: 1–легкообогатимые, 2–среднеобогатимые, 3–труднообогатимые руды. Важнейшие признаки, определяющие разделение руд по группам обогатимости, приведены в таблице 18.

Таблица 18. Признаки разделения руд по группам обогатимости

Группа обогатимости	Тип асбестоносности и минералогический состав серпентинитов	Содержание асбеста по классам крупности волокна, %	
		+4,8 мм, 2-е сито	-4,8+1,35 мм, 3-е сито
1	Одиночные жилы в серпентинизированных перидотитах. Сложные жилы в лизардитовых серпентинитах. Крупная сетка в хризотил-лизардитовых серпентинитах	Более 1	Более 50
2	Сложные жилы в лизардитовых серпентинитах Мелкая сетка в лизардитовых и хризотил-лизардитовых серпентинитах	Менее 1	35–50
3	Мелкопржил в лизардитовых серпентинитах Бедкая мелкая сетка в аподунитовых серпентинитах и в серпентинитах полосчатого комплекса. Крупная сетка в существенно хризотилловых серпентинитах	0	Менее 35

Анализ распространения различных по обогатимости руд показывает, что они составляют примерно одинаковое количество в пределах эксплуатируемой Основной залежи. Однако в зависимости от участка залежи наблюдается различное соотношение распределения той или иной группы обогатимости: с юга на север увеличивается с 29 до 51 % количество легкообогатимых руд, а с севера на юг, наоборот, растет с 21 до 44 % количество плохообогатимых руд.

С начала эксплуатации на обогатительную фабрику было подано 214,7 млн т сырой руды с геологическим содержанием волокна 3,96 %. Вся поступающая на фабрику руда опробуется для контроля за содержанием асбеста (табл. 19). Прежде чем руда подвергнется обогащению, она проходит предварительную подготовку. Путем трехстадийного дробления крупность кусков руды доводится до 50 мм и затем сушится в сушильных печах для того, чтобы влажность обогащаемой руды не превышала 2%.

Обогатительное оборудование имеет специальное назначение и применяется только в асбестовой промышленности. Обогащение состоит из многостадийного дробления с целью вскрытия асбестового волокна. В стадию грохочения осуществляется извлечение вскрытого волокна. Здесь же на механических ситах происходит разделение волокна асбеста и дробленного материала по крупности, отсасывание волокна в деки грохота. Концентраты, сформированные по длине волокна в три потока, проходят перемешку, при которой волокно обеспыливается, обезгаливается, классифицируется, подпушивается и т. п.

В результате переработки асбестовых руд в зависимости от длины волокна вырабатывается хризотил-асбест различных марок, объединенных в 3–6 группы. Из продуктов уловленных пылеочистительными установками вырабатывается асбест 7 группы.

Результаты работы обогатительной фабрики за весь период эксплуатации месторождения приведены в табл. 19. На 1.10 1999 г. выработано товарного асбеста 3-6 групп 12,9 млн т. За 1965–1999 гг. произведено 1,33 млн т асбеста 7 группы. Производство асбеста достигло максимума – 645,2 тыс. т – в 1978 г. После спада производства в 1981–1985 г. наблюдался очередной его рост до 500 тыс. т в год вплоть до 1992 года. В дальнейшем произошло резкое снижение объемов товар-

**Таблица 19. Технологические показатели работы
обогащительной фабрики за 1965–1999 гг.**

Год	Руда, подаваемая на фабрику (сырая), тыс. т	Выработано товарного аггста тыс. т	В том числе по группам				Расход на 1 т то- варного аггста 3–6 групп, т		Расход руды на 1 т товар- ного аггста 3–4 групп, т
			3	4	5	6	Р23,5уды	волокна	
1965	1256	53,5	2,2	5,4	32,6	13,3	23,5	0,83	165,3
1966	2385	134,3	4,7	16,0	72,7	40,9	17,8	0,69	115,2
1967	2949	188,8	2,9	18,3	100,0	67,6	15,6	0,64	139,1
1968	2923	219,4	2,9	20,3	121,2	75,0	13,3	0,63	126,0
1969	3372	241,5	3,5	23,0	149,0	66,0	14,0	0,60	127,2
1970	3459	258,9	3,9	24,7	170,0	60,3	13,4	0,59	120,9
1971	3576	277,8	4,1	26,6	190,0	57,1	12,9	0,55	116,5
1972	4034	306,3	4,6	28,2	211,4	62,1	13,1	0,57	123,0
1973	4743	334,0	5,2	31,4	226,1	71,3	14,2	0,65	129,6
1974	7115	428,3	7,7	39,8	278,8	102,0	16,6	0,70	149,8
1975	10683	620,1	12,8	60,8	379,4	167,1	17,2	0,70	145,1
1976	11181	636,1	11,3	57,9	372,7	194,2	17,6	0,72	161,6
1977	11214	625,8	9,9	49,8	287,1	279,0	17,9	0,72	187,8
1978	10671	645,2	11,1	56,1	316,7	261,3	16,5	0,67	158,8
1979	10728	638,7	10,4	53,6	311,3	263,4	16,8	0,68	167,6
1980	10744	641,3	11,5	55,1	312,1	262,6	16,8	0,63	161,3
1981	9812	616,4	11,6	51,6	292,7	260,5	15,9	0,62	155,3
1982	9571	564,1	9,7	47,0	281,5	225,9	17,0	0,66	168,8
1983	9278	488,1	9,2	44,0	232,6	202,3	19,0	0,63	174,4
1984	8131	430,0	8,3	40,7	223,2	157,8	18,9	0,70	165,9
1985	6892	385,3	6,0	33,7	185,0	160,6	17,9	0,67	173,6
1986	6942	413,5	5,8	35,0	188,4	184,3	16,8	0,65	170,1
1987	6858	432,3	6,2	36,7	201,3	188,1	15,9	0,59	159,9
1988	7630	455,0	8,0	38,7	217,1	191,2	16,8	0,62	163,4
1989	7351	470,0	8,7	40,9	228,7	191,7	15,6	0,60	148,2
1990	7986	500,0	11,1	47,0	244,3	197,6	16,0	0,63	137,5
1991	7484	500,0	11,6	46,2	255,4	186,8	15,0	0,61	129,5
1992	5511	375,1	12,5	30,9	200,5	131,1	14,7	0,61	127,0
1993	4071	267,0	9,9	17,7	148,7	90,7	15,2	0,65	147,5
1994	2828	173,5	2,9	11,4	77,7	45,5	20,6	0,78	197,8
1995	3319	159,3	5,3	11,2	95,8	47,0	20,8	0,81	201,2
1996	3111	133,9	5,8	10,9	91,7	25,5	23,2	0,89	186,3
1997	3005	144,6	5,3	14,6	94,8	29,9	20,8	0,82	151,0
1998	2465	125,3	4,2	11,8	88,2	21,1	19,7	0,72	154,1
1999 (9 мес.)	1469	78,6	3,0	6,2	56,0	13,4	18,7	0,64	159,7
Итого	214747	12926,0	258,3	1143,2	6934,7	4594,2			
Среднее							16,6	0,66	153,7

ного асбеста, которые за последние 3–4 года варьировали в пределах 125–150 тыс. т в год.

Из анализа результатов работы обогатительной фабрики выясняется, что четкое налаживание процессов усреднения руды и её обогащения позволят обеспечить более полное извлечение полезного ископаемого – асбеста, а также увеличить эффективность выработки товарного асбеста. В отличие от других видов полезных ископаемых выход хризотил-асбеста после обогащения по массе увеличивается по сравнению с поданным на фабрику волокном вследствие попадания в товарный асбест мелкой фракции волокна и пыли. Поэтому в асбестовой промышленности существует понятие геологического волокна асбеста и товарного. В 1983 г. ГКЗ СССР при утверждении запасов месторождения установила переводной коэффициент от геологии к товару 1,54. Другими словами, это означает, что для получения 1 т товарного асбеста необходимо подать на фабрику 0,65 т геологического асбеста в руде. За весь период эксплуатации месторождения средний переводной коэффициент составил 1,52, при колебаниях по годам от 1,1 до 1,8.

За годы работы обогатительной фабрики средний расход волокна на 1 т товарного асбеста составил 0,660 т, а расход руды на 1 т товарного асбеста – 16,6 т (см. табл. 19). Наилучшие технологические показатели были получены в 1971 г., когда расход волокна и руды на 1 т товарного асбеста составил 0,550 т и 12,9 т соответственно. Если не учитывать итоги работы обогатительной фабрики за первый год, то самый высокий расход волокна и руды был допущен в 1994–1997 гг. – до 0,886 и 23,2 т соответственно. По приблизительным расчетам потери товарного асбеста тогда составили в сумме около 150 тыс. т, перерасход руды – более 2,0 млн т. Утверждение, что в эти годы увеличен относительный выход товарного асбеста 3–4 групп (высоких марок), не соответствует действительности, поскольку в 1994–1996 гг. возрос расход руды на производство 1 т товарного асбеста 3–4 групп до 201,2 т по сравнению со 127,0 т в 1992 г.

Номенклатура выпускаемой товарной продукции меняется в зависимости от требований потребителя и области применения асбеста. Межгосударственным стандартом ГОСТ 12871-93 “Асбест хризотилковый” утверждено, что марки асбеста зависят от фракционного состава во-

Таблица 20. Марки асбеста, вырабатываемые на комбинате «Кустанайасбест»

Группа	Марка товарного асбеста	Массовая доля остатка, %, не менее, на ситах с размером стороны ячейки в свету			Массовая доля фракции менее 0,4 мм, %, не более
		12,7 мм, 1-е сито	4,8 мм, 2-е сито	1,35 мм, 3-е сито	
3	A-3-70	0	70	20	2,5
	A-3-60	0	60	30	2,8
	A-3-50	0	50	35	3,0
4	A-4-40	0	40	44	3,5
	A-4-30	0	30	50	4,0
	A-4-20	0	20	58	4,5
	A-4-10	0	10	65	4,5
	A-4-5	0	5	70	5,5
5	A-5-65	0	0	65	9,0
	A-5-50	0	0	50	10,0
	A-6-45	0	0	45	12,5
6	A-6-40	0	0	40	13,0
	A-6-30	0	0	30	14,0
	A-6-20	0	0	20	14,5
	A-6K-45	0	0	45	13,0
	A-6K-30	0	0	30	20,0
	A-6K-20	0	0	20	24,0
	A-6K-5	0	0	5*	25,0

* Не более.

локна, определяемого методом сухого рассева на контрольном аппарате, состоящем из набора четырёх сит с разными размерами ячеек сеток. В табл. 20 приведены основные марки вырабатываемого в разные годы на комбинате «Кустанайасбест» товарного асбеста и их характеристика.

Выработанный товарный асбест дозируется по 50 кг, прессуется на специальных машинах в брикеты размером 200x400x800 мм, упаковывается в пропиленовые мешки (раньше в четырехслойные бумажные). В настоящее время введена в эксплуатацию упаковочная линия фирмы «СИГНОДЕ», что позволяет упаковку готовой продукции вести согласно мировым стандартам и повышает конкурентоспособность джетыгаринского асбеста на мировом рынке.

Физико-химические свойства джетыгаринского асбеста соответствуют существующим мировым стандартам. Прочность на разрыв составляет более 300 кгс/мм², плотность 2,4 – 2,6 г/см³, температура плавления 1450–1500 °С, коэффициент трения (по железу) 0,8, щелочность – Рн – 9,1 – 10,3, теплопроводность 0,047 – 0,066 ккал/м ч·град.

Кроме того, товарному асбесту в обязательном порядке присваивается сертификат радиационного качества, который составляется на основании исследования лабораторных проб, отобранных на складе готовой продукции. Результаты анализов показывают, что товарный асбест 3–6 групп Джетыгаринского месторождения, не содержащий амфиболовые минералы, по суммарной удельной активности естественных радионуклидов (ЕРН), равной 28–33 Бк/кг, относится к первому классу применения. Граничное значение первого класса материалов установлено 370 Бк/кг по суммарной удельной активности [48].

2.3.5. ПОПУТНЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Джетыгаринское месторождение хризотил-асбеста является комплексным [140], потому что здесь помимо асбеста подсчитаны и утверждены в ГКЗ СССР запасы скальных пород вскрыши, пригодных в качестве сырья для производства щебня, и в ГКЗ Республики Казахстан утверждены запасы нефритов, приуроченных к породам вскрыши. Кроме того, к попутным полезным ископаемым относятся отходы обогатительной фабрики. Невостребованными остались кобальт-никелевые руды Центрального участка с промышленным содержанием компонентов. Руды были приурочены к породам коры выветривания месторождения и попали во вскрышу проектного асбестового карьера. Балансовые запасы руды были утверждены ГКЗ СССР в 1961 г. в количестве 826 тыс. т по категории В при среднем содержании никеля 0,95 %, кобальта 0,07 %.

Наиболее распространенными вскрышными породами являются в разной степени серпентинизированные перидотиты, серпентиниты и в меньшей степени дайки диоритовых порфиринов. Результаты физико-механических испытаний невыветрелых вмещающих вскрышных пород показали, что серпентиниты имеют марку прочности “800”, остальные породы – “1000” – “1200” кг/см². Щебень, полученный из пород вскрыши, по сопротивлению удару имеет марку “У-75”. По истираемости щебень из серпентинитов соответствует маркам “И-1”, “И-II”, из остальных пород – “И-1”. Испытания на дробимость по фракциям 5–10, 10–20, 20–40 мм показали, что щебень из серпентинитов по всем фракциям в сухом состоянии в среднем имеет марку прочности “600”, из перидо-

титов – “1000”, из диоритовых порфиритов и плагиогранит-порфиритов – “1400”. Морозостойкость щебня из пород вскрыши колеблется в пределах “Мрз-25”–“Мрз-100”, что связано с разной степенью их серпентинизации и трещиноватости, из плагиогранит-порфиритов – “Мрз-100”.

В соответствии с отраслевыми стандартами щебень, полученный из пород вскрыши, пригоден в качестве заполнителей для бетона, для строительства автомобильных дорог, для производства асбокартона и в качестве крупнозернистой посыпки для мягкой кровли. Запасы скальных пород вскрыши, пригодных в качестве сырья для производства щебня по ГОСТу 8267–75, подсчитывались одновременно с подсчетом запасов хризотил-асбеста по состоянию на 1.01.1981 г. в контуре проектного карьера на конец отработки Основной залежи (глубина 690 м). Запасы вскрыши между разведочными линиями 13–33 отнесены к категории С₂ и утверждены ГКЗ СССР в количестве 493 526 тыс. м³.

Специальными исследованиями установлено, что отходы асбестового производства пригодны без какой-либо обработки для балластирования железнодорожных путей, как наполнитель для асфальтов дорожного покрытия, в качестве шихты при производстве кирпичей и крупнозернистой посыпки для мягкой кровли.

Для радиационно-гигиенической оценки пород месторождения были проведены многочисленные замеры их радиационной активности по пробам, отобранным непосредственно в карьере. В карьере обследованию подвергались породы площадок и бортов карьера, а также керны скважин. В 1992–1994 г. радиометром прослушано 7037 пог. м керны скважин эксплуатационной разведки и эксплуатационного опробования глубиной от 30 до 160 м. Специальными работами в 1995 г. вся площадь действующего карьера была радиометрически обследована пешеходной гамма-съемкой по площадкам карьера и его бортам на доступную высоту вдоль их протяженности по сети 20x10 м с непрерывным прослушиванием частоты импульсов гамма-излучения с целью выделения участков с повышенной радиоактивностью. В ходе лабораторных исследований проб пород, отобранных в карьере, определялась активность естественных радионуклидов: урана, тория, радия – ренгеноспектральным анализом, калия – методом пламенной фотометрии. Значения радиоактивности ультраосновных пород

и асбеста в основном находятся в пределах 2-14 мкР/ч. Повышенные значения гамма-излучения, равные 14–20 мкР/ч, связаны с дайками диоритовых порфириров, лампрофириров и родингитов. Согласно классификации строительных материалов [48] по радиационно-гигиенической оценке все разновидности пород месторождения относятся к 1-му классу строительных материалов, т. е. возможны все виды их использования без ограничений.

До выявления потребителя комбинату “Кустанайасбест” разрешено протоколом ГКЗ производить в установленном порядке списание с баланса предприятия попутно добываемых скальных пород вскрыши и отходов обогащения в связи с нецелесообразностью отдельного их складирования. В разные годы относительно небольшая часть вскрышных пород и отходов асбестового производства была отпущена потребителям. К тому же за последние семь лет наблюдается резкое уменьшение отгрузки товарной продукции вскрыши и хвостов: поставка посыпки уменьшилась со 132,5 до 2,3 тыс. т, щебня – со 188,6 до 0,12 тыс. м³, асбоотходов – с 1697 до 176,5 тыс. т.

С 1997 г. к попутным полезным ископаемым относится поделочный камень – нефрит, запасы которого были утверждены ГКЗ РК по категориям С₁ и С₂ в количестве 293 и 91 т соответственно (протокол № 65 от 29.10.1997 г.). По данным Ю.И. Ким. (1997) нефрит приурочен к зоне меланжа Джетыгаринского регионального разлома на сочленении с системой субширотных нарушений. Меланж представлен интенсивно перемятыми серпентинитами, в которых находятся (“плавают”) будины нефритов, родингитов, диоритовых порфириров, перидотитов, серпентинитов, имеющих разные размеры и форму. Часть нефритсодержащих будин сложена полностью нефритом (будины небольших размеров), в других нефрит включен в виде фрагментов в серпентинитовой или родингитовой корке будин. Размеры нефритсодержащих будин колеблются от 0,02 до 16 м³. В процессе добычи хризотил-асбеста нефритсодержащие породы вывозились в отвалы в качестве вскрыши, в карьере остались только содержащие нефрит негабаритные и глыбы, которые в настоящее время сконцентрированы на нерабочих площадках карьера.

Нефриты окрашены преимущественно в зеленые и серые тона, характеризуются высокой твердостью и большой вязкостью. По заключению независимой гоммологической экспертизы качество нефрита Джетыгаринского месторождения определено как “среднее коммерческое”, что позволяет рекомендовать его для изготовления сувениров и недорогих ювелирных украшений. Распределение нефритсодержащих будин в меланже является крайне неравномерным, поэтому разведка нефритов на месторождении целесообразна только в процессе изучения и обработки основного полезного ископаемого – хризотил-асбеста. В соответствии с “Требованиями к комплексному изучению месторождения...”[140] нефрит, как и вскрышные породы, следует рассматривать как попутное полезное ископаемое 1 группы.

Кроме того, к потенциальным попутным полезным ископаемым в перспективе можно отнести никель-кобальтовый и магнетитовый флотоконцентраты из отходов асбестового производства. Работы по промышленному использованию отходов были проведены в 1975–1977 гг. под руководством Г. М. Тетерева. В общем виде тема исследования была предложена прежним главным геологом комбината “Кустанай-асбест” Н. С. Черемных. Измельченная проба серпентинитов – отходов асбестового производства – при достаточном перемещивании в воде расслаивается на три естественные гравитационные фракции: асбестовую – 35–40% (легкая), серпентинитовую – 40–45% (вторая легкая), магнетитовую – 10–20% (тяжелая). Установлено, что асбестовая фракция, состоящая, в основном, из волокна самых низких сортов, оказалась пригодной в качестве добавки при производстве асбоцементных труб, как наполнитель при производстве огнеупорных красок, как заменитель минеральной ваты и технического войлока и др. Серпентинитовая фракция после доизмельчения идет на получения никель-кобальтового флотоконцентрата, в котором содержится до 25 % никеля, до 0,66 % кобальта, не считая серы, цинка, меди, золота, серебра, платиноидов и других элементов, ценность которых, как и способы их извлечения, не была установлена. Чистая серпентинитовая фракция может быть использована в производстве удобрительных и кормовых препаратов на базе сернокислых солей магния, железа, марганца, хрома и микроэлементов, в про-

изводстве металлического магния, как добавка в цементы, в каучуко-изделия, в производстве стеклоизделий. Тяжелая магнетитовая гравитационная фракция может служить источником железа, никеля, кобальта, хрома, марганца. Исследования по промышленному использованию отходов асбестового производства остались незавершенными из-за недостаточного количества производственных испытаний. Исследуемый Г. М. Тетеревым вопрос об использовании ультрамафитов в качестве комплексного сырья до него неоднократно поднимался В. В. Аршиновым, П. М. Татариновым, Н. Д. Соболевым и многими другими исследователями. В перспективе, с разработкой рентабельной технологической схемы извлечения рудных компонентов, отходы асбестового производства могут представить определенный промышленный интерес.

Глава 3. ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

Общепринятым является факт, что месторождения хризотил-асбеста в ультраосновных породах возникают в процессе серпентинизации этих пород при низких температурах на небольших глубинах. Однако условия серпентинизации и асбестообразования рассматриваются по-разному и прежде всего вопросы об источнике растворов и тектонических условиях формирования месторождений. Нет единого мнения по механизму и способам возникновения жил хризотил-асбеста. Большинство представлений о генезисе месторождений хризотил-асбеста основываются на устаревшей геосинклинальной теории.

Разным аспектам генезиса хризотил-асбестовых месторождений, включая экспериментальные, посвящены многочисленные исследования ученых. К ним относятся работы О. З. Алиевой [1–3, 32], В.Р. Артемова [8], О. Б. Бейсеева [19], Ю. А. Борщевского [32], А. С. Варлакова [33, 36, 37], Н. Н. Ведерникова [40–43], Н. Н. Джафарова [58, 59], В. Ф. Дыбкова [61], В. П. Еремеева [62, 63], К. К. Золоева [71–74, 76], А. А. Ковалева [82], З. Н. Корытковой [86, 87, 88], В. Н. Лодочкикова [94], Б. Я. Меренкова [63, 97, 98], А. Митчелла и М. Гарсона [102], А. С. Огнева [106], А. К. Сибилева [120–122], Н. Д. Соболева [127–129], П. М. Татарина [133, 137], Дж. Ферхугена [142], Д. С. Штейнберга [148], R. G. Coleman [151, 152], J. A. Dresser [154], H. Gabrielse [155], R. P. D. Graham [156], H. H. Hess [157, 158], F. E. Keep [159].

Известно два взгляда на механизм процессов серпентинизации ультрамафитов и асбестообразования. Например, В.Н. Лодочкиков [94], Н. Н. Hess [157, 158], О. З. Алиева [1–3, 32], А. К. Сибилев [120–122] и многие другие считают процессы серпентинизации автометаморфическими, т. е. происходящими под действием горячих вод самих ультрамафитов. С позиции других исследователей, таких как J. A. Dresser [153, 154], R. P. D. Graham [156], П. М. Татарин [135–137], F. E. Keep [159], Н. Д. Соболев [127–129], Б. Я. Меренков [97–99], В. Ф. Дыбков [61],

В. Р. Артемов [8, 10–13], К. К. Золоев [67, 68, 70, 73, 74, 76, 79], Н. Н. Ведерников [40–44], А. С. Варлаков [33–36, 38], К. Г. Башта [16, 17], В. П. Еремеев [62, 63] и многих других, серпентинизация ультрамафитов происходит как при автометаморфизме, так и при аллометаморфизме. Большинство из этих исследователей считают, что аллометаморфизм происходит под воздействием более поздних интрузий кислого состава. Один из основоположников этой точки зрения П. М. Татаринов, не отрицая автометаморфической серпентинизации и асбестообразования, считал, что "... крупные промышленно ценные месторождения хризотил-асбеста, интенсивно насыщенные асбестом, возникали только при наложении на серпентинизированные автометаморфическим путем гипербазиты процессов аллометаморфизма, обусловленных гидротермами более молодых, чем, гипербазиты, гранитоидных интрузий" [137]. Развивая эту идею, В. Р. Артемов [13, 14] полагал, что наличие кислых даек, распространенных на месторождениях асбеста, доказывает их происхождение за счет гранитоидных гидротерм. К. К. Золоев [102] считал, что крупные промышленные месторождения хризотил-асбеста размещаются в благоприятных породах на контакте и вблизи гранитоидов на уровне апикальных и средних частей вскрытых эрозией интрузий. Однако не все месторождения хризотил-асбеста расположены вблизи гранитоидных интрузий (Молодежное, Актоврацкое и мн. Др.). В таких случаях сторонниками этой точки зрения предполагались на глубине гранитоидные интрузии. По этому поводу К. К. Золоев писал: "Асбестоносные гипербазиты многих месторождений хризотил-асбеста непосредственно не прорываются более молодыми гранитоидами. По видимому, связь "гранитоид - асбестообразующие источники растворов", скорее парагенетическая, чем генетическая. Вероятно, гранитоиды являются источниками тепла, под воздействием которого активизируются фреатические воды, вызывающие в гипербазитах аллосерпентинизацию и асбестообразование" [96].

В целом, рассматривая связь асбестовых месторождений с гранитоидными интрузиями, многие исследователи, в том числе К. К. Золоев, источниками асбестообразующего вещества, включая кремнезем, считают вмещающие ультрамафиты, а не гранитоиды. К. К. Золоев [73] обосновал вынос асбестообразующего вещества из вмещающих пород при серпентинизации.

Основываясь на непостоянной пространственной связи гранитоидов и асбестовых месторождений, Н. Н. Ведерников [43] полагает, что месторождения, связаны с воздействием растворов “габроидной” магмы. Однако в большинстве своем сторонники контактового генезиса связывают асбестообразование либо с инверсионным этапом развития геосинклинали и соответствующими гранитоидами, либо с орогенным при воздействии салических интрузий на доинверсионные ультрамафиты.

Исходя из данных о геологическом строении месторождений хризотил-асбеста, мы считаем, что аллометаморфическая серпентинизация является важнейшим фактором асбестообразования и нет необходимости привлекать в качестве такового гидротермальное воздействие на серпентиниты более поздних гранитоидных интрузий. Асбестовые месторождения формируются в условиях серпентинизации вмещающих ультрамафитов без привноса каких-либо компонентов серпентинизирующими водами. Это можно подтвердить следующими данными:

1. Химические составы хризотил-асбеста и сопровождающих его серпентинитов близки к составу вмещающих пород и для их образования нет необходимости в привносе дополнительных компонентов.

2. Существует прямая зависимость между мощностями оторочек и одиночных асбестовых жил (см. рис. 6), свидетельствующая о выносе асбестообразующих компонентов из прилегающих зон серпентинизации.

3. Вещественный состав асбестовых жил контролируется вещественным составом околожильных пород.

4. Серпентинизация ультрамафитов сопровождается уменьшением объемной массы на 0,2–0,3 единицы (см. табл. 2) [73]. Уменьшение объемной массы при серпентинизации должно сопровождаться выносом избыточных компонентов, в том числе асбестообразующих.

Большинство исследователей, рассматривающих историю геологического развития Земли с позиции мобилизма, полагают, что альпитипные ультрамафиты являются продуктом верхней мантии и поступают в кору океанского типа [102]. Последняя возникает в условиях океанского рифтогенеза при спрединге в океанских хребтах, глубоководных, междуговых и краевых бассейнах. Асбестоносные тектонизированные гарцбургиты с подчиненными дунитами залегают в самом основании колонны офиолитов, слагающих океанскую плиту и распо-

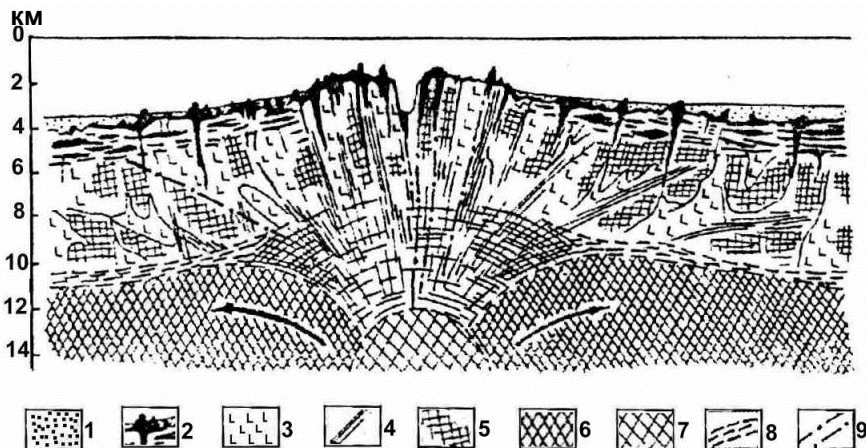


Рис. 28. Идеализированное геологическое строение коры и верхней мантии в центральной части срединно-океанских хребтов (по Л. В. Дмитриеву, 1972): 1 – осадочные породы; 2 – базальты, туфы, пирокласты, переслаивающиеся с осадочными породами; 3 – габбро, долериты, диабазы; 4 – зеленокаменные породы (с подчиненными амфиболитами); 5 – сильно серпентинизированные и катаклазированные шпинелевые перидотиты; 6 – слабо серпентинизированные шпинелевые перидотиты; 7 – сильно уплотненные породы мантии, возможно, гранатые перидотиты; 8 – метаморфические породы; 9 – линии тектонических нарушений. Стрелками показано направление движения вещества мантии

Вторая стадия серпентинизации и асбестообразования происходит вслед за первой, в результате воздействия вод извне на тектонизированные ультрамафиты, и носит аллометаморфический характер. Существуют данные, позволяющие предполагать, что в процессе аллометаморфической серпентинизации принимают участие воды океана. При исследовании изотопного состава серпентинитов срединного хребта Атлантического океана в них были обнаружены комбинации “тяжелого” водорода и “легкого” кислорода, характерные для океанских вод [142]. По мнению тех же исследователей, при серпентинизации перидотитов происходит привнос бора – типичного химического элемента морской воды. Имеются основания полагать, что в процессе серпентинизации и асбестообразования на второй стадии могут участвовать и магматические воды – продукты флюидов, возникающих при дегазации верхней мантии и поступающих через океанский рифт в тектонизированные ультрамафиты, подымавшиеся из мантии тем же путем. В таком случае процесс серпентинизации и асбестообразования на второй стадии можно

рассматривать, как процесс сходный с автometаморфизмом. По мнению R. G. Coleman [151, 152] серпентинизация пород в “океанскую” стадию происходит под воздействием циркулировавших морских вод, смешивавшихся с остаточными “магматическими” газами, что обусловило их низкий окислительный потенциал.

В стадии аллometаморфизма поступающие из верхней мантии и транспортирующиеся в зону субдукции тектонизированные гарцбургиты и сопровождающие их дуниты испытывают процесс серпентинизации в зависимости от степени тектонизации, поскольку тектонизация ультрамафитов создает благоприятные условия для циркуляции вод. Более раздробленные и меланжированные породы серпентинизируются почти нацело, менее раздробленные – замещаются серпентинитами частично и сохраняют относительно слабо серпентинизированные ядра (будины) гарцбургитов и дунитов (см. рис. 27). Крупные ядра (будины) гарцбургитов и дунитов на этой стадии почти не серпентинизируются, сохраняя α – лизардитизированный петельчатый облик, возникший в стадии автometаморфизма.

Во вторую стадию серпентинизации при незначительном разогреве ультрамафитов, который, возможно, происходит при транспортировке [37], 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 избытка железа, магния и кремнезема, которые переотлагаются в виде асбеста, брусита, магнетита. Этот процесс можно выразить следующей реакцией:



Выносятся раствором из зон серпентинизации
и отлагаются в трещинах и полостях

Как уже отмечалось, при разведке Джетыгаринского месторождения была установлена четкая связь химического состава пород с их асбестоносностью. Промышленная асбестоносность тяготеет главным образом, к гарцбургитам с содержанием энстатита (бастита) 10–20%. В одинаковых структурных условиях уменьшение содержания бастита приводит к снижению интенсивности оруденения. В дунитах также наблюдаются незначительные содержания асбеста низкого качества. Следовательно, соотношение компонентов в растворах, выносимых при серпентинизации гарцбургитов, максимально приближено к соотношению таковых в хризотил-асбесте, что было доказано К. К. Золоевым [68]. При тектонизации ультрамафитов крупные ядра образуются по относительно однородным по составу породам. При транспортировке дунит-гарцбургитового полосчатого комплекса возникают мелкие ядра гарцбургитов, образующие переход от крупных ядер к серпентинитовому меланжу. Ядра (будины) более “жестких” гарцбургитов рассеиваются в аподунитовых серпентинитах. Следует отметить, что дуниты при автометаморфизме серпентинизируются интенсивнее и становятся более пластичными, чем гарцбургиты. Именно мелкие ультрамафитовые ядра обуславливают появление асбестоносности типа сложных жил, крупной и мелкой сеток и в конечном итоге зонально построенных крупных залежей. На Джетыгаринском месторождении в мелких залежах переходы крупных ядер к серпентинитовой кайме резкие и характеризуются отсутствием будинаж–структур.

Трещины, вмещающие асбестовые жилы, возникали преимущественно тектоническим путем. При этом наиболее оптимальными оказались контактовые части как крупных, так и мелких ядер. Видимо, на этих контактах действовали силы растяжения, породившие наиболее мощные трещины отрыва. В случае образования сложных (концентрических) зональных жил вокруг мелких ультрамафитовых ядер (см. рис. 7) нельзя исключить контракционный характер трещинообразования, что отмечал П. М. Татаринев [137]. Нельзя исключить также, что при образовании полостей, вмещающих асбестовые жилы, определенную роль играли процессы выщелачивания, увеличивающие их объем.

Во время образования жил хризотил-асбеста циркуляции или перемещения растворов вдоль трещин не происходило. Иначе, как это заметил К. Г. Башта [16,17], можно было бы ожидать выравнивания химического

состава вдоль жилы. Это подтверждается тем, что асбест в жилах прерывается участками хризотил-офита. Следовательно, вещественный состав асбестовых жил даже на очень небольших интервалах совпадает с вещественным составом околожилных пород. Видимо, серпентинизирующие растворы, заполнявшие трещины, имели застойный режим и находились под давлением, позволявшим растворять вмещающие породы. Прожилки и жилки асбеста не имеют большой мощности, ибо значительная мощность полости, в которых асбест отлагается, привела бы к снижению напора. По мнению большинства исследователей, кристаллы хризотил - асбеста образуются не ростовым способом, а одноактно, возможно при резком падении давления, после насыщения растворов асбестообразующими компонентами – кремнеземом и магнием.

Химические процессы при серпентинизации и асбестообразовании протекают в условиях повышения pH растворов в присутствии кислоты. Показателями повышенной щелочности среды служат кристаллизующиеся магнетит и брусит [36]. При завершении процесса формируются наименее железистые минералы серпентинитов – хризотил и асбест. Серпентинизация и асбестообразование протекают в условиях дефицита свободного кремнезема (отсутствие кварца) и при избытке магния (кристаллизация брусита). Следовательно, содержание кремнезема в растворах является фактором, ограничивающим асбестообразование [16]. Уместно заметить, что *дефицит кремнезема* вряд ли может возникнуть при асбестообразовании под влиянием гранитоидных магм.

В связи с тем, что асбестоносная океанская кора формируется и существует субаквально и в большинстве случаев исчезает в процессе субдукции, важным является определение условий сохранения океанской литосферы, в том числе залежей асбеста, на континенте. Обычно сохраняются участки океанской литосферы, которые возникли на ранних стадиях спрединга океанских бассейнов и располагались вблизи континентальной окраины [102]. В таком случае они могут быть подняты и обнажены в пределах внешних дуг при перемещении зоны субдукции от границы раздела океанской и континентальной коры в сторону бассейна (рис. 29). Наиболее крупные пластины асбестоносных офиолитов, вероятно, могут быть перемещены в субазральные условия только тогда, как океанский хребет или трансформная система



- сутурная линия
- | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |

достигают зоны субдукции незадолго до столкновения континентов. Последнее приводит к надвиганию (обдукции) пластин океанской литосферы на континентальную окраину. При этом меланж с офиолитами располагается либо на хинтерленде, либо на склоне горного хребта перекрывающей плите, либо в надвиговом поясе форланда подстилающей плиты, а также в сутурных зонах, возникающих на месте зон субдукции [59, 60, 102].

Месторождение поперечно-волокнистого асбеста (баженовский и лабинский типы) располагаются, либо в обдурцированных пластинах, либо в аккреционных призмах. В случаях усиления одностороннего давления происходит трансформация поперечно-волокнистого асбеста в продольно-волокнистый. В результате возникают месторождения карачаевского типа. Этот процесс происходит в условиях повышения температуры и рН растворов, при высокой активности Mg, что приводит к обогащению продольно-волокнистого асбеста немалитом. В таких зонах появляются наложенные динамотермальные метаморфиты тремолит-актинолитового состава, развитые преимущественно по пироксенитам. Рудовмещающие серпентиниты чаще всего перекристаллизуются в антигорит-тальковые породы, по ним развивается интенсивное рассланцевание. При коллизии месторождения асбеста не сохраняются.

В заключении необходимо подчеркнуть, что не все исследователи согласятся с предложенной концепцией формирования и сохранения месторождений хризотил-асбеста. Многие продолжают рассматривать их образование с позиции геосинклинальной теории, увязывая генезис асбеста с гранитоидами. Возвращаясь к этому вопросу, заметим, что влияние гранитоидов на асбестовые месторождения, видимо, не всегда деструктивное. Не исключается частичное переотложение асбес-

Рис. 29. Геолого-генетическая модель условий формирования и сохранения хризотил-асбестовых месторождений, связанных с альпийскими ультрамафитами: 1 – континентальная кора; 2–6 – океаническая кора; 2–3 – осадочные отложения: 2 – грубообломочные, 3 – тонкообломочные; 4 – базальты, туф, пирокласты, переслаивающиеся с осадочными отложениями; 5, 6 – тектонические ультрамафиты: 5 – серпентинитовый меланж, 6 – крупные ультрамафитовые «ядра»; 7 – кора переходного типа; 8 – разломы; 9 – направление перемещения, 10–12 – месторождения, геолого-промышленный тип: 10 – баженовский, 11 – лабинский, 12 – карачаевский.

товых залежей под влиянием кислых гидротерм гранитного происхождения. Однако промышленное накопление асбеста происходит уже на океанском этапе развития литосферы. Следует заметить, что во всех офиолитовых поясах (включая Джетыгаринский район) Уральского и Восточно-Казахстанского щитов в догранитных базальных конгломератах имеются гальки уже рассланцованных и серпентинизированных ультрамафитов и серпентинитов с асбестовой минерализацией [89, 115, 117, 139, 149], что доказывает догранитный возраст асбестовых руд.

Генезис хризотил-асбестовых месторождений аспагашского типа связан, вероятно, с термальным метаморфизмом карбонатных пород существенно доломитового состава без значительного привноса асбестообразующих компонентов извне. Кремнезем и магний на этих месторождениях поступают из глинистых доломитовых мергелей и доломитов, на контакте которых образуются асбестовые жилы. Это подтверждается тем, что обычно асбестовые жилы приурочены к контактам слоев глинистых доломитовых мергелей и доломитов, редко к небольшим трещинам, секущим эти прослои. Образование асбестовых жил и окаймляющих их серпентинитов всегда сопровождается внешней зоной кальцитизации доломитов, являющихся источником магния [112].

Источниками тепла в большинстве случаев, видимо, являются интрузии, поскольку месторождения располагаются магматических узлах в экзоконтактах массивов мафическо-салического состава. Однако некоторые месторождения не обнаруживают прямой связи с интрузиями, располагаясь на большом удалении от них. В таких случаях можно предполагать, что месторождения возникают в результате регионального метаморфизма.

Асбестовые жилы используют для своего размещения структуры межпластового отслоения и полости разрывных нарушений. В качестве серпентинизирующих растворов выступают, по-видимому, поровые и гидротермальные воды. Источником кремнезема служит глинистое вещество мергелей. Следовательно, главнейшими рудоконтролирующими факторами для объектов аспагашского типа являются доломитовые толщи, магматические узлы мафическо-салических интрузивов, переслаивание глинистых доломитовых мергелей с доломитами, наличие серпентинизации.

Глава 4 .ПЕРСПЕКТИВЫ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТОНОСНОСТИ КАЗАХСТАНА

Оценка перспектив хризотил-асбестоносности Казахстана – задача непростая. Она затруднена неравномерной изученностью территории, а также достаточно ретроградным подходом большинства исследователей к вопросам генезиса хризотил-асбестовых месторождений. Большой вклад в оценку перспектив Казахстана внесли П. М. Татаринов, В. Р. Артемов [138]; И. И. Бок, Н. Н. Ведерников, Е. М. Мендельсон [29]; М. М. Будай (1972); Н. Н. Ведерников, В. И. Лысов (1980); А. В. Струтынский [132]. Независимо от генетических воззрений мнение авторов было единым: территория Казахстана перспективна на хризотил-асбест. К сожалению, за исключением П. М. Татаринова и В. Р. Артемова, каждый автор оценивал лишь ограниченную территорию, положив в основу своих построений принципы, не всегда увязанные с принципами других исследователей. М. М. Будай рассматривал лишь часть Северо-Западного Казахстана, не охватив полностью даже казахстанскую часть Уральского щита. Н. Н. Ведерников оценил лишь Восточный Казахстан. Он совместно с В. И. Лысовым произвел достаточно убедительную количественную оценку территории. К сожалению, общую картину перспектив не сформировал никто из исследователей.

В основу оценки перспектив хризотил-асбестоносности нами положены принципы специального (отраслевого) прогнозирования [118]. Из приведенных выше данных о геолого-промышленных типах хризотил-асбестовых месторождений можно экстрагировать сведения о закономерностях их размещения (табл. 241), которые путем последующих трансформаций позволяют вывести вначале рудоконтролирующие факторы, а затем критерии прогнозной оценки площадей.

Под *закономерностями размещения месторождений полезных ископаемых* нами понимаются устойчивые пространственные, временные и генетические связи оруденения с геологическими образованиями различных масштабов и порядков. Закономерности размещения опре-

Таблица 21. Закономерности размещения месторождений хризотил-асбеста Казахстана

Геолого-промышленный тип	Геотектоническая позиция	Структурное положение	Локальные тектонические структуры	Рудоносная геологическая формация*	Тип измененных пород
Баженовский	Океанская литосферная плита; тектонизированные ультрамафиты из зоны спрединга	Аллохтоны океанской литосферной плиты в зонах обдукции; аккреционные призм с фрагментами океанской литосферы; сутурные линии не испытавшие последующего сжатия	Аллохтоны ультрамафитов; тектонизированные ультрамафитовые массивы; зоны развития мелких габрцбургитовых ядер	Габбро-перидотитовая (альпидотитная) формация рифейского, ранне - и среднепалеозойского возраста; дунит-габрцбургитовая ассоциация, полочатый дунит-габрцбургитовый комплекс; мелкие ядра габрцбургитов; габрцбургиты с содержанием энстатита 10?20 %.	Неравномерная хри-зотил-лизардитовая серпентинизация ультра-мафитов
Лабинский			Аллохтоны ультрамафитов; тектонизированные ультрамафитовые массивы; зоны разрывных нарушений в массивных серпентинитах.	Габбро-перидотитовая (альпидотитная) формация рифейского, ранне- и среднепалеозойского возраста	Интенсивная хризотил-лизардитовая серпентинизация ультрамафитов
Карачаевский		Сутурные линии, испытавшие интенсивное сжатие	Автохтоны ультрамафитового состава; тектонизированные массивы; зоны смятия и расщелачивания в серпентинитах		Полная серпентинизация ультрамафитов

* Дополнительно указаны локальные литолого-петрографические и петрохимические закономерности.

деляют формальную связь месторождений и геологических образований. В табл. 21 сведены основные закономерности размещения хризотил-асбестовых месторождений: геотектоническая позиция, структурное положение, локальные тектонические структуры, рудоносные геологические формации и их возраст, типы измененных пород. Если первая позиция является историко-геологической закономерностью, то все остальные относятся к закономерностям регионально-структурным. При минерагеническом анализе и, соответственно, определении критериев прогнозной оценки нами будут использованы лишь региональные закономерности размещения, так как локальные при нашем масштабе исследований вряд ли могут быть полезны.

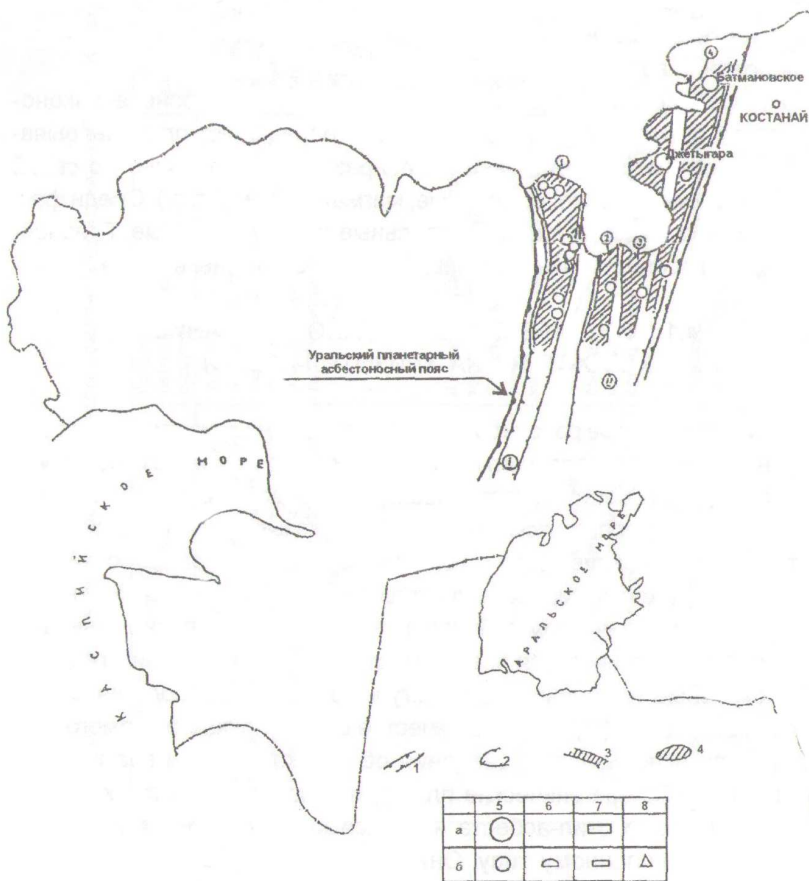
Рудоконтролирующие факторы выводятся на основе закономерностей размещения месторождений и определяют причины выявленных закономерностей. Факторы подразделяются обычно по своей природе (климатические, временные, магматические и т. п.). Среди факторов обычно выделяются положительные и отрицательные. Главнейшие рудоконтролирующие факторы были рассмотрены в главе 3.

4.1. МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ КАЗАХСТАНА НА ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ

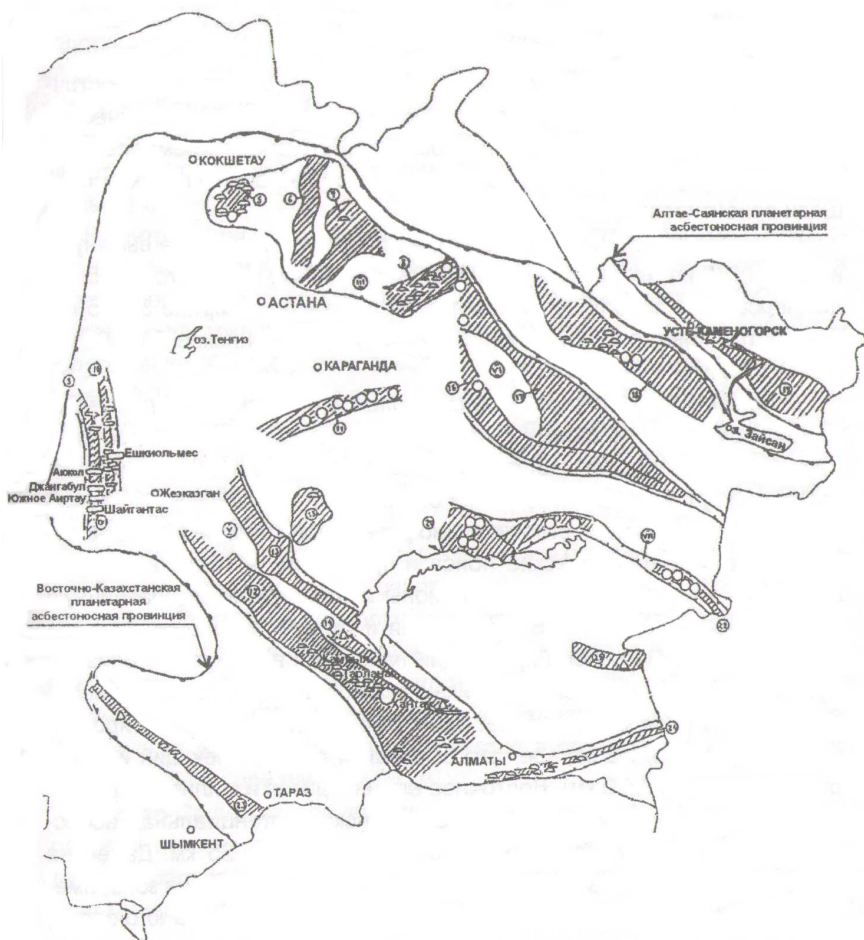
Минерагеническое районирование Казахстана на хризотил-асбест выполнено на основе отраслевого минерагенического анализа с использованием критериев асбестоносности. Последние представляют характерные признаки геологических образований, указывающие на их рудоносность. Они устанавливаются с использованием закономерностей размещения и рудоконтролирующих факторов асбестовых месторождений.

При минерагеническом районировании территории принимались во внимание геотектоническая позиция и структурное положение территорий, локальные тектонические структуры, рудоносные геологические и метасоматические формации. В качестве определяющего прямого признака были использованы сведения об асбестовой минерализации. Выделенные минерагенические площади охватывают месторождения и проявления хризотил-асбеста вне зависимости от принадлежности их к геолого-промышленному типу. Они сгруппированы в асбестоносные минерагенические зоны и районы, пояса и провинции (рис. 30).

Рис. 30. Главнейшие хризотил-асбестоносные площади Казахстана: 1, 2 – минерагенические асбестоносные: 1 – пояса (I – Сакмарский, II – Восточно-Уральский, IV – Улытауский, V – Балхаш-Илийский, VI – Чингиз-Тарбагатайский, VII – Кентерлауский); 2 – провинции (III – Степняк-Майкаинская); 3, 4 – минерагенические асбестоносные: 3 – зоны (1 – Кимперсайская, 2 – Кiemбаевская, 3 – Джетыгаринская, 4 – Притобольская, 6 – Селетинская, 7 – Олетинская, 8 – Шидертинская, 9 – Западно-Улытауская,



10 – Восточно-Ульгауская, 11 – Тектурмасская, 12 – Чу-Балхашская, 13 – Атасу-Илийская, 14 – Бурунтау-Анрахайская, 16 – Чингиз-Акшатауская, 17 – Тарбагатайская, 18 – Чарско-Горностаевская, 19 – Прииртышская, 21 – Тюлькуламская, 22 – Джунгарская, 23 – Каратауская, 24 – Заилыйская), 4 – районы (5 – Боровской, 15 – Бассагинский, 20 – Итмурундинский, 25 – Южно-Джунгарский); 5–8 – месторождения (а) и проявления (б) асбеста геолого-промышленных типов: 5 – баженовского, 6 – лабинского, 7 – карачаевского, 8 – аспагашского



Самыми крупными минерагеническими асбестоносными территориями в Казахстана являются Уральский планетарный асбестоносный пояс, Восточно-Казахстанская планетарная асбестоносная провинция и небольшой фрагмент Алтае-Саянской планетарной асбестоносной провинции.

Уральский планетарный асбестоносный пояс, пространственно совпадающий с Уральским щитом, протягивается в меридиональном направлении на 2500 км и достигает 400 км. На северо-западе Казахстана находится его южная четверть, в пределах которой выделены два минерагенических асбестоносных пояса – Сакмарский и Восточно-Уральский. В пределах первого находится Кимперсайская минерагеническая асбестоносная зона, а Восточно-Уральский включает Кимбаевскую, Джетыгаринскую и Притобольскую зоны. Все минерагенические площади ориентированы меридионально.

Сакмарский и Восточно-Уральский асбестоносные пояса вытянуты на 550 и 770 км, ширина первого равна 50–100 км, а второго – 135 км. Кимперсайская зона прослеживается на 300 км при ширине 30–75 км. Параметры Кимбаевской зоны 50х175 км, Джетыгаринской 70х400 км, Притобольской 10 – 35х450 км.

Восточно-Казахстанская планетарная асбестоносная провинция имеет изометричную форму с параметрами 1100х1250 км. Пространственно она совпадает с Восточно-Казахстанским щитом и прилегающими к нему с юга коллизионными структурами Заилийского Алатау. В пределах планетарной провинции относительно равномерно распределены асбестоносные минерагенические пояса и провинции, а также не вписывающиеся в них асбестоносные районы и зоны, имеющие различную интенсивность асбестового оруденения и разную потенциальную асбестоносность. На севере провинции находится вытянутая в близширотном направлении Степняк-Майкаинская провинция, имеющая параметры 250х500 км. Она включает один район и три зоны, ориентированные поперек ее. На западе это Боровской район, имеющий изометричную форму (70х70 км). Восточнее его, располагается, извилистой формы меридионально ориентированная Селетинская потенциальная асбестоносная зона, протяженностью 200 км при ширине 25 км. Далее на

восток расположена вытянутая на северо-восток Олетинская зона, имеющая форму воронки, которая обращена узким концом на юго-запад; ширина ее 60–125 км, а длина 200 км. Шидертинская зона восток-северо-восточного простирания имеет параметры 50x150 км.

Крайний западный асбестоносный пояс, Ульгтауский, протягивается меридионально на 300 км при ширине 75 км и включает две узкие параллельные зоны – Западно-Ульгтаускую (25x275 км) и Восточно-Ульгтаускую (25x200 км). Расположенный на юго-западе самый крупный Балхаш-Илийский пояс имеет изогнутую в виде бумеранга форму. Длинная его часть ориентирована в северо-западном направлении, короткая – в близширотном. Его протяженность 1150 км, а ширина от 40 до 175 км. Он охватывает четыре зоны, ориентированные на северо-запад: Чу-Балхашскую (50–100x 00 км), Атасу-Илийскую (35x350 км, с раздувом до 90 км), Бурунтау-Анархайскую (20x300 км). Четвертая, широтная Заилийская зона протягивается на 350 км при ширине всего лишь 15 км.

В центральной части планетарной провинции располагаются изометричный, диаметром 75–85 км, Бассагинский район и ориентированная в восток-северо-восточном направлении Тектурмасская зона (50x275 км). На северо-востоке провинции находится вытянутая в северо-западном направлении Чарско-Горностаевская зона протяженностью 400 км и шириной 35–75 км. Южнее ее расположен Чингиз-Тарбагатайский пояс, прослеживающийся в северо-западном направлении на 750 км при очень непостоянной ширине – от 20 до 175 км. В его состав входят две зоны того же направления – Чингиз-Акшатауская (25–50x500 км) и Тарбагатайская (25–100 x 500 км).

В центральной части провинции известен близширотный Кентерлауский пояс, охватывающий широтно ориентированный Итмурундинский район (75x150 км), широтную дугообразную Тюлькуламскую зону (40x175 км) и запад-северо-западную Джунгарскую зону (30x150 км). Южнее пояса располагается широтный Южно-Джунгарский район с параметрами 40–175 км. На крайнем юго-западе провинции выделена Каратауская зона, которая протягивается в северо-западном направлении на 450 км при ширине 60 км.

Алтае-Саянская планетарная асбестоносная провинция располагается на северо-восток от территории Казахстана, в который захо-

дит лишь юго-западная ее окраина. В ее пределах известна Прииртышская минерагеническая асбестоносная зона протяженностью 400 км и шириной от 20 до 75 км. Размещение месторождений асбеста, их рудных полей и рудопоявлений контролируются локальными факторами, что должно учитываться при локальном прогнозе в пределах определившихся и потенциально асбестоносных минерагенических площадей. Эти площади различаются по степени реализации их асбестоносного потенциала: первые – площади с промышленными месторождениями и поставленными на баланс их запасами, вторые – площади, где предполагаются лишь прогнозные ресурсы или наличие асбестовой минерализации.

4.2. ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ АСБЕСТОНОСНОСТИ КАЗАХСТАНА

Разведанные запасы асбеста в мире оцениваются около 250 млн т. Почти три четверти этих запасов сосредоточено в России (около 150 млн т) и Канаде (37 млн т). Казахстан обладает 26,702 млн т разведанных запасов асбеста, стоящих на балансе, и занимает третье место после России и Канады. Значительные запасы асбеста сосредоточены также в ЮАР (15 млн т), Зимбабве (7 млн т), США (4 млн т), Бразилии (3,5 млн т), Австралии (1,9 млн т), Греции (1,5 млн т), Италии (1 млн т) [51].

Собственное потребление асбеста странами производителями, за исключением России, как правило, незначительное. Основная масса сырья экспортируется. Главными импортерами асбестовой продукции являются США, Япония, Великобритания и др. высокоразвитые страны. В последние годы потребность в асбесте резко возросла в Китае, Иране и странах Юго-Восточной Азии.

Техника и технология добычи асбестовых руд за рубежом и в Казахстане практически одинаковые. Во всем мире добыча асбеста в основном, производится открытым способом, а в ЮАР, Зимбабве и Канаде – в небольших объемах подземным. Среднее содержание асбеста в руде на месторождениях России и Казахстана 3,5–4 %, Зимбабве – 6–7 %. Данных по месторождениям других стран нет. В Канаде, по-видимому, оно ниже, чем 3,5–4 %, поскольку асбестовая промышленность этой страны в последнее десятилетие переживает большие трудности, связанные не только с ухудшающейся конъюнктурой асбеста в мире, но и

с качеством сырья [54].

Вся асбестовая промышленность Казахстана сосредоточена в г. Житикаре Костанайской области и развивается на базе Джетыгаринского месторождения. В настоящее время глубина карьера на месторождении составляет 260 м, при достаточно высоком среднем коэффициенте вскрыши. Отработка глубоких горизонтов месторождения (глубже 400 м) может оказаться нерентабельной. На месторождении достаточно низкие содержания высоких сортов волокна (6–8 % от общих запасов). Для сравнения отметим, что на месторождениях Зимбабве этот показатель 20 %. Запасы других хризотил-асбестовых месторождений Казахстана, таких, как Ешкиольмес, Шайтанас, Джангабул, Южный Аиртау и Аюкал, сняты с баланса запасов в связи с их некачественностью. Таким образом, становятся актуальными оценка перспектив территории Казахстана на хризотил-асбест и выявление новых объектов, руды которых будут обладать высокой конкурентоспособностью на мировом рынке. Это должно определяться их залеганием, значительным выходом высоких сортов, большими запасами и удобным географическим положением.

В основу методики подсчета прогнозных ресурсов был положен метод аналогий, заключающийся в сравнении альпинотипных ультрамафитовых массивов оцениваемой площади с эталонными массивами на основе критериев прогнозной оценки и прямых признаков (наличие месторождений или проявлений асбеста). При сравнении массивов с помощью критериев и прямых признаков выводился коэффициент сходства, имеющий значения от 0,1 до 1,0. Для эталонных массивов определялась продуктивность в тоннах на квадратный километр. Формула определения продуктивности имеет вид:

$$П = \sum : S,$$

Где П – продуктивность в т/км², \sum – суммарные запасы массива до глубины 300 м³; S – площадь эталонного массива ультрамафитов, км².

В качестве эталонного массива для прогнозирования месторождений баженовского геолого-промышленного типа был выбран Джетыгаринский, где запасы хризотил-асбеста до 300 м глубины составляли около 20 000 тыс. т. Таким образом, если учесть, что общая площадь выхода ультрамафитов Джетыгаринского массива составляет 75 км²,

* Полагаем, что запасы хризотил-асбеста, залегающие глубже 300 м остаются не востребованными в ближайшие 10–15 лет.

Таблица 22. Минерально-сырьевой потенциал хризотил-асбеста Казахстана на 1.01.1999 гг.

Геолого-промысловый тип	Запасы										Ресурсы Р ₃		Минерально-сырьевой потенциал	
	балансовые		забалансовые		не учтенные в балансе				Итого		Ресурсы Р ₃		Минерально-сырьевой потенциал	
	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%
Баженовский	26702	46	1640,5	28,0	3638	6	46745	80,0	35901	85,7	82646	82,4		
Карачаевский			11649	20			11649	20	5000	12,0	16649	16,6		
Лабинский									870	2,0	870	0,9		
Аспагашский									110	0,3	110	0,1		
Всего	26702	46	28054	48	3638	6	58394	100	41881	100	100275	100		

то его продуктивность достигает 230 тыс. т/км². Однако, Джетыгаринское месторождение является уникальным, и вероятность наличия массивов с такой степенью асбестовой минерализации низкая. Поэтому для других массивов приняли продуктивность 130 тыс. т/км². Для подсчета прогнозных ресурсов лабинского геолого-промышленного типа была принята продуктивность Тарланатского массива альпинотипных ультрамафитов, расположенного в Чу-Балхашской минерагенической зоне. На этом массиве известно проявление Тарланат, где до 300 м глубины можно оценить запасы в количестве около 80 тыс. т. Площадь массива 20 км². Таким образом, продуктивность альпинотипных ультрамафитов эталонного объекта приравнивается к 4 тыс. т/км². По карачаевскому и аспагашскому геолого-промышленным типам продуктивность не подсчитывалась. Для них прогнозные ресурсы были приняты на основе подсчетов Н. Н. Ведерникова, В. И. Лысова (1980).

С 1986 г. на всех асбестовых комбинатах бывшего СССР была внедрена новая единая методика определения содержания асбеста [101]. В связи с чем возникла необходимость пересчета запасов геологических сортов на классы крупности волокна. Подобные пересчеты были сделаны на Баженовском, Киембаевском и Актотракском месторождениях. При переходе на единую методику определения содержания асбеста выявилась низкая промышленная ценность приконтурных бедных мелкосетчатых и мелкопрожилковых руд.

По Джетыгаринскому месторождению в 1992 г. были пересчитаны запасы Основной залежи до горизонта + 35 м по данным эксплуатационной разведки. Результаты подсчета показали уменьшение балансовых запасов. Особенно велико уменьшение в местах развития низких геологических сортов. Поэтому залежи многих месторождений Казахстана, где развит асбест V, VI сортов, могут оказаться непромышленными. Это обстоятельство вынуждает нас снизить прогнозные ресурсы площадей еще в 2 раза, включая площади Н. Н. Ведерникова.

Суммарные запасы (балансовые, забалансовые и неучтенные в балансе) месторождений хризотил-асбеста Казахстана составляют 58 394 тыс. т (табл. 22). Они сосредоточены в восьми месторождениях. В месторождениях баженовского геолого-промышленного типа заключено 46 745 тыс. т. Эти запасы установлены на месторождениях Джетыгара (43 107 тыс. т хризотил-асбеста, при среднем содержании 3,56 %),

Хантау (1000 тыс. т, при среднем содержании 3,45 %), Батмановское (2638 тыс. т при среднем содержании 1,36%). На месторождении Джетыгара под жилым массивом находятся запасы Гейслеровской залежи (5275 тыс. т), а почти половина запасов Основной залежи расположена глубже 400 м. Эти запасы в обозримом будущем вряд ли будут востребованы. Часть запасов залежи Малая (1142 тыс. т), Новая (1393 тыс. т) и Западная (93 тыс. т) подсчитаны без балансовой принадлежности, так как из-за низкого содержания (1,41–2,19 %) и сортности хризотил-асбеста в руде остались за контуром проектного карьера. Таким образом, рентабельно обрабатываемые запасы месторождения Джетыгара составляют около 10 млн т. Запасы месторождения Хантау расположены до глубины 100 м. Прогнозные ресурсы месторождения до глубины 300 м оцениваются около 3000 тыс. т [28]. На месторождении встречен поперечно- и продольно-волокнистый асбест. Запасы западной линзы, где развит поперечно-волокнистый асбест, составляют 1000 тыс. т. После дополнительных исследований запасы западной линзы можно перевести в разряд балансовых.

Запасы карачаевского геолого-промышленного типа в республике составляют 11 649 тыс. т. Из-за плохого качества эти запасы переведены в забалансовые и в ближайшем будущем не будут востребованы. Они сосредоточены в Ультауском минерагеническом поясе, в месторождениях Ешкиольмес (10 300 тыс. т, при среднем содержании продольно-волокнистого хризотил-асбеста 2,8%), Шайтантас (530 тыс. т, при среднем содержании около 3 %), Аюкал (около 400 тыс. т, при среднем содержании 1,5–1,6 %), Джангабул (314 тыс. т, содержание хризотил-асбеста 2,14–3,97 %), Южный Аиртау (105 тыс. т, содержание хризотил-асбеста 1,00–1,88 %). Прогнозные ресурсы продольно-волокнистого асбеста в Ультауском поясе оцениваются А. В. Струтынским [132], Н. Н. Ведерниковым, В. И. Лысовым, (1980) около 10 000 тыс. т, которые, вероятно, не будут реализованы. В связи с низким содержанием асбеста в рудах и ограниченными возможностями применения продольно-волокнистого асбеста в целом, месторождения карачаевского типа Ультауского пояса нельзя рекомендовать для освоения. Разведанных запасов лабинского и аспагашского геолого-промышленных типов в Казахстане нет.

Большую часть (85,7 %) прогнозных ресурсов Казахстана составляют ресурсы баженовского типа. Они соответствуют категории P_3 и равны 35 901 тыс. т, чуть меньше половины из них (14 852 тыс. т)

сосредоточены в Уральском планетарном асбестоносном поясе, где площадь выходов альпинотипных ультрамафитов 1790 км² (табл. 23). Основная часть ресурсов в планетарного пояса расположена в Сакмарском минерагеническом поясе (6630 тыс. т, площадь ультрамафитов 1020 км²) и Джетыгаринской зоне (6695 тыс. т, площадь ультрамафитов 515 км²). Небольшие ресурсы предполагаются в Притобольской (877 тыс. т, площадь ультрамафитов 135 км²) и Киембаевской (650 тыс. т, площадь ультрамафитов 50 км²) зонах.

В Сакмарском поясе выделена Кимперсайская асбестоносная зона, где известно больше 10 проявлений хризотил-асбеста (см. рис. 30). По данным М. М. Будая (1972), здесь имеется несколько перспективных проявлений в Сарьпугайском, Колымбайском, Аксуйском альпинотипных ультрамафитовых массивах, в составе которых преобладают гарцбургиты. Ресурсы хризотил-асбеста в зоне связаны прежде всего с этими протрузиями. Самый крупный, Кемпирсайский, массив сложен в основном дунитами и имеет хромитовую специализацию.

Ресурсы хризотил-асбеста в Джетыгаринской зоне могут оказаться значительно большими, поскольку большинство альпинотипных ультрамафитовых массивов (Георгиевский, Милютинский и др.) в отношении асбестоносности изучены слабо. Здесь в составе ультрамафитовых массивов преобладают неравномерно серпентинизированные гарцбургиты, содержащие асбестовую минерализацию.

В Притобольской зоне известно одно месторождение (Батмановское) и два проявления. Основные перспективы связаны с массивами Денисовским, Гришинским, Максимовским и др. Массивы сложены антигоритовыми и хризотил-лизардитовыми серпентинитами и на асбест изучены слабо, только с поверхности [98]. В обнаженных участках эти серпентиниты содержат мелкие просечки хризотил-асбеста.

В Киембаевской зоне основные перспективы хризотил-асбеста, видимо, связаны с Бильгеским массивом, в составе которого преобладают гарцбургиты. В этом массиве известны, по данным М. М. Будая (1972), известные недооцененные проявления хризотил-асбеста.

Больше половины прогнозных ресурсов (21 049 тыс. т) баженовского геолого-промышленного типа сосредоточены в Восточно-Казахстанской планетарной минерагенической провинции. Общие площади выходов альпинотипных ультрамафитов в ее пределах оцениваются в 2910 км²

Таблица 23. Минерально-сырьевой потенциал минералогических площадей

Номер на карте (рис. 30)	Минералогическая площадь	Ожидаемый промышленный тип	Площадь выходов продуктивной формации, км ²	Коэффициент сходства с эталонной территорией	Запасы (суммарные), тыс. т	Ресурсы Р ₃ , тыс. т	Примечание
	Уральский планетарный асбестоносный пояс						
I	Сакмастосный пояс		1790		45745	14852	
1	Кимперсайская зона	Баженовский	1020	0,1	—	6630	
II	Восточно-Уральский пояс		770		45745	8222	
2	Киембаевская зона	«	50	0,2	—	650	
3	Джетыгаринская зона	«	515	0,2	43107	6695	
4	Притобольская зона	«	135	0,1	2638,0	877	
	Восточно-Казахстанская планетарная асбестоносная провинция						
III	Степняк-Майкаинская провинция		2910		12649	27029	
5	Боровской район	«	468		—	5114	
6	Селетинская зона	«	8	0,2	—	500*	
7	Олетинская зона	«	40		—	104	
			40	0,5	—	500*	
8	Шидертинская зона	Лабинский	370	0,15	—	40	
		Лабинский	370	0,5	—	3600	
IV	Ульгауский пояс		80		11649	370	
9	Западно-Ульгауская зона	Карачаевский	35		1349	5000*	
10	Восточно-Ульгауская зона	«	45		10300	5000*	
11	Тектурмасская зона	Баженовский	320		—	—	Перспективы не ясны
V	Балхаш-Илийский пояс		530		1000	5440	

12	Чу-Балхашская зона	«	380	0,2	1000	4940	То же
13	Атасу-Илийская зона	Лабинский Баженовский	380 150	0,5	—	380	«
14	Бурнтау-Анархайская зона	Аспагашский	80	0,5	—	40*	«
24	Зайлийская зона	Лабинский	38	—	—	80	«
15	Басагаинский район	«	—	—	—	—	«
	Аспагашский	Аспагашский	—	—	—	—	«
VI	Чингиз-Тарбагатайский пояс	«	88	—	—	550	«
16	Чингиз-Акшатауская зона	Баженовский	45	—	—	250*	«
17	Тарбагатайская зона	«	43	—	—	300*	«
18	Чарско-Горностаевская зона	«	625	0,1	—	4062	«
VII	Кенерлауский пояс	«	785	—	—	6793	«
20	Итмурундинский район	«	520	0,15	—	5070	«
21	Тюлькуламская зона	«	265	0,1	—	1723	«
22	Джунгарская зона	«	10	—	—	—	«
23	Карагауская зона	Лабинский	—	—	—	—	«
25	Южно-Джунгарский район	Аспагашский	—	—	—	50*	«
	Алтае-Саянская планетарная	«	—	—	—	20*	«
19	асбестоносная провинция	Лабинский	9	—	—	—	«
	Прииртышская зона	«	—	—	—	—	«

*По данным Н. Н. Ведерникова, В. И. Жысова (1950)

Основные ресурсы хризотил-асбеста здесь сосредоточены в Балхаш-Илийском (4940 тыс. т, площадь ультрамафитов 530 км²), Кентерлауском (6793 тыс. т, площадь ультрамафитов 785 км²) минерагенических поясах, Степняк-Майкаинской минерагенической провинции (4704 тыс. т, площадь ультрамафитов 468 км²) и Чарско-Горностаевской зоне (4062 тыс. т, площадь ультрамафитов 625 км²).

В Балхаш-Илийском поясе все ресурсы хризотил-асбеста находятся в Чу-Балхашской асбестоносной зоне (площадь ультрамафитов 380 км²). Здесь все альпинотипные ультрамафитовые массивы несут хризотил-асбестовую минерализацию. В зоне имеется около 20 проявлений и одно месторождение – Хантау [157]. Хотя проявления хризотил-асбеста отнесены к лабинскому геолого-промышленному типу, их можно рассматривать как прямые признаки для прогнозирования месторождений баженковского типа. Основные ресурсы асбеста баженковского типа здесь связаны с Каратальским, Андасайским, Анархайским, Тарланатским и Хантауским массивами, в пределах которых известны крупные проявления, как Тарланатское, Каратальское и др. Здесь в составе протрузий преобладают гарцбургиты, в них известны зоны интенсивной серпентинизации на фоне менее измененных ультрамафитов. Ресурсы этих массивов оцениваются в 3150 тыс. т, и около 1750 тыс. т можно ожидать на глубоких горизонтах (интервал 100–300 м) и флангах месторождения Хантау.

Ресурсы хризотил-асбеста, видимо, имеются в Атасу-Илийской зоне (см. рис. 30), где площадь альпинотипных ультрамафитов составляет около 150 км². Здесь проявления асбеста не выявлены, однако признаки асбестовой минерализации отмечены в ультрамафитах Караобинского массива.

В Кентерлауском поясе ресурсы хризотил-асбеста баженковского типа предполагаются в Итмурундинском районе (5070 тыс. т, площадь ультрамафитов 520 км²) и Тюлькуламской зоне (1723 тыс. т, площадь ультрамафитов 265 км²). В составе протрузий преобладают гарцбургиты. В поясе известно 11 проявлений хризотил-асбеста баженковского геолого-промышленного типа, которые залегают в серпентинизированных гарцбургитах. Асбест в проявлениях поперечно-волокнистый (длина волокна 2–3 мм и редко до 20 мм). На закрытой территории района в скважинах были встречены серпентинитовые породы с густой сетью жил хризотил-асбеста хорошего качества [132].

В Степняк-Майкаинской провинции основные ресурсы хризотил-асбеста баженковского типа сосредоточены в Шидертинской (3600 тыс. т,

площадь ультрамафитов 370 км²), Олетинской (500 тыс.т*, площадь ультрамафитов 40 км²) зонах, и в Боровском (500 тыс. т*, площадь ультрамафитов 50 км²) районе. В Шидертинской и Олетинской зонах выявлено более 10 проявлений асбеста (Звенигородское, Жарсор, Ажи, Караулко, Бешоки и др.) лабинского и баженовского типов. В этих проявлениях встречаются крупно- и мелкосетчатый тип асбестоносности. Мощность асбестовых жил от 1 – 5 мм до 2 – 3 см, редко 20 см. Прочность волокна нормальная. Асбестоносные участки изучены слабо, размеры рудных тел не установлены [54]. Ультрамафиты представлены дунитами и гарцбургитами и интенсивно серпентинизированы. В Боровском районе известно восемь мелких проявлений (Дороговское, Майбалык, Жаналы и др.), в которых установлена асбестоносность сетчатого типа с поперечно-волокнистым хризотил-асбестом. Большинство ультрамафитовых массивов неравномерно серпентинизированы, в их составе преобладают дуниты и гарцбургиты.

В Чарско-Горностаевской зоне известно около восьми проявлений хризотил-асбеста лабинского и баженовского типов [90]. В протрузиях преобладают гарцбургиты, реже встречаются дуниты. Ультрамафиты тектонизированы и интенсивно серпентинизированы. Массивы крайне слабо изучены на асбест.

Кроме рассмотренных площадей небольшие ресурсы хризотил-асбеста сосредоточены в Чингиз-Тарбагатайском (550 тыс.т*, площадь ультрамафитов 88 км²) минерагеническом поясе. В нем выделены две зоны – Чингиз-Акшатауская и Тарбагатайская. В пределах зон известны два проявления. Так, на участке Муржик асбестоносные серпентиниты прослежены по простиранию на 100 м. Хризотил-асбест имеет поперечно-волокнистое строение и длину волокна 1 – 5 мм. В целом, пояс на асбест слабо, перспективы его ограничиваются малой площадью выходов ультрамафитов.

Перспективы Тектурмасской минерагенической зоны неясны, в ее пределах известно семь проявлений (Аркалык, Уртынжал, Сарыкулболды и др.) баженовского типа. Проявления асбеста приурочены к маломощным телам серпентинитов. Волокно хризотил-асбеста имеет длину 1 – 5 мм. В связи с небольшими размерами тел серпентинитов и рудных залежей, а также большой мощностью коры выветривания Тектурмасская зона считалась не перспективной на асбест [132]. Однако ввиду больших выходами альпинотипных ультрамафитов (320 км²) в ней, в целом, нельзя исключить выявления на глубине промышленных асбестовых залежей.

*Ресурсы подсчитаны Н. Н. Ведерниковым, В. И. Лыковым (1980 г.)

Ресурсы хризотил-асбеста лабинского геолого-промышленного типа сосредоточены в Чу-Балхашской (380 тыс. т), Заилийской (80 тыс. т), Шидертинской (370 тыс. т) и Олетинской (40 тыс. т) зонах. Всего в объектах этого типа подсчитано 870 тыс. т хризотил-асбеста, что составляет 2,0 % общих ресурсов. Реализация этих ресурсов прежде всего связана с изучением глубоких горизонтов и флангов известных проявлений. В Заилийской зоне площадь альпинотипных ультрамафитов составляет 80 км², здесь известны восемь проявлений лабинского типа, не оцененных на глубину.

Ресурсы аспагашского типа нами не прогнозировались. Они подсчитаны Н. Н. Ведерниковым и В. И. Лысовым (1980), уменьшены нами в 2 раза. Эти ресурсы сосредоточены в Бурунтау-Анархайской (40 тыс. т), Каратауской (50 тыс. т) зонах и Южно-Джунгарском районе (20 тыс. т). И в целом составляют 110 тыс. т. Следует отметить, что площади карбонатной формации, перспективной на аспагашский тип хризотил-асбеста, в Южном Казахстане значительные (около 2500 км²). Однако, из-за плохой изученности территории на хризотил-асбест известно всего три проявления этого типа. Два из них расположены в Бурунтау-Анархайской зоне, одно – в Каратауской.

Результаты проведенной оценки позволяют сделать следующие выводы:

1. В целях обеспечения комбината “Кустанайасбест” сырьем необходима реализация ресурсов в ближайших ультрамафитовых массивов Джетыгаринской зоны.

2. В Восточно-Казахстанской планетарной провинции основные ресурсы хризотил-асбеста баженовского геолого-промышленного типа сосредоточены в Чу-Балхашском и Кентерлауском поясах, Степняк-Майкаинской провинции и Чарско-Горностаевской зоне. Однако реализация этих ресурсов зависит от конъюнктурной ситуации на хризотил-асбест в будущем и возможностей постройки небольших обогатительных фабрик. На этих площадях для удовлетворения местных нужд целесообразно организовать поиски легко выявляемых месторождений лабинского типа.

3. Ресурсы ценного маложелезистого хризотил-асбеста, встречающегося в объектах аспагашского типа, сосредоточены в Южном Казахстане и могут оказаться заниженными. Реализация их прежде всего связана с углубленным изучением известных проявлений. Выявленные месторождения могут быть пригодны и для ручной отработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей монографии изложены исследование проблеме хризотил-асбеста Казахстана. Будучи одной из главных асбестодобывающих стран мира, Казахстан в последние годы в связи с экономическим кризисом снизил добычу хризотил-асбеста в несколько раз. Перспективы единственного разрабатываемого в Казахстане Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста связаны с глубокими горизонтами Основной залежи. Однако по мере углубления карьера горнотехнические условия эксплуатации усложняются. Из-за постоянного отставания горноподготовительных работ, практически за весь период отработки, дальнейшее углубление карьера требует больших материальных затрат и делает джетыгаринский асбест менее конкурентноспособным по цене. В связи с с этим становятся актуальными вопросы обеспечения дешевым сырьем комбината "Кустанайасбест" и, в случае благоприятной конъюнктуры - поиски месторождений хризотил-асбеста на перспективных минерагенических площадях Восточно-Казахстанской минерагенической провинции.

В основу методики исследований был положен традиционный для геологов структурно-вещественный подход. Применяемый многие годы советскими геологами формационный анализ практически не нашел места в нашем исследовании в связи с его узкой направленностью. В качестве теоретической была принята концепция мобилизма (тектоника плит), которая позволила по - новому осветить рассматриваемую проблему и получить ряд научных результатов: Перечислим основные из них.

1. Предложена схема размещения фрагментов океанских литосферных плит на территории Казахстана, определена их геотектоническая позиция, впервые выделены реликты обдукционных зон.

2. На геолого-промышленной основе уточнена классификация хризотил-асбестовых месторождений Казахстана, выделено четыре геолого-промышленных типа.

3. Разработана геолого-генетическая модель формирования и сохранения месторождений хризотил-асбеста в земной коре.

4. Определены рудоконтролирующие факторы и закономерности размещения геолого-промышленных типов хризотил-асбестовых месторождений.

5. Выполнено минерагеническое районирование территории Казахстана на хризотил-асбест с использованием отраслевого многоступенчатого металло-

генического анализа на основе применения критериев асбестоносности. Выделены три планетарные асбестоносные структуры- Уральский пояс, Восточно-Казахстанская и Алтае-Саянская провинции.

6. Подсчитаны прогнозные ресурсы выделенных минерогенических площадей на базе балансовых запасов хризотил-асбеста, выбора эталонных площадей и определения коэффициента сходства ультрамафитовых массивов в пределах прогнозируемых площадей.

7. Минерально-сырьевой потенциал Казахстана на хризотил-асбест составляет 100,3 млн. т, в том числе остаточные балансовые запасы – 26,7 млн. т, или около 27 %.

Кроме геологических аспектов рассмотрены методические вопросы, касающиеся месторождений хризотил-асбеста. Установлено, что при разведке месторождений хризотил-асбеста необходимо дифференцированное применение сети разведочных выработок в зависимости от состава и внутреннего строения исследуемого массива ультрамафитов.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Залежи хризотил-асбеста формируются в тектонизированных, неравномерно серпентинизированных ультрамафитовых массивах, предпочитая периферию крупных ультрамафитовых ядер, где часто располагаются зоны, образованные мелкими ядрами гарцбургитов, которые заключены в серпентинитовом меланже. Эти зоны возникают на месте полосчатого дунит-гарцбургитового комплекса. Промышленная асбестоносность тяготеет к гарцбургитам с содержанием энстатита 10–20 %.

2. Асбестообразование происходит одновременно с серпентинизацией при авто- и аллометаморфизме ультрамафитов в процессе их поступления в океанскую литосферную плиту из верхней мантии и в процессе транспортировки плиты в сторону континента.

3. Поперечно-волоконистый хризотил-асбест выполнял тектонические и контракционные полости отрыва, а также пустоты выщелачивания одноактно, не ростовым путем, при резком падении давления в условиях повышения рН в присутствии кислорода, при дефиците свободного кремнезема и при избытке магния. Состав асбестовых жил полностью соответствует составу вмещающих пород.

4. В субаральных условиях асбестовые жилы вместе с офиолитовым меланжем сохраняются в реликтах обдукционных зон, в сутурных линиях, в поддвигающейся плите при перемещении зоны субдукции в сторону океана.

5. Серпентинизация ультрамафитов и размещение асбестоносных жил не обнаруживают прямой связи с массивами гранитоидов. Воздействие последних вызывает антигоритизацию и оталькование вмещающих пород (серпентинитов и жил асбеста).

6. Существующая структура минерально-сырьевого потенциала хризотил-асбеста Казахстана несовершенна. Все балансовые запасы хризотил-асбеста сосредоточены на месторождении Джетыгара, причем большая часть на значительной глубине, что потребует увеличения коэффициента вскрыши при отработке.

7. В связи с необходимостью изменения структуры минерально-сырьевого потенциала страны перед геологической службой Казахстана встают следующие задачи по решению проблемы хризотил-асбеста: в целях обеспечения комбината "Кустанайасбест" сырьем необходима реализация ресурсов в ближайших ультрамафитовых массивах Джетыгаринской и Притобольской зон; в Восточно-Казахстанской планетарной провинции реализация прогнозных ресурсов зависит от мировой конъюнктуры на асбест и возможностей строительства на востоке страны асбестодобывающего и перерабатывающего комбината; на отдельных площадях целесообразно поставить небольшие объемы поисковых работ в целях обнаружения легко выявляемых объектов лабинского типа для местных нужд; провести углубленное изучение районов Южного Казахстана, где имеются перспективы выявления месторождений аспагашского типа.

В заключение отметим, что для улучшения конкурентноспособности хризотил-асбеста Джетыгаринского месторождения – единственного обрабатываемого месторождения в Казахстане, кроме решения вопроса о более дешевом сырье, по нашему мнению, необходимо:

- разработать новый проект отработки месторождения для определения рентабельности эксплуатации глубоких горизонтов Основной залежи;

- соблюдать технологические параметры подачи и переработки руды, усовершенствовать технологическое оборудование для более полного извлечения хризотил-асбеста;

- увеличить использования попутных полезных ископаемых;

- параллельно с освоением мирового рынка расширить внутрисоюзный рынок сбыта асбеста путем налаживания производства различных изделий и материалов с применением хризотил-асбеста.

RESUME

The present study is devoted to the issue of chrysotile-asbestos of Kazakhstan. For the first time the tectonic zoning of Kazakhstan is considered in this book on the basis of the concept of mobilism for the chrysotile-asbestos forecasting purpose. The author has developed a geological and genetic model of formation and preservation of chrysotile-asbestos deposits in the earth's crust. The study shows that the vast majority of commercial chrysotile-asbestos deposits are associated with ultramafic protrusions in tectonic plates located in relics of obduction zones.

Mineragenetic zoning of Kazakhstan has been carried out based on mineralization criteria of chrysotile-asbestos deposits and the revealed regularities of their occurrence. Probable resources of the identified mineragenetic areas have been calculated.

The results of the 35 years of Dzhetygarinsky deposit exploitation have been summarized and its future prospects have been evaluated. Special attention is paid to methodological issues of exploration of asbestos deposits.

The study contains methodological recommendations on determining the density of prospecting hole grid subject to the geological structure of an object. Based on the study results, the author has come to the following conclusions: 1) probable resources in ultramafic massifs of Dzhetygarinsky and Tobol regions should be forecasted in order to provide KUSTANAIASBEST Integrated Works with raw materials; 2) a small volume of prospecting aimed at revealing objects for local need is expedient; and 3) the potential of South Kazakhstan Region for discovery of low-ferrous chrysotile-asbestos deposits in loam should be more thoroughly studied.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиева О. З. Генетические основы прогнозирования промышленной хризотил-асбестоносности. // Проблемы прогнозирования, поисков и разведки месторождений нерудных полезных ископаемых. М., 1981, с. 96 – 98 (Тез. докл. Конференции 24 – 26 ноября 1981, г. Казань).
2. Алиева О. З. Метаморфическая эволюция гипербазитов дунит-гарцбургитовой формации // Эволюция комплексов. Свердловск, УНЦ АН СССР, 1981, с. 72 - 74. (Тез. докл. Всесоюзн. симпозиума).
3. Алиева О. З., Смирнов Ю. В. Метаморфизм и минерогения гипербазитов дунит-гарцбургитовой формации в связи с эволюцией структурных элементов геосинклинали // Асбесты СССР. М., Вып.1. С. 54–71.
4. Артемов В. Р. Перспективы хризотил-асбестоносности на восточном склоне Южного Урала // Советская геология. 1958. № 10. С. 100–117.
5. Артемов В. Р. Особенности структуры Основной залежи Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста // Информ. сб. ВСЕГЕИ. 1959. № 9. С. 85–96.
6. Артемов В. Р. О направлении и методике поисково-разведочных работ в Джетыгаринском районе // Разведка и охрана недр. 1960. № 3. С. 10–16.
7. Артемов В. Р. Минералогия месторождений хризотил-асбеста. Описание разновидностей серпентинита // Месторождения хризотил-асбеста СССР. М.: Недра. 1967. С. 338–442.
8. Артемов В. Р. Условия образования и закономерности размещения месторождений хризотил-асбеста. Обзор: геология, методы поисков и разведки месторождений неметаллических полезных ископаемых. М., 1975. 42 с.
9. Артемов В. Р., Колбанцев Р. В. Хризотил- и антофиллит-асбест // Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые. Л.: Недра, 1986. С. 580–601.
10. 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.
11. Артемов В. Р., Кузнецова В. Н. Метаморфизм гипербазитов Джетыгаринского района // Магматизм и эндогенная металлогения Зауралья. Кустанай, 1970. С. 71–72. (Материалы рабочего совещания).
12. Артемов В. Р., Кузнецова В. Н. Оценка асбестоносности на стадии региональных геологосъемочных и поисковых работ. Классификация серпентинитов и особенности методики минералогических и петрографических исследований гипербазитов // Вопросы методики поисков, разведки и промышленной оценки месторождений хризотил-асбеста (методические рекомендации). Свердловск, 1976. С. 38–55.
13. Артемов В. Р., Кузнецова В. Н. Кiemбаевское месторождение хризотил-асбеста. М.: Недра, 1979. 233 с.

14. *Артемов В. Р., Черемных Н. С., Наумов А. И., Шишкова Л. Я.* Джетыгаринское месторождение // Месторождения хризотил-асбеста СССР. М.: Недра, 1967. С. 115–163.

15. *Артемов В. Р., Черемных Н. С.* Предварительная и детальная разведка месторождений хризотил-асбеста баженовского подтипа. Методика разведки месторождений скважинами колонкового бурения. Джетыгаринское месторождение // Вопросы методики поисков, разведки и промышленной оценки месторождений хризотил-асбеста (методические рекомендации). Свердловск, 1976. С. 66–76.

16. *Башта К. Г.* Особенности строения и механизм формирования жил хризотил-асбеста // Добыча и обогащение асбестовых руд. Асбест, 1980. С. 3–35.

17. *Башта К. Г., Зырянов В. А., Шкуропат Б. А.* Сравнительные исследования петрографического состава и асбестонности месторождений баженовского подтипа // Тр. ВНИИпроектасбеста. 1975. Вып. 17. С. 104–121.

18. *Бейсеев О. Б.* Экспериментальное химико-минералогическое изучение хризотил-асбеста Ешкильмесского месторождения с целью очистки и обогащения // Экспериментальное исследование минералообразования. М.: Наука, 1971. С. 333–343.

19. *Бейсеев О. Б.* Амфиболовые и продольноволокнистый хризотил-асбесты: условия формирования, пути комплексного использования руд и перспективы промышленного освоения месторождений (на примере Казахстана): Автореф. Дис. ... докт. Геол.-мин. наук. Алма-Ата, 1990. 68 с.

20. *Бейсеев О. Б., Ведерников Н. Н., Суханов А. Е.* Сырьевые ресурсы асбестов Казахстана и возможные пути комплексного использования их руд // Минералогическое и техноминералогическое изучение асбестов Казахстана. Алма-Ата, 1977. Т. 1. С. 3–10.

21. *Бейсеев О. Б., Жусупов М. Е.* Минералогическое и технологическое изучение хризотил-асбеста Ешкильмесского месторождения с целью очистки и обогащения // Там же. С. 129–164.

22. *Бейсеев О. Б., Жусупов М. Е., Соколова И. А.* Минералого-технологические особенности хризотил-асбестовых руд Ешкильмесского месторождения и разработка химических способов очистки асбеста от немалита // Закономерности размещения и особенности геологического строения месторождений неметаллических полезных ископаемых. Алма-Ата, 1979. Вып. 4. С. 92–104.

23. *Бейсеев О. Б., Жусупов М. Е.* Минералогическое картирование асбестонных залежей как основа для промышленной типизации руд на месторождениях продольно-волокнистого хризотил-асбеста (на примере Ешкильмесского месторождения) // Использование минералогических методов исследований при прогнозе, поисках и оценке месторождений полезных ископаемых. Алма-Ата, 1981. Т. 1. С. 21–23. (Тез. Докл. Республиканского совещания).

24. *Бейсеев О. Б., Штифанов В. И., Струтынский А. В., Жусупов М. Е.* Геолого-минералогические особенности, пути комплексного использования

месторождения хризотил-асбеста в Джезказган-Улугтауском районе // Проблемы освоения и комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов Джезказган-Жайремского промышленного узла. Алма-Ата; Джезказган, 1981. С. 6–8. (Тез. Докл. научной конференции).

25. Беркович Т. М., Валюков Э. А., Бирюков А. И. Пути эффективного использования асбеста Джетыгаринского месторождения в производстве листовых асбестоцементных изделий // Тр. ВНИИасбестоцемента. 1971. Вып. 26. С. 87–120.

26. Беркович Т. М., Медведевская Э. И., Бирюков А. И. Исследование некоторых физических свойств хризотил-асбеста Джетыгаринского месторождения // Там же. С. 3–13.

27. Берней И. И., Якубов С. И. Технологические свойства асбеста Джетыгаринского месторождения в производстве асбестоцементных изделий // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. 1973. №3. С. 102–107.

28. Бок И. И., Ведерников Н. Н., Клименко Н. Л. Асбест и тальк // Геология СССР. М.: Недра, 1977. Т. XL. Южный Казахстан. Полезные ископаемые. С. 246–252.

29. Бок И. И., Ведерников Н. Н., Мендельсон Е. М. О перспективах выявления в ультрабазитах Центрального и Южного Казахстана промышленных месторождений хризотил-асбеста // Химическое и горнорудное сырье Казахстана. Алма-Ата: Наука 1968. С. 109–115.

30. Борзунов В. М. Геолого-промышленная оценка месторождений нерудного сырья. М.: Недра, 1971. 317 с.

31. Борзунов В. М. Разведка и промышленная оценка месторождений нерудных полезных ископаемых. М.: Недра, 1982. 310 с.

32. Борщевский Ю. А., Алиева О. З., Борисова С. Л. Температуры образования и генезис хризотил-асбеста по изотопно-кислородным данным // Геохимия. 1979. № 2. С. 298–302.

33. Варлаков А. С. Особенности метаморфизма гипербазитов в связи с образованием хризотил-асбеста // Неметаллические полезные ископаемые гипербазитов. М.: Наука, 1973. С. 65–83.

34. Варлаков А. С. Петрографические аспекты прогноза месторождений хризотил-асбеста // Закономерности размещения и особенности строения месторождений неметаллических полезных ископаемых. Алма-Ата, 1978. Вып. 2. С. 20–33.

35. Варлаков А. С. О некоторых породообразующих разновидностях лизардита в альпинотипных гипербазитах // Минералогический журнал. 1984. № 4, С. 16–25.

36. Варлаков А. С. Петрология процессов серпентинизации гипербазитов складчатых областей. Свердловск. 1986. 224 с.

37. 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.

38. Варлаков А. С. Петрография Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста (Южный Урал) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 10. С. 58–69.

39. *Вахидов Д. Н., Заворохина А. Е.* Исследование качества асбеста Джетыгаринского месторождения в зависимости от типов руд и их петрографической структуры // Неметаллические полезные ископаемые гарцбургитов. М.: Наука, 1973. С. 121–129.
40. *Ведерников Н. Н.* Геолого-тектонические критерии и перспективы асбестоносности Казахстана: Автореф. Дис. ... докт. геол.-мин. наук. М., 1976. 60 с.
41. *Ведерников Н. Н.* Геотектонические условия размещения месторождений асбеста // Вопросы методики поисков, разведки и промышленной оценки месторождений хризотил-асбеста (методические рекомендации). Свердловск, 1976. С. 35–38.
42. *Ведерников Н. Н.* Геологические условия образования месторождений асбеста // Геология рудных месторождений. 1981. № 2, С. 107–112.
43. *Ведерников Н. Н.* Связь альтинотипных ультрабазитов со структурной эволюцией складчатых систем и некоторые вопросы их минерации // Проблемы металлогении Казахстана. Алма-Ата: Наука Каз. ССР, 1983. С. 17–28.
44. *Ведерников Н. Н., Мендельсон Е. М.* Структурная неоднородность асбестовых массивов (полей), месторождений, залежей: характер и формы асбестовой минерализации // Геология, минералогия и закономерности размещения нерудных полезных ископаемых. Алма-Ата, 1977. Вып. 1. С. 3–10.
45. *Вознесенский В. А.* Годовой отчет о деятельности Геологического комитета за 1915 г. // Изв. Геолкома. 1916. Т. 35. Вып. 1.
46. Вопросы методики поисков, разведки и промышленной оценки месторождений хризотил-асбеста: (методические рекомендации). Свердловск, 1976. 168 с.
47. Временные методические указания по геологическому обслуживанию асбестодобывающих предприятий. Асбест, 1978. 32 с.
48. Временные методические указания по радиационно-гигиенической оценке полезных ископаемых при производстве геологоразведочных работ на месторождениях строительных материалов. Казань, 1986. 50 с.
49. *Гейслер А. Н.* Джетыгаринский золотоносный район. Предварительный отчет // Изв. Геолкома. 1929. Т. 48. № 6.
50. *Глухов Р. Г.* Геолого-структурные особенности месторождений золота прожилково-вкрапленного типа в Джетыгаринском рудном районе: Автореф. Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Алма-Ата, 1974. 22 с.
51. *Глухов Р. Г., Джафаров Н. Н.* Обоснование плотности сети для разведки Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста // Интенсификация и повышение эффективности горных и геологоразведочных работ для обеспечения минеральным сырьем промышленности Урала. Свердловск, 1982. С. 48–49. (Тез. докл. конференции).
52. *Глухов Р. Г., Джафаров Н. Н.* Новые данные о структуре и перспективах асбестоносности Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста // ЭИ ВИЭМС

(Геология, методы поисков и разведки неметаллических полезных ископаемых). М., 1983. Вып. 3, С. 1–6.

53. *Горная энциклопедия* /Под редакцией Е. А. Козловского. М.: Советская энциклопедия, 1984. Т. 1. 560 с.

54. *Горная энциклопедия* /Под редакцией Е. А. Козловского. М.: Советская энциклопедия, 1985. Т. 2. 575 с.

55. *Джафаров Н. Н.* Особенности геологического строения Основной залежи Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста // Повышение эффективности горных и геологоразведочных работ на основе технического перевооружения и улучшения технологии производства. Свердловск, 1983. С. 74–75. (Тез. докл. Всесоюзного симпозиума).

56. *Джафаров Н. Н.* Геологические условия размещения залежей хризотил-асбеста Джетыгаринского месторождения и методика их разведки: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Свердловск, 1985. 26 с.

57. *Джафаров Н. Н.* Особенности геологического строения Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста // Формационное расчленение, генезис и металлогения ультрабазитов. Свердловск, 1985. С. 110–112 (Тез. докл. Всесоюзного симпозиума).

58. *Джафаров Н. Н.* Вопросы генезиса хризотил-асбестовых месторождений на примере детального исследования Джетыгаринского месторождения // Геология и разведка недр Казахстана. 1998. № 4. С. 42–48.

59. *Джафаров Н. Н.* Хризотил-асбест Казахстана: Автореф. Дис. ... докт. геол. мин. наук. Алматы, 1999. 52 с.

60. *Джафаров Н. Н., Кульнязов М. К.* Сырьевая база комбината // Горный журнал. 1990. № 10. С. 24–26.

61. *Дыбков В. Ф.* Факторы, контролирующие оруденение в Баженовском асбестоносном районе и вопросы поисков слепых залежей хризотил-асбеста // Закономерности размещения полезных ископаемых. М.: Изд-во АН СССР, 1962. Т. VI. С. 222–227.

62. *Еремеев В. П.* Закономерности размещения различных генетических типов асбеста и талька на территории Тувинской автономной области // Там же. С. 175–194.

63. *Еремеев В. П., Меренков Б. Я., Петров В. П., Соколова Л. А.* Хризотил-асбестовые месторождения как одна из форм контактного воздействия гранитоидов на ультраосновные породы // Асбест как минерал и полезное ископаемое. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 19–35.

64. *Есенов Ш. Е., Бок И. И., Ведерников Н. Н.* О геологических факторах оценки месторождений нерудных полезных ископаемых // Химическое и горнорудное сырье Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1968. С. 9–18.

65. *Жусупов М.Е.* Условия формирования и минералого-технологические особенности руд Ешкильмесского месторождения продольно-волокнистого хризотил-асбеста: Автореф. Дис. ... докт. геол. мин. наук. Алма-ата, 1983. 23 с.

66. *Захаров А. М.* Тектоника складчатого фундамента Тургайского прогиба // Геология СССР. М., 1971. Т. XXXIV, кн. 2. С. 143–190.
67. *Золоев К. К.* Основные геологические критерии для обоснования плотности сети геологоразведочных выработок на месторождениях асбеста, связанных с гипербазитами // Химическое и горнорудное сырье Казахстана: Алма-Ата, Наука КазССР, 1968. С. 209–213.
68. *Золоев К. К.* Особенности вещественного состава асбестоносных гипербазитов // Магматические формации, метаморфизм, металлогения Урала. Свердловск, 1969. С. 242–253.
69. *Золоев К. К.* Химическая основа количественно-минералогической классификации альпинотипных гипербазитов // Докл. АН СССР, 1970. Т. 192, № 2. С. 417–420.
70. *Золоев К. К.* Количественно-минералогическая классификация ультраосновных пород // Проблемы минералогии и петрологии. Л.: Наука, 1972. С. 158–166.
71. *Золоев К. К.* Месторождения хризотил-асбеста в альпинотипных гипербазитах и закономерности размещения их в складчатых областях: Автореф. Дис. ... докт. геол. мин. наук. Москва; Свердловск, 1972. С. 32.
72. *Золоев К. К.* Генетические типы асбестов, связанных с ультраосновными породами и закономерности размещения их в складчатых областях // Неметаллические полезные ископаемые гипербазитов. М.: Наука, 1973. С. 46–52.
73. *Золоев К. К.* Серпентинизация и асбестообразование // Асбесты СССР. М., 1974. Вып. 1. С. 33–40.
74. *Золоев К. К.* Месторождения хризотил-асбеста в гипербазитах складчатых областей. М.: Недра, 1975. 192 с.
75. *Золоев К. К.* Месторождения хризотил-асбеста СССР // Неметаллические полезные ископаемые СССР. М.: Недра, 1984. С. 252–270.
76. *Золоев К. К., Булькин Л. Д.* Ультраосновные породы Урала // Докл. АН СССР. 1971. Т. 198, № 6. С. 1407–1410.
77. *Золоев К. К., Бурд Г. И., Шмаина М. Я.* Поисковые предпосылки и количественная прогнозная оценка асбестоносности // Вопросы методики поисков, разведки и промышленной оценки месторождений хризотил-асбеста (методические рекомендации). Свердловск, 1976. С. 6–23.
78. *Золоев К. К., Полянин В. С., Аксенов Е. М.* Прогнозная оценка территорий СССР на хризотил- и антофиллит-асбест // Геология, методы поисков и разведки месторождений неметаллических полезных ископаемых. М., 1983.
79. *Золоев К. К., Шмаина М. Я., Чемякин В. И.* Методические рекомендации по поискам, разведке и промышленной оценке месторождений хризотил-асбеста. Свердловск, 1972. 80 с.
80. Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям асбеста // Сборник руководящих материалов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. М., 1986. Т. 2. С. 31–51.

81. Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых // Сборник руководящих материалов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. М., 1985. Т. 1. С.55–66.
82. Ковалев А. А. Мобилизм и поисковые геологические критерии. М.: Недра. 1985. 223 с.
83. Коган И. Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. М.: Недра, 1974. С.304.
84. Коган Ф.М. Белая книга о белом асбесте (хризотиле). Екатеринбург, 1997. С. 71.
85. Корнеев Б. В. Типы асбестоносности и рудная зональность промышленных месторождений хризотил-асбеста Урала // Материалы VII Уральской конференции молодых геологов и геофизиков. Свердловск, 1981. С. 41–42.
86. Корыткова З. Н., Косулина Г. И., Макарова Т. А. Экспериментальное воспроизведение процесса серпентинизации оливина // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1972. № 3, С. 70–76.
87. Корыткова З. Н., Макарова Т. А. Новые данные о процессе серпентинизации оливина в гидротермальных условиях // Международный геохимический конгресс. М.: Недра, 1971. Т. 1. С. 373–374.
88. Корыткова З. Н., Макарова Т. А. Экспериментальное изучение процесса гидротермального изменения оливина в связи с вопросами образования асбестов // Геохимия. 1972. № 11. С. 1416–1420.
89. Костик Г. А., Ксенофонтов О. К., Захарова Н. А. Интрузивные породы // Геологическая карта Казахской ССР. Масштаб 1 : 500 000. Серия Тургайско-Мугоджарская. Объяснительная записка. Алма-Ата, 1980. С. 140–180.
90. Кравченко М. М. Магнезиально-силикатные полезные ископаемые // Геология СССР. . М.: Недра, 1974. Том ХLI. Восточный Казахстан. Полезные ископаемые. С. 340–344.
91. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М. 1961. Ч. 2. С.390.
92. Ксенофонтов О. К. Магматические формации области сочленения Урала и Казахстана и их металлогенетическая специализация: Автореф. Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Свердловск, 1982. 37 с.
93. Ксенофонтов О. К., Излев А. И. Магматизм и метаморфизм Тургайского прогиба // Геология СССР. М.: Недра. 1971. Т. XXXIV, кн. 2. С. 9–141.
94. Лодочников В. Н. Серпентины и серпентиниты ильчирские и другие петрологические вопросы, с ними связанные // Тр. ЦНИГРИ. 1936. Вып. 38. 818 с.
95. Методика составления крупномасштабных прогнозных карт на асбест / Золоев К. К., Шмаина М. Я., Медведева Т. Н., Бахтиярова З. В. М.: Недра, 1973. 152 с.
96. Методические рекомендации по прогнозированию и поискам месторождений хризотил-асбеста (на стадии геологических и поисковых работ) / Золоев К. К., Шмаина М. Я., Медведева Т. Н., Глебова З. М. Свердловск, 1985. 113 с.

97. *Меренков Б. Я.* Роль основных и кислых жильных пород в образовании месторождений асбеста и талька // *Методы исследования минерального сырья.* М.: Госгеолтехиздат, 1957. С. 52–65.
98. *Меренков Б. Я.* Генезис хризотил-асбеста // *Тр. Ин-та геол. рудных месторождений, петрогр., минер. и геохим. АН СССР.* 1958. Вып. 22. 138 с.
99. *Меренков Б. Я.* Метаморфизм ультраосновных пород и закономерности образования в них месторождений нерудных ископаемых // *Магматизм и связь с ним полезных ископаемых.* М.: Госгеолтехиздат, 1960. С. 552–554 (Тр. 2-го Всесоюзного петрограф. совещ.).
100. *Методы геологического контроля аналитической работы.* М., 1982. 25 с.
101. *Методика определения содержания хризотил-асбеста.* Асбест, 1984. 69 с.; 1999. 104 с.
102. *Митчелл А., Гарсон М.* Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. М.: Мир, 1984. С. 495.
103. *Михайлов Н. П., Егоров Л. С., Марковский Б. А.* Классификация ультраосновных пород // *Магматические горные породы.* М.: Наука, 1985. Т. 1. С. 34–54.
104. *Наумов А. И.* Геологическое строение Джетыгаринского рудного поля и закономерности размещения в нем хризотил-асбеста и талька // *Закономерности размещения полезных ископаемых.* М.: Изд-во АН СССР, 1962. Т. 6. С. 237–244.
105. *Наумов А. И., Шишкова Л. Я., Тетерев Г. М.* Хризотил-асбест // *Геология СССР.* М.: Недра, 1975. Т. XXIV. Тургайский прогиб. Полезные ископаемые. С. 222–233.
106. *Ознев А. С.* Влияние выветривания на свойства хризотил-асбеста. Свердловск, 1973, 147 с.
107. *Перлин В. Д.* Исследование агрегативной связности волокон хризотил-асбеста некоторых месторождений СССР // *Тр. ВНИИасбестцемента.* 1971. Вып. 26. С. 14–21.
108. *Перлин В. Д.* Структура, свойства и применение хризотил-асбеста в асбестоцементной промышленности // *Неметаллические полезные ископаемые.* Т. 3. М., 1973. С. 74–27.
109. *Перлин В. Д.* Свойства хризотил-асбеста различных месторождений // *Вопросы методики поисков, разведки и промышленной оценки месторождений хризотил-асбеста.* Свердловск., 1976. С. 114–120.
110. *Перлин В. Д., Зевин Л. С., Волчек И. И., Шрукопат Б. А.* Рентгенографическое исследование минералов группы серпентина Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста // *Материалы VI Всесоюзного межведомственного совещания по рентгенографии минерального сырья.* Алма-Ата: Наука Каз ССР, 1974. С. 113–114.
111. *Перлин В. Д., Зевин Л. С., Волчек И. И., Шрукопат Б. А.* Опыт комплексного рентгенопетрографического изучения серпентинитов из Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста // *Рентгенография минерального сырья.* М., 1977. С. 6–17.

112. *Петров В. П., Соколова Л. А.* Месторождения, связанные с доломитизированными известняками // Месторождения хризотил-асбеста СССР. М., 1967. С. 324–337.
113. *Пинус Г. В., Велинский В. В., Леснов Ф. П., Агафонов Л. В.* Альпинотипные гипербазиты Анадырско-Корякской складчатой системы. Новосибирск: Наука, 1973. 320 с.
114. Поиски, разведка и промышленная оценка месторождений хризотил-асбеста / *Золотов К. К., Шмагина М. Я., Чемякин В. И., Бахта К. Г.* М.: Недра, 1979. 93 с.
115. *Полянский Н. В.* Позднепротерозойский (жауыртинский) ультрамафитовый комплекс // Геологическая карта КазССР. Масштаб 1:500 000. Восточно-Казахстанская серия. Объяснительная записка. Алма-Ата, 1979. С. 95–96.
116. *Прокофьев А. П.* Основы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М.: Недра, 1973. 320 с.
117. *Ротараш И. А., Гредюшко Е. А.* Додевонские комплексы // Геологическая карта Казахской ССР. Масштаб 1:500 000. Восточно-Казахстанская серия. Объяснительная записка. Алма-Ата, 1979. С. 102–104.
118. *Рундквист Д. В.* Специальная (отраслевая) металлогения. Ее цели, задачи и методика исследований // Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые. Л.: Недра, 1986. С. 10–16.
119. *Сахаров В. А., Захаров А. М., Фальков Ю. Г.* Геологическая карта Казахской ССР. Масштаб 1:500 000. Лист N - 41 - В. М., 1979.
120. *Сибилев А. К.* Саянское месторождение // Вопросы методики поисков, разведки и промышленной оценки месторождений хризотил-асбеста (методические рекомендации). Свердловск, 1976. С. 94–103.
121. *Сибилев А. К.* Петрология и асбестоносность офиолитов (на примере Иджимского массива в Западном Саяне). Новосибирск: Наука, 1980. 213 с.
122. *Сибилев А. К., Еремеев В. П.* Саянское месторождение хризотил-асбеста // Геол. рудн. месторожд., 1968. №3, С. 113–116.
123. *Смирнов В.И.* Геология полезных ископаемых. М., 1976. 688 с.
124. *Смирнова Л.Я., Бутаков Э.Г., Кульнязов М.К.* Совершенствование технологической схемы обогащения асбестовой руды // Горный журнал. 1990. №10. С.30–32.
125. *Смирнова Л. Я., Вялых В. К., Васильева А. З.* Исследование обогатимости руд Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста // Тр. ВНИИпроектасбеста. 1974. Вып. 16. С. 36–47.
126. *Смирнова Л. Я., Шкуропат Б. А., Ершова Г. П., Зырянов В. А.* Оценка качества волокна асбеста и технологических свойств асбестовых руд. Своевременные методы оценки технологических свойств руд хризотил-асбеста // Вопросы методики поисков, разведки и промышленной оценки месторождений хризотил-асбеста (методические рекомендации). Свердловск, 1976. С. 138–143.

127. *Соболев Н. Д.* Ультраосновные породы и связанные с ними полезные ископаемые // Исследование минерального сырья. М.: Гостеолтехиздат, 1955. С. 141–148.
128. *Соболев Н. Д.* К петрохимии ультраосновных горных пород // Геохимия. 1959. № 8, С. 679–695.
129. *Соболев Н. Д.* Вопросы серпентинизации и асбестизации // Сов. геол. 1975. № 3. С. 64–72.
130. *Софронов Ф. П.* Области применения, технология и экономика производства хризотил-асбеста // Месторождения хризотил-асбеста СССР. М.: Недра, 1967. С. 5–15.
131. *Старостин А.А.* Новые этапы в развитии комбината Кустанайасбест // Горный журнал. 1990. №10. С. 20–23.
132. *Струтынский А. В.* Месторождения хризотил-асбеста // Геология СССР. М., Недра, 1989. Т. XX. Центральный Казахстан. Полезные ископаемые. Кн. 1. С. 428–437.
133. *Татаринов П. М.* Типы месторождений хризотил-асбеста и их генезис // Неметаллические ископаемые СССР. М.; Л., 1936. Т. 1. С. 395–406.
134. *Татаринов П. М.* Поисковые критерии и признаки для месторождений хризотил-асбеста // Зап. ЛПИ. 1948. Т. 22. С. 91–99.
135. *Татаринов П. М.* Месторождения хризотил-асбеста (признаки для поисков) // Методическое руководство по геологической съемке и поискам. М.: Гостеолтехиздат, 1954. С. 308–310.
136. *Татаринов П. М.* Генетические типы месторождений хризотил-асбеста // Месторождения хризотил-асбеста СССР. М., 1967. С. 16–25.
137. *Татаринов П. М.* Генезис жил хризотил-асбеста и его месторождений // Месторождения хризотил-асбеста СССР. М., 1967. С. 454–465.
138. *Татаринов П. М., Артемов В. Р.* Состояние сырьевой базы и пути дальнейшего ее расширения // Месторождения хризотил-асбеста СССР. М.: Недра, 1967. С. 486–493.
139. *Толорова Р. П., Мясников А. К., Краснобородкин В. К.* Интрузивные породы // Геологическая карта Казахской ССР. Масштаб 1:500 000. Серия Южно-Казахстанская. Объяснительная записка. Алма-Ата, 1981. С. 163–209.
140. Требования к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов // Сборник руководящих материалов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. М., 1985. Т. 1. С. 13–29.
141. *Фадеев А.И., Наумов А.Н., Бейсебаев А.М., Раузин В.Г.* Буровзрывные работы на комбинате // Горный журнал. 1990. №10. С. 28–30.
142. *Ферхуген Дж., Тернер Ф., Вейс Л., Вархафтинг К., Файф У.* Земля. Введение в общую геологию. М.: Мир, 1974. Т. 1. 392 с.
143. *Филатов Л.Н.* Современное состояние и пути развития горных работ // Горный журнал. 1990. №10. С. 28–30.

144. Черная книга об асбесте. Le Livre noir de l'ami-ante. Партия "зеленых" в Европейском парламенте: Материалы Международной конференции против асбеста. Милан, 1993. Апрель. 64 с.
145. *Шкуропат Б. А.* Особенности минералогии Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста // Вопросы минералогии, геохимии и генезиса полезных ископаемых Южного Урала. Уфа, 1982. С. 3–7.
146. *Шкуропат Б. А.* Связь свойств хризотил-асбеста и обогатимости асбестовых руд с минералогическим составом серпентинитов (на примере Джетыгаринского месторождения) // Минералого-геохимические особенности рудоносных комплексов Южного Урала. Уфа, 1982. С. 37–42.
147. *Шкуропат Б. А.* Влияние минерального состава руд хризотил-асбеста Джетыгаринского месторождения на технико-экономические показатели их обогащения // Роль технологической минералогии в развитии сырьевой базы СССР. Л., 1983. С. 132–134. (Тез. докл. сессии Всесоюз. минералог. общ.).
148. *Штейнберге Д. С., Чашухин И. С.* Серпентинизация ультрабазитов. М., Наука, 1977. 312 с.
149. *Шульга В. М., Антонюк Р. М., Филиппович И. З., Спиридонов Э. М.* Позднепротерозойские и кембрийские интрузивные комплексы // Геологическая карта Казахской ССР. Масштаб 1:500 000. Серия Центрально-Казахстанская. Объяснительная записка. Алма-Ата, 1980. С. 173–184.
150. *Clageu D. A., Streley P. F.* Petrologic nature of the oceanic Moho // *Geology*. 1977. V. C. 133–136.
151. *Coleman R. G.* Emplacement and metamorphism of ophiolites // *Rend. Soc. ital. miner. et petrol.*, 1977. V. 33, N 1. P. 161–190.
152. *Coleman R. G., Keith T. E.* A chemical study of serpentinisation. Burro Mountain, California // *J. Petrol.* 1971. V. 12. N 2. P. 311–328.
153. *Dresser J. A.* Preliminary report on the serpentine and associated rocks of Southern Quebec, Canada // *Dept. of Min. a Res. Geol. Surv., Mem. Ottawa*. 1913. N 22.
154. *Dresser J. A.* The genesis of asbestos and asbestiform minerals // *Bull. of the Amer. Jnst. of Min. Eng.* 1917. V. 123.
155. *Gabrielse H.* The genesis of chrysotile-asbestos in the Cassiar asbestos deposit, northern british Columbia // *Econom. Geol.* 1960. V. 55, N 2. P. 327–337.
156. *Graham R. P. D.* Origin of massive serpentines and chrysotile-asbestos, Black Lake–Theford area, Quebec // *Econ. Geol.* 1917. V. 12. N 2. P. 154–202.
157. *Hess H. H.* The problem of serpentinisation and the origin of certain chrysotiles – asbestos, talc and soapstone deposits // *Econ. Geol. Lancaster*. 1933. V. 33. N 7. P. 634–657.
158. *Hess H. H.* A primary peridotite magma // *Am. J. Sci.* 1938. V. 35, N 209. P. 321–344.
159. *Keep F. E.* Geology of the Shabani Mineral Belt Belingwe District. Geol. Surv. Southern Rhodesia, Bull. 1929. V. 12.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
Глава 1. Месторождения хризотил-асбеста Казахстана	5
1.1 Особенности геологического строения Казахстана, контролирующие размещение месторождений хризотил-асбеста.....	7
1.2. Геолого-промышленные типы месторождений.....	13
1.2.1. Баженовский тип.....	18
1.2.2. Лабинский тип.....	22
1.2.3. Карачаевский тип.....	24
1.2.4. Аспагашский тип.....	31
Глава 2. Джетыгаринское месторождение хризотил-асбеста	33
2.1. Геологическое строение.....	36
2.1.1 Геология района месторождения.....	36
2.1.2 Особенности геологического строения Джетыгаринского массива утромафитов.....	41
2.1.3 Типы асбестонности хризотил-асбеста.....	49
2.1.4 Структура рудного поля и закономерности размещения асбестовых залежей.....	55
2.2. Методика изучения месторождения.....	69
2.2.1 Методика разведки.....	70
2.2.2 Опробование, обработка и анализ проб.....	72
2.2.3 Обоснование выбора диаметра бурения скважин.....	80
2.2.4 Обоснование выбора плотности разведочных сетей при детальной и эксплуатационной разведке.....	83
2.2.5 Подсчет запасов.....	99
2.2.5.1 Кондиции для подсчета запасов.....	100
2.2.5.2 Методика подсчета запасов.....	104
2.2.5.3 Особенности подсчета запасов по нескольким вариантам бортового содержания асбеста.....	107
2.3. Эксплуатация месторождения.....	109
2.3.1 Горные работы.....	114
2.3.2 Гидрогеологические условия эксплуатации.....	119
2.3.3 Эксплуатация, разведка и опробование.....	121
2.3.4 Переработка руд и выпуск товарного асбеста.....	123
2.3.5 Попутные полезные ископаемые.....	129
Глава 3. Геолого-генетическая модель формирования месторождений хризотл-асбеста	134
Глава 4. Перспективы хризотил асбестонности Казахстана	145
4.1. Минерагеническое районирование Казахстана на хризотил-асбест.....	147
4.2. Геолого-экономическая оценка перспектив асбестонности Казахстана.....	152
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	163
РЕЗЮМЕ (на англ. яз.)	166
ЛИТЕРАТУРА	167



ОБ АВТОРЕ

Низами Наджаф оглы Джафаров родился 2 июня 1957 г. в с. Тазакенд Исмаиллинского района Азербайджана. В 1979 г. после окончания геолого-географического факультета Азербайджанского государственного университета приехал в г. Житикару Костанайской области. Более 20 лет занимается изучением геологии и разведкой месторождений хризотил-асбеста Южного Урала и Казахстана.

В 1985 г. в Свердловском горном институте защитил кандидатскую диссертацию на тему «Геологические условия размещения залежей хризотил-асбеста Джетыгаринского месторождения и методика их разведки». В 1999 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Хризотил-асбест Казахстана».

Является автором многочисленных научных трудов. Работает директором ТОО «Асбестовое геолого-разведочное предприятие» в г. Житикаре Костанайской области.

Научное издание

**ДЖАФАРОВ НИЗАМИ НАДЖАФ ОГЛЫ
ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ КАЗАХСТАНА**

Редактор *Т. Е. Каткова.*

Художественный редактор *В. В. Пак*

Технический редактор *И. У. Насырова*

Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабекова*

Сдано в набор 15.12.99. Подписано в печать 26.01.99.

Формат 60x84¹/₁₆. Бумага типографская. Печать офсетная

Усл.-п.л. 10,46. Усл.-кр.-отт. 10,6. Уч.-изд.л.11,0.

Тираж 500. Заказ 23.

РИО ВАК РК

480100, Алматы, ул. Пушкина. 111/113

Типография "Комплекс"

480021, Алматы, ул. Курмангазы, 29