

**Постоянная Комиссия
по геологии**

**Отдел геологии
Секретариата Совета**

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ АСБЕСТА И ТАЛЬКА

**(Сводный доклад по первому этапу работ по подтеме 1.8.8.
темы 1.8 „Разработка рекомендаций в области критериев и
методики прогноза месторождений рудных и нерудных
полезных ископаемых“)**

**Страна-организатор по подтеме — СССР
Страны-участницы: НРБ, МНР, ЧССР, СФРЮ**

Постоянная Комиссия
по геологии

Отдел геологии
Секретариата Совета

553.676

3071

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ АСБЕСТА И ТАЛЬКА

(Сводный доклад по первому этапу работ по подтеме 1.8.8.
темы 1.8 „Разработка рекомендаций в области критериев и
методики прогноза месторождений рудных и нерудных
полезных ископаемых“)

Страна-организатор по подтеме — СССР

Страны-участницы: НРБ, МНР, ЧССР, СФРЮ

Белград
1978



КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Выпуск VIII

Критерии и методика прогноза минерального сырья
в породах дунит-гарцбургитовой формации (асбест, тальк)

Часть I

Критерии прогноза месторождений асбеста и талька

Редакционная коллегия выпуска VIII, часть I: Артемов В.
(гл. редактор), Блоха Н., Златогурская И., Кузнецова В.,
Эгель Л. (СССР), Ваканяц Б. (зам. главного редактора), Йок-
симович Д. (СФРЮ), Крюгер Б. (от секретариата СЭВ).

В настоящей серии выпусков (I—VIII) публикуются материалы сводных докладов первого этапа работ по подтемам 1.8.1 — 1.8.8. темы „Разработка рекомендаций в области критериев и методики прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых“.

Выпуск I. Медь, свинец, цинк.

Выпуск II. Олово, вольфрам, молибден.

Выпуск III. Флюорит, барит.

Выпуск IV. Медь, молибден.

Выпуск V. Сурьма, ртуть.

Выпуск VI. Алюминий.

Выпуск VII. Железо, никель.

Выпуск VIII. Асбест, тальк.

Страной-координатором работ по теме является СССР, а ее головной организацией — Всесоюзный ордена Ленина научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ), специалистами которого осуществлено редактирование докладов для публикации.

Ответственные редакторы: Б. Ерофеев, Д. Рундквист.

ВВЕДЕНИЕ

Доклад составлен в соответствии с программой работ по подтеме 1.8.8., принятой на совещании специалистов стран-членов СЭВ 6—8 апреля 1976 г. в г. Ленинграде и утвержденной на 32 заседании ПК СЭВ по геологии в октябре 1976 г. Программой работ предусмотрено выполнение подтемы 1.8.8. в два этапа. В первый этап разрабатываются критерии прогноза месторождений асбеста и талька, во второй — методика их прогнозирования. В настоящем докладе изложены материалы по первому этапу работ.

При разработке критериев прогноза месторождений хризотил-асбеста, антофиллит-асбеста, талька и талькового камня использован большой опыт поисков, разведки и изучения этих полезных ископаемых в СССР и материалы, содержащиеся в информационных записках МНР, ЧССР и СФРЮ. Информация по первому этапу работ подтемы 1.8.8. от делегации НРБ не поступила и в нижеследующих материалах не учтена.

Основное назначение доклада, как итогового документа первого этапа работ по подтеме 1.8.8., является обобщение обширной информации, имеющейся у стран-участниц по геологическим особенностям формирования месторождений асбеста и талька, разработка единого методического подхода к оценке критериев прогнозирования этих месторождений. При этом основное внимание в настоящем документе обращено на то, чтобы информация содержалась только необходимая и вполне достаточная для решения задач по подтеме 1.8.8.

Авторы доклада: В. Р. Артемов, Р. В. Колбанцев, В. Н. Кузнецова (СССР), Б. Ваканяц, Д. Йоксимович (СФРЮ), Л. Борис (МНР), Й. Злоха (ЧССР).

Классификации месторождений асбеста и талька для целей прогнозирования

В СССР разработано несколько классификаций месторождений хризотил-асбеста, антофиллит-асбеста, талька и талькового камня, в основу которых положены генетические, морфологические, формационные, вещественные и возрастные особенности. Все они в той или иной степени могут быть использованы для целей прогнозирования.

Наиболее известной из классификаций месторождений хризотил-асбеста является классификация П.М. Татаринова (1967), согласно которой выделяется два генетических типа. К первому типу относятся месторождения, возникшие при серпентинизации ультраосновных пород, ко второму — месторождения, — возникшие при серпентинизации доломитизированных известняков. Первый тип в зависимости от типов руд подразделяется на четыре подтипа: баженовский, лабинский, карачаевский, брединский. Каждый из подтипов образуется в определенных условиях; подразделение на подтипы учитывает поэтому не только морфологические, но и генетические особенности месторождений.

Классификацию П.М. Татаринова можно с успехом использовать для целей прогнозирования месторождений хризотил-асбеста, однако целесообразно дополнить введением формационного принципа в основу классификации и более четким определением подтипов.

Н. П. Михайлов, В. Н. Москалева (1967), К. К. Золоев (1975), считают, что карачаевский подтип месторождений хризотил-асбеста, связан с самостоятельной пироксенит-перидотитовой формаций, тогда как три других подтипа — с дунит-гарцбургитовой (называемой некоторыми исследователями также габбро-перидотитовой формацией). Карачаевский или кожный, как его называют в СФРЮ, подтип месторождений хризотил-асбеста, может быть связан не только с пироксенит-перидотитовой, но и с дунит-гарцбургитовой формацией. Поскольку продольно- и косоволокнистый асбест отличаются по условиям образования и по свойствам от поперечно-волокнутого асбеста, есть основание выделить его месторождения в самостоятельный формационный тип. Месторождения и проявления поперечно-волокнутого хризотил-асбеста изредка встречаются в гипербазитах расслоенных (дифференцированных) интрузий основных — ультра-

Таблица 1

Классификация месторождений хризотил-асбеста

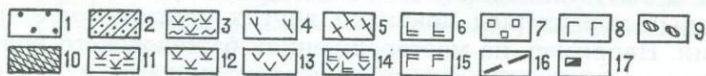
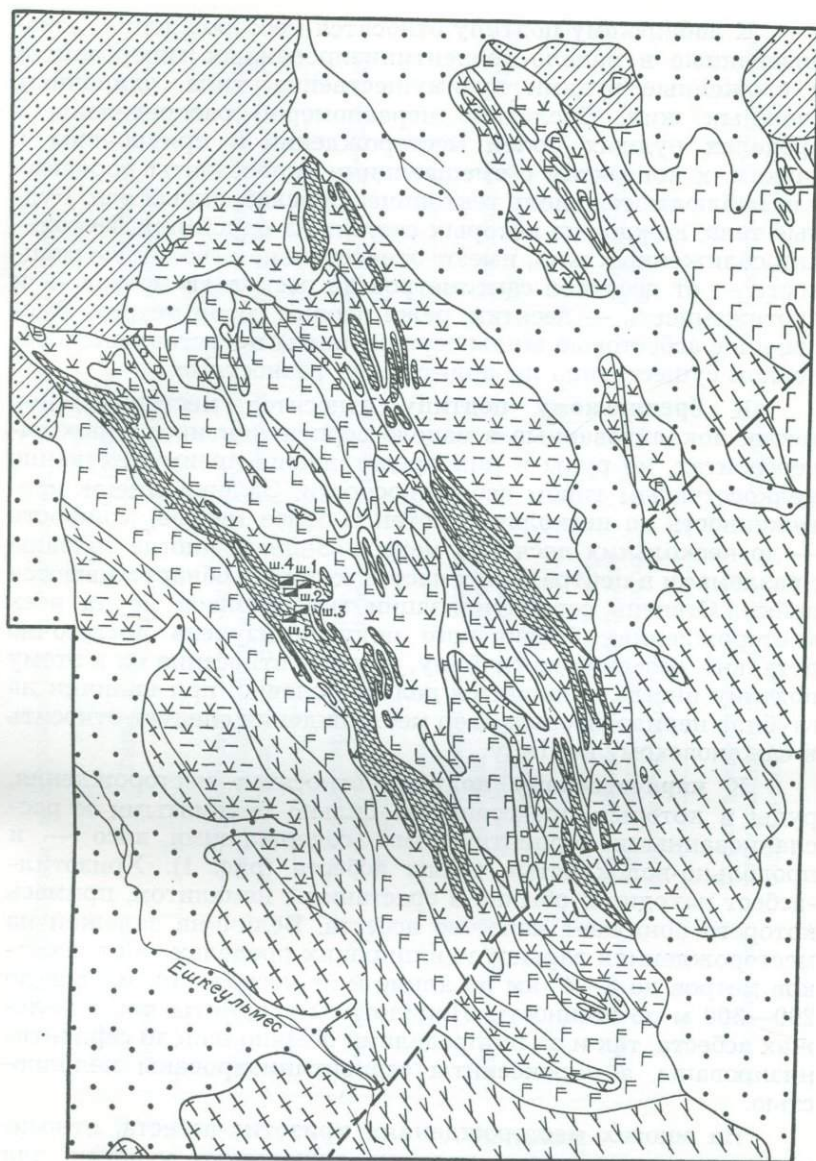
Формационный тип месторождения	Морфогенетический подтип	Типы асбестоносности, развитые на месторождениях	Величина месторождений	Примеры месторождений
Месторождения поперечно-волокнистого хризотил-асбеста, связанные с дунит-гарцбургитовой, редко с перидотит-пироксенит-норитовой формацией	Баженовский	Простые и сложные отороченные жилы, крупная и мелкая сетка жил, мелкопрожилые руды	Крупные, средние, мелкие	Баженовское и др. (СССР) Пановце, Якловце (ЧССР) Босанско Петрово село (СФРЮ)
	Лабинский	Преимущественно сложные одиночные жилы	Мелкие	Лабинское, Псянчинское и др. (СССР); Козарево и др. (СФРЮ)
	Брединский	Преимущественно мелкая сетка жилок, серии тонких параллельных жилок	Мелкие	Брединское, Таловское и др. (СССР); Корлаче и др. (СФРЮ) Ясов (ЧССР)
Месторождения продольно-волокнистого асбеста в породах пироксенит-перидотитовой и дунит-гарцбургитовой формаций	Карачаевский	Косо- и продольно-волокнистые жилы асбеста обычно в стратании с немалитом	От мелких до крупных	Карачаевское, Ешкеульмес (СССР); Страгары (СФРЮ); Калиново (ЧССР)

траосновных пород. Это обстоятельство также следует учитывать при выделении формационных типов хризотил-асбеста.

Классификация месторождений хризотил-асбеста, составленная с учетом вышеуказанных замечаний, приведена в табл. 1. Морфогенетические подтипы, приведенные в классификации, в известной степени отвечают промышленной типизации месторождений хризотил-асбеста.

К **баженовскому подтипу** относятся месторождения, связанные с частично серпентинизированными гипербазитами, вследствие чего часть жил асбеста залегает в перидотитах, часть — в серпентинитах. Руды в них представлены простыми и сложными отороченными жилами, крупно — и мелко-сетчатым, а также мелкопрожилым типами асбестоносности. Залежи асбеста длиной до 3—4 км, мощностью от 10—20 до 200—300 м имеют зональное строение как в отношении распределения типов асбестоносности, так и в отношении минерального состава вмещающих их пород. Рудные поля представляют собой тектонически интенсивно нарушенные блоки, благодаря чему гипербазиты неравномерно и в целом довольно интенсивно переработаны гидротермальными процессами с образованием полос аллометаморфической серпентинизации и с сохранением в том или ином количестве уцелевших от замещения серпентином перидотитовых ядер. Величина месторождений — типичных представителей баженовского подтипа — обычно значительная, но существует целый ряд месторождений средних или даже мелких, обладающих признаками месторождений баженовского подтипа.

Рис. 1. Геологическая карта Ешкеульмесского массива. По Н. П. Михайлову и В. Н. Москалевой. 1 — рыхлые кайнозойские отложения; 2 — красноцветная аркозо-конгломератовая свита (Д₂-Д₃); 3 — лимонит-кремнистые образования коры выветривания серпентинитов; 4 — амфиболиты и амфиболовые сланцы; 5 — кварц-сланцевые гнейсы, кристаллические сланцы и кварциты докембрия; 6 — бронзититы и вебстериты; 7 — диаллагиты; 8 — древние амфиболизированные и соскюритизированные габбро; 9 — участки минерализации поперечноволокнистого асбеста; 10 — перемятые брекчированные серпентиниты с продольноволокнистым асбестом; 11 — выщелочные дезинтегрированные серпентиниты; 12 — перекристаллизованные антигоритовые серпентиниты; 13 — апоперидотитовые серпентиниты; 14 — апопироксенитовые серпентиниты; 15 — апопироксенитовые пироксен-цоизитовые и амфибол-цоизитовые породы; 16 — разломы; 17 — разведочные шахты



К лабинскому подтипу относятся месторождения, локализованные в нацело серпентинизированных гипербазитах и сложенные рудами преимущественно типа одиночных сложных жил. Последние неравномерно распределены в пределах рудных полей месторождений и приурочены к дайкам, к контактам с вмещающими гипербазиты породами или наблюдаются вдоль тектонически ослабленных зон. Рудные тела, каждое из которых состоит из одной или нескольких сближенных жил, имеют относительно небольшую мощность — от десятков сантиметров до нескольких метров — и протяженность — десятки, реже первые сотни метров. Вмещающие асбестовые жилы серпентиниты представлены в основном существенно lizardитовыми разностями.

К брединскому подтипу относятся месторождения, также локализованные в нацело серпентинизированных гипербазитах, но руды в них представлены преимущественно мелкосетчатым типом асбестоносности. Залежи имеют протяженность до нескольких сотен и более метров, мощность — до нескольких десятков метров. Залежи иногда связаны с разломами в центральных частях которых обнаруживаются дайки. Степень серпентинизации гипербазитов не на всех месторождениях брединского подтипа изучена достаточно детально, особенно на глубину, поэтому отношение их к этому подтипу иногда приходится делать условно; при наличии на глубине перидотитовых ядер месторождения следует относить к баженовскому подтипу.

К карачаевскому подтипу относятся месторождения, руды в которых представлены сильно перемятыми и рассланцованными серпентинитами, содержащими косо — и продольно-волокнистые жилы асбеста (рис. 1). Хризотил-асбест находится обычно в сростании с немалитом, примесь которого понижает качество асбеста. Величина залежей на месторождениях варьирует в широких пределах — от десятков метров до 3—4 км по длине и от нескольких метров до 200—300 м по мощности. Перидотиты и дуниты как в залежах асбеста, так и за их пределами обычно нацело серпентинизированы, а пироксениты серпентинизированы неполностью.

На многих месторождениях хризотил-асбеста, относимых к тому или иному подтипу, существуют участки, для которых характерны признаки других подтипов месторождений. Например, на месторождениях баженовского подтипа встречаются зоны, сложенные серпентинитами в основном

Таблица 2

Классификация месторождений и проявлений антофиллит-асбеста

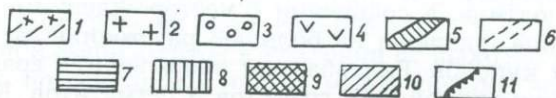
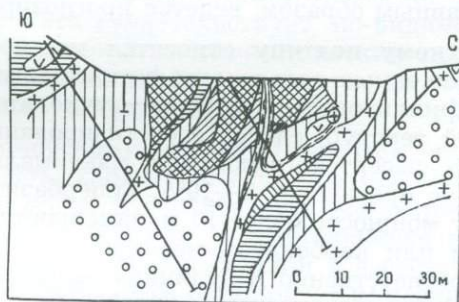
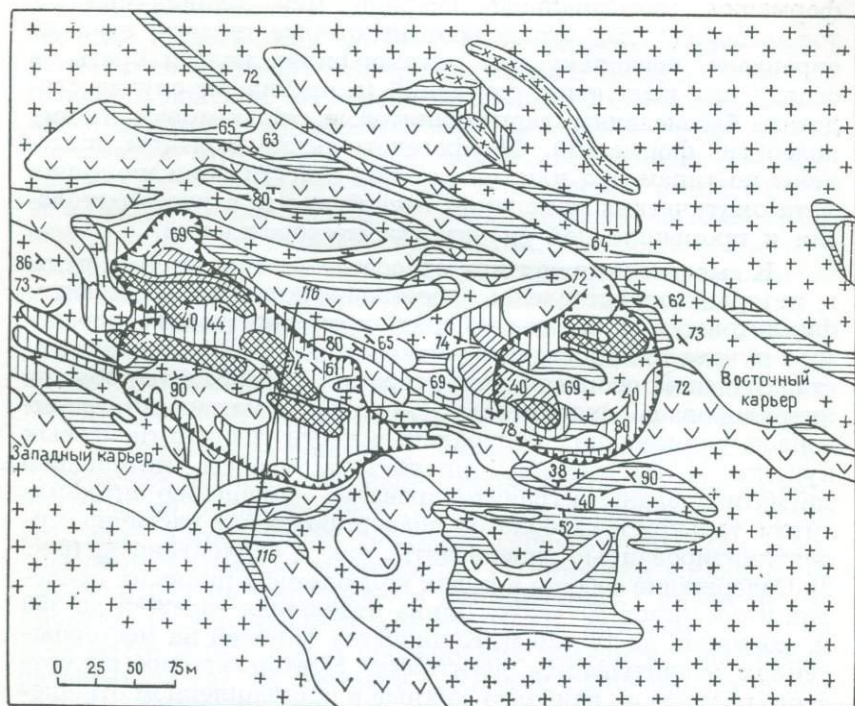
Формационный тип	Морфогенетический подтип	Типы руд	Величина месторождений	Примеры месторождений
Месторождения, связанные с метагипербазитами дунит-гарцбургитовой и других гипербазитовых формаций	Сысертский	Асбестоносные тальк-карбонат-антофиллитовые и тальк-антофиллитовые породы	Крупные и средние	Сысертское, Бугетсайское и др. (СССР)
	Талдыкский	Тальк-антофиллитовые породы, относительно слабо асбестоносные	Мелкие	Улы-Талдыкское и др. (СССР)
	Приазовский	Мелкопучковатые и мелкозвездчатые антофиллитовые и антофиллит-содержащие руды, слабо асбестоносные	Мелкие	Осипенковское, Кандыкаринское и др. (СССР)
	Мурзинский	Жилы антофиллита в серпентинитах или антофиллитизированных гипербазитах, слабо асбестоносные	Мелкие	Мурзинское и др. (СССР)
	Беломорский	Бронзит-антофиллитовые и антофиллитовые породы, слабо асбестоносные	Мелкие	Керетское, Ригач-озеро и др. (СССР)

с косо- и продольно-волокнистыми жилами асбеста. На месторождениях лабинского подтипа отмечаются участки с мелкосетчатым типом асбестоносности. На месторождениях карачаевского подтипа (Ешке-ульмес) есть жилы поперечно-волокнистого асбеста. В таких случаях отнесение конкретных месторождений к тому или иному подтипу при прогнозировании делается по главным, наиболее типичным и распространенным признакам, указанным в характеристике подтипов.

Классификации месторождений антофиллит-асбеста предложены в работах К. К. Золоева (1962), А. Я. Хмары, В. В. Байракова (1967), Г. И. Бурда (1969), А. Я. Хмары (1971), К. К. Золоева, Г. И. Бурда, М. Я. Шмаиной (1976). Они построены на несколько иных принципах, чем приведенная выше классификация месторождений хризотил-асбеста, и для целей прогнозирования нуждаются в доработке и уточнении. В настоящем докладе предложена классификация месторождений и проявлений антофиллит-асбеста, составленная В. Р. Артемовым (табл. 2).

Необходимость учета в классификации не только месторождений, но и рудопроявлений антофиллит-асбеста объясняется тем, что во многих районах довольно широко развит кристаллический, нерасщепляющийся на волокна антофиллит, который не определяет интенсивности асбестизации, но важен как поисковый признак. Формационный тип выделен пока только одной частью из-за недоизученности вопроса о формационной принадлежности антофиллитизированных гипербазитов, частью из-за связи большинства месторождений антофиллит-асбеста с дунит-гарцбургитовой формацией. Отнесение гипербазитов, с которыми связаны месторождения антофиллит-асбеста, к особой метаморфической

Рис. 2. Схематическая геологическая карта и разрез Мочаловского месторождения антофиллит-асбеста. По А. Я. Хмаре, И. М. Костыреву, Н. Н. Ваулиной. 1 — гранито-гнейсы; 2 — граниты мусковитовые, двухслюдистые, биотитовые; 3 — оливин-энстатитовые породы, серпентинизированные; 4 — серпентиниты; 5 — вермикулитовые и хлорит-вермикулитовые породы; 6 — хлоритовые и тальк-хлоритовые породы; 7 — тальковые, тальк-карбонатные и карбонат-тальковые породы; 8 — тальк-карбонат-антофиллитовые породы пучковой структуры, асбестизированные; 9 — асбестовые залежи с балансовыми запасами антофиллит-асбеста; 10 — асбестовые залежи с забалансовыми рудами антофиллит-асбеста; 11 — контуры карьеров



формации „магнезиальных скарнов“ или „оливин-энстатитовых пород“, как это делают некоторые геологи, едва ли оправдано, поскольку тип метаморфизма нельзя брать за основу при выделении формаций (в противном случае следовало бы выделять серпентинитовые, талькитовые и тому подобные формации). Морфогенетические подтипы выделены по типам руд или, при слабой асбестизации, по типам метасоматических изменений гипербазитов, с учетом геологии и промышленной значимости месторождений.

К сысертскому подтипу относятся месторождения, руды в которых представлены асбестизированными тальк-антофиллитовыми и тальк-карбонат-антофиллитовыми породами с пучковатой, звездчато-пучковатой, изредка гигантокристаллической сноповой структурами. Гипербазиты обычно интродуцированы сравнительно крупными массивами гранитоидов, занимающих центральные части гранито-гнейсовых куполов, а вмещающие гипербазиты гнейсы, интенсивно мигматизированы и гранитизированы. Замещению антофиллитом, тальком и карбонатом подвергаются как частично серпентинизированные гипербазиты, так и серпентиниты (рис. 2). Содержание асбеста в рудах колеблется в широких пределах и достигает 30—35%. Длина отдельных залежей до 350 м, мощность до 10—20 м. Количество залежей на месторождениях насчитывается десятками. Месторождения сысертского подтипа — наиболее важные в промышленном отношении; на них, главным образом, ведется прогнозирование.

К талдыкскому подтипу относятся месторождения и проявления, сложенные тальк-антофиллитовыми и тальк-карбонат-антофиллитовыми породами пучковатой и звездчато-пучковатой текстур, слабее асбестизированных, чем в месторождениях сысертского подтипа; максимальное содержание асбеста не превышает 5—10%. Гипербазитовые тела, если они имеют мощность более 10 м, замещаются антофиллитом, тальком или карбонатом неполностью. Мощность и длина зон, а соответственно и величина залежей сравнительно небольшая, благодаря чему месторождения, как правило, не имеют промышленного значения. Месторождения талдыкского подтипа, в сравнении с месторождениями сысертского подтипа, удалены на большее расстояние от гранито-гнейсовых куполов. Гипербазиты прорываются сравнительно маломощными дайками гранитов и пегматитов. Мигматизация и гранитизация во вмещающих гипербазиты гнейсах и амфиболитах проявлены слабо.

К приазовскому подтипу относятся проявления, занимающие геологически сходную по отношению к гранитам и пегматитам позицию с месторождениями и проявлениями тальковского подтипа, но характеризующиеся слабо асбестоносными рудами с пучковатой или звездчатой (чаще мелкозвездчатой) структурой; содержание асбеста низкое, не превышает 1—2%. По составу они существенно антофиллитовые, тальк-антофиллитовые, тальк-карбонат-антофиллитовые, иногда с хлоритом и тремолитом. Гипербазитовые тела в зависимости от их размера могут замещаться антофиллитом и другими минералами полностью или частично. Размер рудных тел может быть крупным: длина — десятки и сотни метров, мощность — до 10 и более метров. Некоторые проявления приазовского подтипа приурочены к гипербазитам, которые не прорываются жилами гранитов и пегматитов.

К мурзинскому подтипу относятся проявления по геологической позиции сходные с проявлениями приазовского подтипа, но отличающиеся от них преобладанием в рудах жильного антофиллита, секущего серпентиниты или антофиллитизированные гипербазиты. Генетически жильная антофиллитизация гипербазитов принципиально ничем не отличается от вкрапленной или сплошной, развивающейся по всей массе пород, как в предыдущих подтипах. Она может развиваться как на контакте с жилами гранитов, так и вне связи с гранитами вдоль трещин. Жильная форма проявления антофиллита свидетельствует, по-видимому, о недостаточной интенсивности метасоматических процессов, вследствие чего в целом слабо развивается не только антифиллитизация, но и асбестизация.

К беломорскому подтипу относятся проявления антофиллит-асбеста, характерные для беломорской серии архея Балтийского щита. В гипербазитах часто присутствует вторичный пироксен-бронзит, подвергающийся вместе с другими минералами антофиллитизации и асбестизации. Тальк в составе пород пользуется ограниченным развитием. Асбестизация метагипербазитов, как правило, слабая, в связи с чем промышленного значения проявления беломорского подтипа не имеют. Приурочены они к гипербазитам, залегающим среди гнейсов и амфиболитов в удалении от выходов гранитных интрузий, но секущимся иногда маломощными жилами.

Классификация месторождений и проявлений антофиллит-асбеста, как всякая классификация природных объек-

Классификация месторождений талька и талькового камня

Формационный тип месторождений	Морфогенетический подтип	Типы руд, преимущественно развитые на месторождениях	Величина месторождений	Примеры месторождений
Месторождения в породах дунит-гарцбургитовой формации	Кирибинский	Железистые талькиты	Средние и мелкие	Кирибинское, Абдул-Касимовское и др. (СССР), Калиново (ЧССР), Баняни (СФРЮ)
	Шабровский	Тальк-брейнеритовые породы	Крупные, средние, мелкие	Правдинское, Шабровское и др. (СССР)
	Медведевский	Железистые талькиты, тальк-брейнеритовые породы	Крупные, средние, мелкие	Медведевское, Сысертское и др. (СССР) Мушич (СФРЮ)
Месторождения в гипербазитовых формациях с повышенным содержанием алюминия (пикритовой, дунит-пироксенит-габбровой и др.)	Сегозерский	Хлорит-тальковые, хлорит-карбонат-тальковые породы	Средние, мелкие	Турган-Койван Аллуста (СССР) Стреоци (СФРЮ)

тов, не лишена условностей, однако она помогает вести прогнозирование на антофиллит-асбест в новых и ранее известных районах. Как и в случае с месторождениями хризотил-асбеста, на месторождениях и проявлениях антофиллит-асбеста одного подтипа отмечаются признаки месторождений и проявлений другого подтипа. Так, на месторождениях сысертского подтипа иногда встречаются тела антофиллитовых пород мелкозвездчатой структуры, слабо асбестизированные, как и в проявлениях приазовского подтипа. Встречаются также жилы антофиллита, как в проявлениях мурзинского подтипа. При отнесении месторождений и проявлений антофиллит-асбеста к тому или иному подтипу необходимо учитывать поэтому их наиболее характерные признаки.

3071
Классификации месторождений талька и талькового камня разрабатывались в целом ряде работ (Костылева, 1925; Татаринов, 1934, 1946; Аршинов, Соколов, 1945; Уральский, 1951; Меренков, 1961; Смолин, 1960, 1962; Еремеев, 1961; Романович, 1963, 1964, 1973, 1974 и др.). Наиболее совершенной является классификация И. Ф. Романовича (1974). В ней выделяются две группы месторождений: А — эндогенные, Б — экзогенно-эндогенные; в каждой группе два типа: 1 — связанные с гипербазитами, II — связанные с кальций-магний-карбонатными породами. В первом типе группы А выделяются два класса: 1) связанные с габбро-дунит-пироксенитовой формацией, 2) связанные с перидотитовой формацией, возникшие: а) без привноса кремнезема, б) с привносом кремнезема. Помимо этого, с учетом качества талькового сырья, генезиса и формы залежей выделяются семь промышленных формаций тальковых месторождений. Для целей прогнозирования месторождений талька и талькового камня классификацию И. Ф. Романовича целесообразно несколько упростить с использованием тех же принципов, что были положены в основу классификации хризотил- и антофиллит-асбеста. Вариант такой классификации приведен в табл. 3.

Экзогенные и экзогенно-эндогенные месторождения талька в самостоятельные формационные типы или подтипы не выделены, поскольку они образуются при выветривании эндогенных месторождений и по существу являются их частями. Наличие кор выветривания, облагораживающих тальковые и ухудшающих тальк-карбонатные руды в верхних горизонтах, должно учитываться при прогнозировании как одна из важных особенностей месторождений талька и талькового камня.

К **кирьябанскому подтипу** относятся месторождения, руды в которых представлены преимущественно талькитами с содержанием талька не менее 75⁰/. Месторождения располагаются нередко в зонах активного воздействия гранитоидных интрузий на контактах серпентинитов и гранитоидов, но

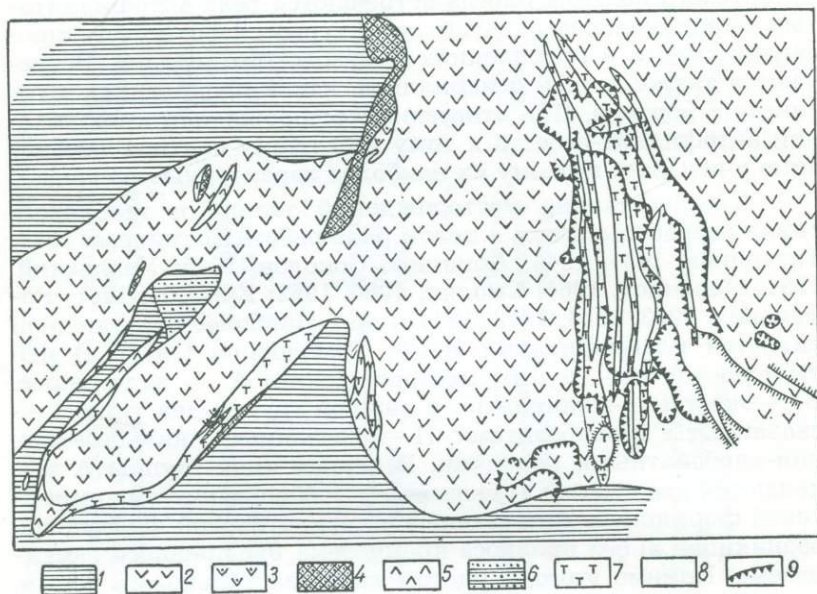


Рис. 3. Схема геологического строения Кирьябинского месторождения талька. По К. И. Постоеву и В. Н. Соколовскому. 1 — хлорит-серицит-кварцевые сланцы; 2 — серпентиниты; 3 — оталькованные серпентиниты; 4 — тальк-хлоритовые сланцы; 5 — хлоритовые сланцы; 6 — хлорит-эпидотовые сланцы; 7 — талькиты; 8 — хлорититы и тальк-карбонатные породы; 9 — контуры карьеров и отвалов.

встречаются и в удалении от последних без видимой пространственной связи с гранитоидами (рис. 3). Образовались месторождения в результате привноса гидротермальными растворами в гипербазиты главным образом SiO_2 и в меньшей степени других компонентов. Более или менее крупные тела серпентинитов (мощностью не менее 20—30 м) замещаются талькитами частично, а маломощные — полностью. Мощность рудных залежей от единиц до первых десятков

метров, длина — десятки и сотни метров. Месторождениям свойственна зональность, выражающаяся в хлоритизации тальцитов на контакте с алюмосиликатными породами и в карбонатизации — на контакте с серпентинитами.

К **шабровскому подтипу** относятся месторождения, в которых руды представлены преимущественно тальк-брейнеритовыми породами. Содержание железа в брейнерите составляет в среднем 7—9%, т.е. равно примерно содержанию его в породах дунит-гарцбургитовой формации. Формируются месторождения в условиях привноса в гипербазиты главным образом CO_2 . Замещению тальком и карбонатом подвергаются большей частью серпентиниты, редко-неполностью серпентинизированные гипербазиты. Пространственная и генетическая связь с гранитоидными интрузиями устанавливается не всегда, что позволяет образование некоторых месторождений связывать с региональным метаморфизмом. Рудные тела более крупные по величине, чем на месторождениях тальцитов, и достигают в длину 2 км при мощности до 250 м.

К **медведевскому подтипу** относятся руды, в которых месторождения представлены талькитами и тальк-карбонатными породами. Образовались они в результате привноса в гипербазиты SiO_2 и CO_2 . В пределах месторождений выделяются как тальцитовые рудные тела, так и тела, сложенные тальк-карбонатными породами, причем те и другие могут быть достаточно крупными и иметь промышленное значение (рис. 4). Оталькование и карбонатизация развиваются в гипербазитах, либо прорванных гранитоидными интрузиями, либо залегающих только в осадочных и осадочно-вулканогенных отложениях и непосредственно не контактирующих с гранитоидами и их жильными дериватами. Распределение рудных тел тальковых и тальк-карбонатных пород в пределах рудных полей незакономерно, но в случае сложных тел ближе к алюмосиликатным породам располагаются зоны тальцитов, а ближе к серпентинитам — зоны тальк-карбонатных пород. Размеры рудных тел тальцитов: длина до 800 м, мощность 0,2—50 м, средняя 2—7 м, тальк-карбонатных пород — длина по 2—3 км, мощность от нескольких метров до 100—200 метров.

К **сегозерскому подтипу** относятся месторождения, руды в которых сложены хлорит-тальковыми, тальк-хлоритовыми и карбонат-тальк-хлоритовыми породами. Образо-

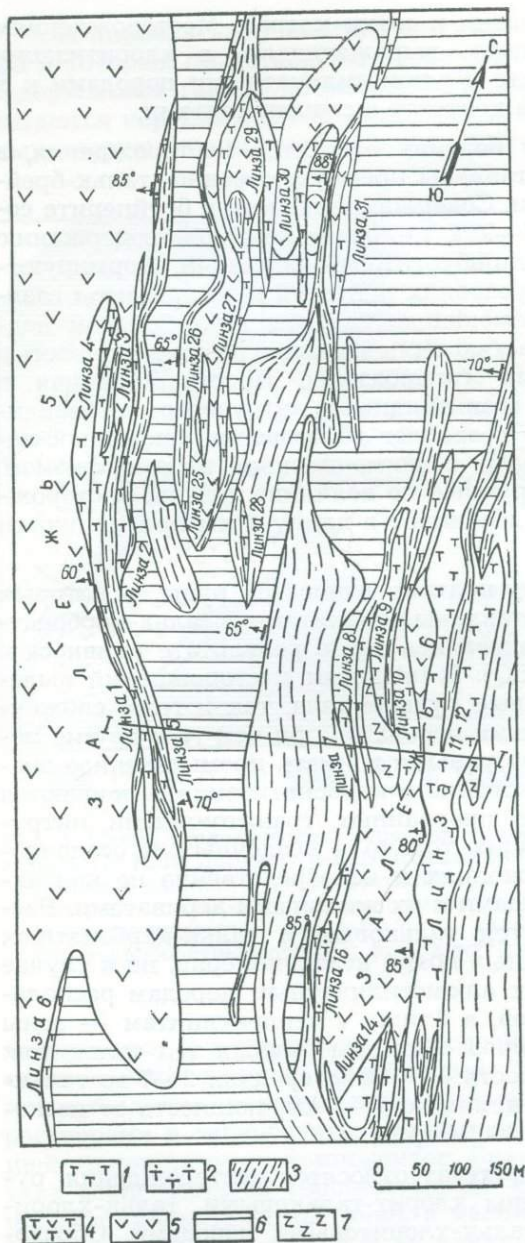


Рис. 4. Схема геологического строения Восточно-Медведевского месторождения талька и талькового камня. По А. Я. Хмаре. 1 — талькиты; 2 — тальк-карбонатные породы; 3 — тальк-хлоритовые и хлоритовые породы; 4 — оталькованные и карбонатизированные серпентиниты; 5 — серпентиниты; 6 — углесто-серицит-кварцевые сланцы; 7 — зеленокаменные породы

валясь они за счет гипербазитов с повышенным содержанием алюминия, относящихся к различным формациям. Наиболее хорошо изучены месторождения этого подтипа в Карельской АССР. Линзы метаморфизованных пикритов залегают среди гнейсов — гранитов, метадиабазов и других пород. Карбонат в карбонат-тальк-хлоритовых породах представлен брейнеритом с содержанием Fe_2CO_3 15—20%, что указывает на повышенную железистость гипербазитов по сравнению с породами дунит-гарцбургитовой формации. Длина рудных тел (линз) до 100—150 м. На контактах с гранитами развиваются зоны хлорит-актинолитовых сланцев мощностью 10—15 м. Месторождения сегозерского подтипа характеризуются рудами пониженного качества и в настоящее время в СССР не разрабатываются.

Критерии прогноза месторождений асбеста и талька

При прогнозировании месторождений асбеста и талька приходится анализировать их возрастную приуроченность, положение в крупных региональных структурах, с учетом особенностей развития каждой структуры, формационную принадлежность гипербазитов, в которых локализованы месторождения, связь оруденения с петрохимическим составом пород, структурное положение месторождений в пределах гипербазитовых поясов и отдельных массивов, метаморфизм вмещающих гипербазиты пород и самих гипербазитов, а также распределение магматических формаций, с которыми так или иначе можно связывать происхождение рудообразующих растворов. В соответствии с этим, разрабатываются следующие критерии: геохронологический, геотектонический, формационный, петрохимический, структурный, метаморфический, генетический (связи оруденения с интрузиями).

Хризотил-асбест и антофиллит-асбест — не парегенные полезные ископаемые, поэтому критерии для каждого из них сформулированы отдельно, а для талька и талькового камня — совместно.

Из перечисленных критериев некоторые основаны на наиболее общих региональных закономерностях размещения месторождений и предназначены для использования в

основном при мелкомасштабном прогнозировании — геохронологический, геотектонический. Другие — формационный, структурный, метаморфический — учитывают региональные и локальные закономерности размещения месторождений и могут, с соответствующей конкретизацией, использоваться при мелко- средне- и крупномасштабном прогнозировании. Петрохимический критерий учитывает химизм пород, первичных и метаморфизованных. Он является по существу дополнением формационного и метаморфического критериев и применим наиболее эффективно при крупномасштабном прогнозировании. Генетический критерий, несмотря на сложность и дискуссионность вопроса об источнике и характере рудообразующих растворов, учитывает вероятную генетическую связь оруденения с интрузиями. Он основан на формационном анализе всех более поздних по отношению к гипербазитам магматических образований и может использоваться при прогнозировании в разных масштабах.

Поскольку крупные месторождения образуются при сочетании ряда благоприятных факторов, прогнозирование их должно проводиться с учетом всех вышеуказанных критериев.

Геохронологический критерий

Месторождения хризотил-асбеста распространены в складчатых областях широкого возрастного диапазона. Исходя из концепции о том, что месторождения хризотил-асбеста обязаны своим происхождением воздействию гидроterm гранитоидных интрузий, возраст месторождений значительно отличается от возраста гипербазитов, вмещающих месторождения (рис. 5). Приблизительно возраст месторождений можно параллелизовать с возрастом крупных гранитоидных массивов сиалического типа, хотя в ряде случаев месторождения хризотил-асбеста явно моложе и формируются после внедрения более поздних малых интрузий гипабиссальных гранитоидов.

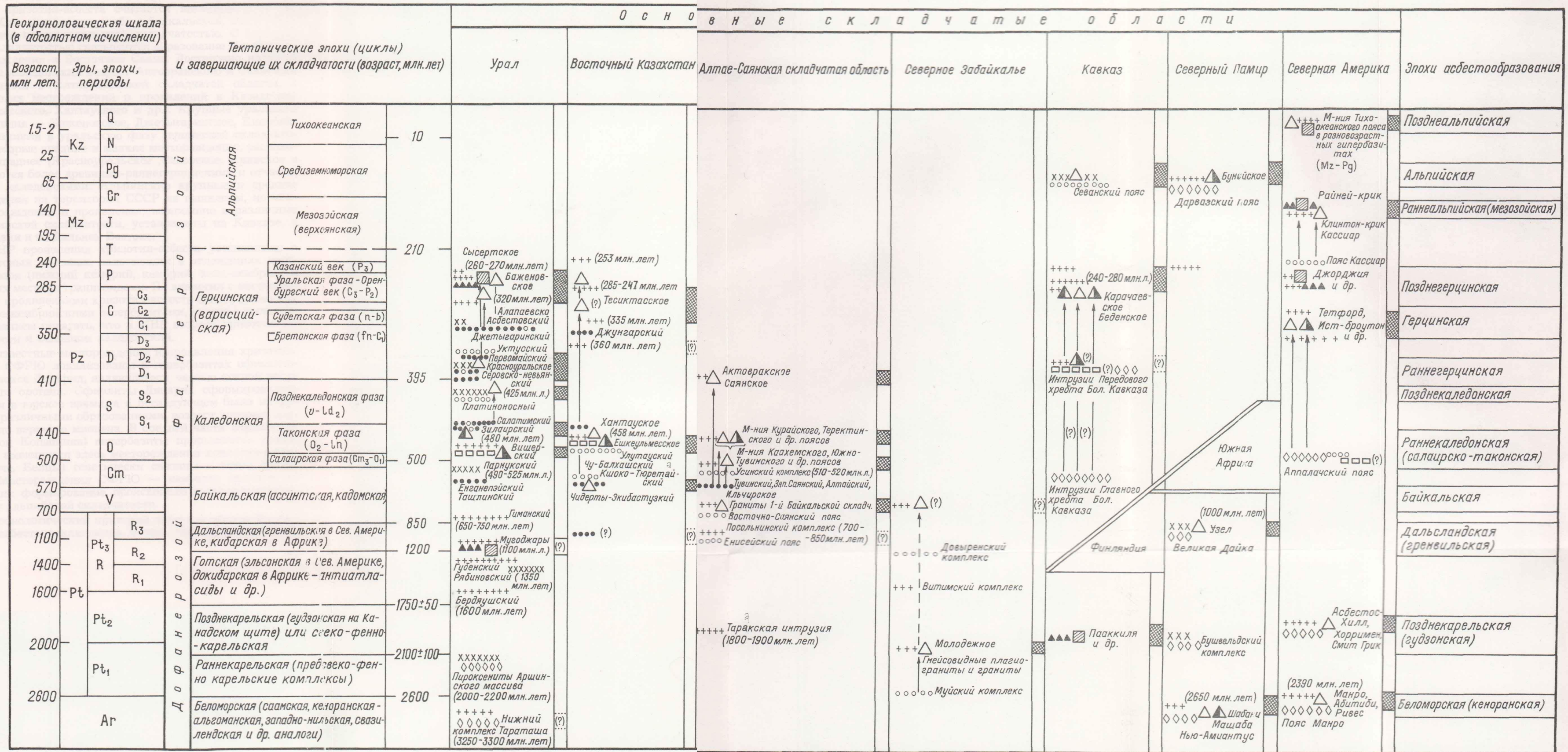


Рис.5 По К.К. Золоту

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

1-4 — ультраосновные породы: 1 — габбро-перидотитовой, 2 — дунит-пироксенит-габбровой, 3 — пироксенит-перидотитовой, 4 — магнезиально-скарновой формаций; 5 — нерасчлененные гипербазиты; 6-7 — гранитоиды: 6 — сиалического типа, 7 — базальтоидного типа; 8-10 — месторождения хризотил-асбеста: 8 — баженовского, 9 — карачаевского и 10 — лабинского подтипов; 11 — месторождения антофиллит-асбеста; 12 — периоды образования месторождений асбестов; 13 — временные и пространственные связи месторождений с гипербазитами

В СССР одним из наиболее древних крупных месторождений хризотил-асбеста считается Молодежное в Забайкалье. Оно связывается либо с байкальской, либо с еще более ранней позднекарельской складчатостью. С байкальской же складчатостью связывается образование Ильчирского месторождения в Восточном Саяне. Достаточно надежно установлен каледонский возраст Актотракского и Саянского месторождений в Алтае-Саянской складчатой области, а также многих месторождений и проявлений в Казахстане (Ешкеульмесского, Хантауского и др.). Крупные уральские месторождения — Баженовское, Джетыгаринское, Киембайское — возникли в уральскую фазу герцинской складчатости, а некоторые средние и мелкие месторождения, расположенные западнее (Красноуральское, Таловское, Кривское и др.) считаются более древними-раннегерцинскими и отчасти, возможно, каледонскими. Альпийские крупные и средние месторождения на территории СССР не выявлены, но мелкие месторождения и проявления, возникшие в различные фазы альпийской складчатости, установлены на Кавказе, в Средней Азии и на Дальнем Востоке.

В МНР проявления хризотил-асбеста установлены в гипербазитовых массивах, залегающих в отложениях нижнего палеозоя (нижний кембрий, кембрий, венд-кембрий) и прорванных местами гранитоидами. По аналогии с месторождениями и проявлениями хризотил-асбеста СССР, связанными с ниже-кембрийскими гипербазитами, можно с достаточным основанием полагать, что в МНР возраст хризотил-асбестоносности и основном каледонский.

Все известные месторождения и проявления хризотил-асбеста в СФРЮ локализованы в гипербазитах офиолитового комплекса Динарид, являющегося частью южной ветви альпийского орогена. Офиолиты Динарид сформировались в основном в юрское время, а в последующем были интродуцированы различными образованиями, возраст которых поднимается до верхнего миоцена. В средней части Вардарской зоны (район Копаноника) гипербазиты прорываются гранитоидами и имеющиеся здесь месторождения хризотил-асбеста (Корлаче, Белцы) генетически связаны с этими гранитоидами. Месторождения СФРЮ — наиболее молодые по возрасту, их формирование происходило в средиземноморскую фазу альпийской складчатости.

Геохронологический критерий прогноза месторождений хризотил-асбеста заключается в том, что перспективными

*на хризотил-асбест следует считать складчатые области са-
мого различного возраста, но к наиболее перспективным от-
носятся области герцинской и каледонской складчатости.*

Месторождения и проявления антофиллит-асбеста за-
легают в сланцево-амфиболито-гнейсовых толщах, возраст
которых считается докембрийским. Возраст прорывающих
их гипербазитов точно не установлен, но во многих районах
также может считаться докембрийским. Что касается воз-
раста месторождений антофиллит-асбеста, то ясности в этом
вопросе в настоящее время нет. Нижняя возрастная граница
в некоторых районах датируется докембрием, а верхняя в
других, отчасти условно, поднимается вплоть до верхнего
палеозоя. Возрастной критерий месторождений антофиллит-
асбеста трудно поэтому использовать при их прогнозировани-
и. Гораздо больше значение в данном случае имеет гео-
хронологический критерий, учитывающий возраст вмещаю-
щих антофиллитоносные гипербазиты толщ. Перспективны-
ми на антофиллит-асбест являются только докембрийские
области и срединные массивы, сложенные докембрийскими
толщами, интродуцированными гипербазитами, в фанерозой-
ских складчатых областях.

Геохронологический критерий прогноза тальковых мес-
торождений во многом подобен таковому для хризотил-асбес-
товых месторождений, поскольку оталькование и карбониза-
ция в большинстве районов генетически связаны с грани-
тоидными интрузиями самого различного возраста. К *наибо-
лее благоприятным для обнаружения крупных месторожде-
ний талька и талькового камня относятся области герцин-
ской и коледонской складчатости.*

Геотектонический критерий

Месторождения хризотил-асбеста распространены на
земном шаре, в частности, на территории стран-членов СЭВ
и СФРЮ, крайне неравномерно. Это объясняется особеннос-
тями геотектоники регионов, провинций и отдельных струк-
турно-минерагенических зон в их пределах.

Принадлежность складчатых областей к фемическим
или салически-фемическим можно рассматривать в общем

случае как признак благоприятный для обнаружения месторождений хризотил-асбеста. При широком развитии пород дунит-гарцбургитовой формации, естественно, уже статистически возрастает вероятность образования месторождений хризотил-асбеста, однако площадь выходов гипербазитов не прямо пропорциональна количеству месторождений. Малый Кавказ, например, по насыщенности гипербазитами не уступает восточному склону Урала, но по степени перспективности на хризотил-асбест эти области резко различаются. Если на восточном склоне Урала выявлено три крупных и несколько средних и мелких месторождений, то на Малом Кавказе к настоящему времени не выявлено ни одного заслуживающего внимания месторождения. То же можно сказать и о Корякском нагорье и Камчатке при сравнении их с восточным склоном Урала.

Анализ размещения месторождений хризотил-асбеста с позиции наиболее общих закономерностей развития складчатых областей приводит к выводу о том, что перспективность их на хризотил-асбест зависит от степени завершенности цикла развития той или иной области, в частности от характера проявления гранитоидного магматизма в орогенную стадию. Многие складчатые области или их части не прошли стадию орогенеза с интенсивно проявленным гранитоидным магматизмом и поэтому в них закономерно отсутствуют крупные месторождения хризотил-асбеста. Эту закономерность следует понимать с учетом глубины становления гипербазитовых массивов, глубины формирования гранитоидных интрузий и месторождений хризотил-асбеста, а также глубины эрозионного среза. В некоторых областях гранитоидные интрузии могут отсутствовать на уровне современного эрозионного среза, однако месторождения хризотил-асбеста встречаются, причем довольно крупных размеров. По-видимому, в данном случае орогенные гранитоиды находятся на некоторой глубине. Признаки наличия их устанавливаются по жильным дериватам и малым интрузиям гранитоидов гипабиссального типа. На расстоянии до нескольких десятков километров от месторождений хризотил-асбеста в таких районах обнаруживаются обычно и более крупные массивы абиссальных гранитоидов.

Отсутствие или слабое проявление хризотил-асбестоносности во многих молодых складчатых областях можно объяснить либо тем, что они по своему развитию отвечают начальным и ранним этапам и характеризуются относитель-

но небольшой, вследствие этого, мощностью земной коры, либо, если орогенная стадия развития имела место, удаленностью гипербазитов от орогенных гранитоидов, а также значительной мощностью земной коры, вследствие чего гипербазитовые массивы невелики по размерам и интенсивно метаморфизованы.

Области активизации платформ, щитов или срединных массивов, расположенных в складчатых областях различного возраста, в отношении хризотил-асбестоносности не могут считаться перспективными, поскольку в консолидированных блоках земной коры, по-видимому, вследствие их обезвоживания, становятся невозможными массовая серпентинизация и асбестообразование. Связанные с активизацией платформ гипербазиты формации ультраосновных-щелочных пород и карбонатитов практически нигде не несут хризотил-асбестовой минерализации. Постконсолидационные расслоенные интрузии основных-ультраосновных пород также обычно лишены месторождений хризотил-асбеста.

Геотектонический критерий прогноза месторождений хризотил-асбеста сводится, таким образом, к тому, что перспективными на хризотил-асбест являются не все складчатые области фемического и салическо-фемического типов, а лишь те, что прошли орогенную стадию развития, интродуцированы более или менее крупными массивами гранитоидов. Это положение распространяется и на отдельные части складчатых областей, которые хотя участвовали в орогенических движениях, но по тем или иным причинам не затронуты или слабо затронуты гранитоидным магматизмом.

Месторождения антофиллит-асбеста в отношении приуроченности к фемическим и салическо-фемическим областям, а также в отношении гранитоидного магматизма имеют сходство с месторождениями хризотил-асбеста, однако формировались они на значительно большей глубине, чем месторождения хризотил-асбеста, в прогрессивную стадию метаморфизма и приурочены либо к щитам, либо к поднятиям древних толщ и срединным массивам в фанерозойских складчатых областях. Внедрение антофиллит-асбестоносных гипербазитов связывают либо с древними офиолитовыми комплексами, либо с начальными этапами палеозойских геосинклиналей. Месторождения антофиллит-асбеста встречаются в районах, где древние регионально метаморфизованные интенсивно мигматизированы и гранитизированы, а сами гипербазиты прорываются гранитоидами, по всей вероят-

ности, палингено-анатектического происхождения. Можно предполагать, что формирование месторождений антофиллит-асбеста происходило хотя и на значительной глубине, но в еще неполностью обезвоженных осадочно-вулканогенных отложениях, благодаря чему в процессе метаморфизма (вплоть до ультраметаморфизма) имела место интенсивная местасоматическая переработка гипербазитов.

Геотектонический критерий прогноза месторождений антофиллит-асбеста, следовательно, выражается в отнесении к перспективным областей фемических и салически-фемических, претерпевших метаморфические преобразования на значительной глубине и выведенных на поверхность либо на щитах, либо в виде поднятий древних толщ срединных массивов в складчатых областях.

Месторождения талька и талькового камня распространены в тех же районах, что и месторождения хризотил-асбеста, поэтому геотектонический критерий для этих видов полезных ископаемых во многом одинаков. Апогипербазитовые месторождения талька и талькового камня формируются в более широком температурном интервале, поэтому значительно шире распространены в природе. В региональном плане перспективными для них являются те же складчатые области что и для месторождений хризотил-асбеста, и, кроме того, все другие складчатые области фемического и салически-фемического типов, где распространены мелкие интенсивно метаморфизованные тела гипербазитов.

Формационный критерий

Формационный критерий используется при мелко-, средне- и крупномасштабном прогнозировании. Сущность его выражается в том, что определенные типы или подтипы месторождений асбеста и талька связаны с определенными магматическими формациями гипербазитов. Подтемой 1.8.8. предусматривается разработка рекомендаций в области критериев и методики прогноза минерального сырья в породах только одной дунит-гарцбургитовой формации. Однако, чтобы правильно решить вопрос о формационной принадлежности тех или иных гипербазитов, в частности, к дунит-гарцбургитовой формации, приходится изучать и анализировать

особенности других формаций, поскольку существуют общие черты, характеризующие разные формации и поскольку вопрос этот во многом еще дискуссионный.

В понятие „Магматическая формация“ по мнению формационной комиссии Междуведомственного петрографического комитета СССР входит: 1) закономерная повторяемость типов магматических сообществ, 2) парагенетическое единство всех членов сообщества, которое является следствием единства магматического источника или общего породообразующего процесса, 3) единство структурно-геологического положения и тектонического режима формирования, 4) связь с единым этапом тектоно-магматической эволюции, 5) сходство петрографических, петрохимических и металлогенических признаков.

Среди гипербазитов складчатых областей различного возраста в СССР выделяются формации: дунит-гарцбургитовая, известная также под названием габбро-перидотитовой, гипербазитовой, перидотитовой; дунито-пироксенит-габбровая; перидотит-пироксенитовая или пироксенит-перидотитовая. Кроме того, существуют гипербазиты не совсем ясной формационной принадлежности, которые относят либо к формации расслоенных интрузий основных -ультраосновных пород, либо к пикритовой, которую можно рассматривать как субформацию формации ультраосновных — щелочных пород. Следуя указанным выше принципам выделения магматических формаций, дунит-гарцбургитовую формацию правильнее называть габбро-дунит-гарцбургитовой, однако в силу установившейся в последние годы традиции она называется дунит-гарцбургитовой.

Одной из характерных и важных особенностей гипербазитовых и гипербазиты содержащих формаций является определенный состав первичных пород. В дунит-гарцбургитовой формации, если исключить габбро, внедряющихся обычно позже гипербазитов и образующих с ними резкие контакты, породы представлены дунитами и гарцбургитами в различных соотношениях, но с преобладанием, как правило, гарцбургитов; пироксениты либо отсутствуют, либо занимают подчиненное место. Гипербазиты в дунит-пироксенит-габбровой формации представлены дунитами, клинопироксенитами и в резко подчиненном количестве верлитами, слагающими переходные зоны между дунитами и клинопироксенитами. Пироксенит-перидотитовая формация включает в себя пироксениты, гарцбургиты и лерцолиты, дуниты

в этой формации встречаются редко. Из перечисленных трех формаций самой перспективной на хризотил-асбест, антофиллит-асбест, тальк и тальковый камень является дунит-гарцбургитовая, но отдельные пояса или массивы этой формации, в зависимости от соотношения дунитов, гарцбургитов, пироксенитов, по степени перспективности неодинаковы, особенно на хризотил-асбест.

Геологическими наблюдениями и петрографическими исследованиями установлена приуроченность всех промышленных месторождений поперечно-волокнистого хризотил-асбеста (1-й формационный тип) к существенно гарцбургитовым массивам, в которых содержание энстатита варьирует от 5 до 30—40% и в среднем составляет 10—20%. Существенно дунитовые массивы, в которых пироксен отсутствует или составляет не более 5%, полностью лишены промышленной асбестоносности 1-го формационного типа. Точно так же не встречается она и в дунитовых или пироксенитовых массивах дунит-пироксенит-габбровой формации, в пироксенитовых массивах или пироксенитовых и оливинитовых участках сложных массивов пироксенит-перидотитовой формации или формации расслоенных интрузий основных-ультраосновных пород.

Из сказанного вытекает следующий формационный критерий прогноза: перспективными на поперечно-волокнистый хризотил-асбест являются, во первых, гипербазитовые массивы дунит-гарцбургитовой формации, во вторых, те из них, в строении которых значительное место занимают гарцбургиты. Перидотитовые массивы или части массивов пироксенит-перидотитовой формации и формации расслоенных интрузий основных-ультраосновных пород для поисков месторождений хризотил-асбеста, как правило, малоперспективны.

Месторождения продольно-волокнистого хризотил-асбеста (2-й формационный тип) могут быть связаны как с перидотитами, так и с дунитами, а иногда и с пироксенитами (?) различных формаций, поэтому для них не существует столь строгой формационной приуроченности как для месторождений поперечно-волокнистого хризотил-асбеста.

Месторождения и проявления атофиллит-асбеста образуются в различных породах дунит-гарцбургитовой и, вероятно, других формаций, как слабо серпентинизированных, так и превращенных в серпентиниты. Родоначальными для месторождений антофиллит-асбеста в большинстве районов

являются высокомагнезиальные гипербазиты, которые по ряду признаков в большинстве своем относятся к дунит-гарцбургитовой формации. Выделение антофиллит-асбестоносных гипербазитов в особую метаморфическую формацию „магнезиальных скарнов“ или „оливин-энстатитовых пород“, как это делают некоторые геологи, едва ли оправдано, так как тип метаморфизма гипербазитов не может лежать в основе выделения формации (иначе пришлось бы выделять серпентинитовые, талькитовые и тому подобные формации).

Формационный критерий прогноза месторождений антофиллит-асбеста предполагает, таким образом, наличие высокомагнезиальных гипербазитов: перидотитов, дунитов и образованных по ним серпентинитов, относящихся к различным формациям, но преимущественно к дунит-гарцбургитовой.

Месторождения талька и талькового камня связаны большей частью с породами дунит-гарцбургитовой формации, что объясняется не столько составом пород, сколько благоприятной для оталькования и карбонатизации структурно-тектонической позицией многих массивов этой формации. Если же учитывать только состав пород, то все гипербазитовые и содержащие гипербазиты формации могут быть потенциально тальконосными. Об этом свидетельствует существование сегозерского подтипа месторождений талькового камня, исходные гипербазиты которых отличались повышенным содержанием алюминия и железа. При прочих равных условиях оталькованию и карбонитизации легко подвергаются существенно оливиновые породы, а пироксениты, в особенности клинопироксениты, сохраняются слабо или совсем неизмененными. Формационный критерий в данном случае может быть сформулирован поэтому следующим образом. Перспективны для выявления месторождений талька и талькового камня могут быть гипербазиты различных формаций, но наиболее благоприятной является дунит-гарцбургитовая.

Петрохимический критерий

Петрохимический критерий тесно связан с формационным и по существу является его дополнением. Однако, он выделен, поскольку позволяет учитывать при прогнозировании химический состав не только первичных пород, но и

промежуточных продуктов их метаморфизма, что имеет иногда принципиальное значение. Петрохимический критерий, с учетом минерального состава первичных гипербазитов и продуктов их метаморфизма, помогает вести не только региональное, но и локальное прогнозирование месторождений и различных по качеству типов руд.

Для образования месторождений поперечно-волокнистого хризотил-асбеста, как указано выше, благоприятны гарцбургиты и неблагоприятны дуниты. Объясняется это тем, что отношение MgO/SiO_2 в асбесте и гарцбургите близко или совпадает, а в дуните значительно выше. В природе широко распространены изохимические процессы метаморфизма гипербазитов, поэтому дуниты и после серпентинизации в большинстве случаев остаются породами неблагоприятными для асбестообразования. Но иногда в процессе дорудной серпентинизации дунитов, вследствие привноса SiO_2 или выноса MgO , состав их меняется в сторону повышения SiO_2 , вследствие чего по химическому составу они начинают приближаться к гарцбургитам и становятся, таким образом, потенциально асбестоносными. В составе таких частично или полностью серпентинизированных дунитов содержание нормативных пироксенов достигает 10—30%. Асбестовое оруденение, хотя и несколько затухает, по сравнению с оруденением в перидотитах, остается промышленным, особенно если дуниты контактируют в пределах асбестовых залежей с перидотитами.

Петрохимический критерий в свете изложенного выражается в следующем. Для поисков месторождений поперечно-волокнистого хризотил-асбеста потенциально перспективны породы, близкие по химическому составу, в особенности по содержанию MgO и SiO_2 , составу асбеста. Такими породами являются гарцбургиты. Дуниты и пироксениты различных формаций, отличающиеся по химизму от асбеста, неблагоприятны для обнаружения промышленной хризотил-асбестоносности. Оруденение в них проявляется только в случае изменения химизма при дорудной серпентинизации и сближения химического состава пород и асбеста.

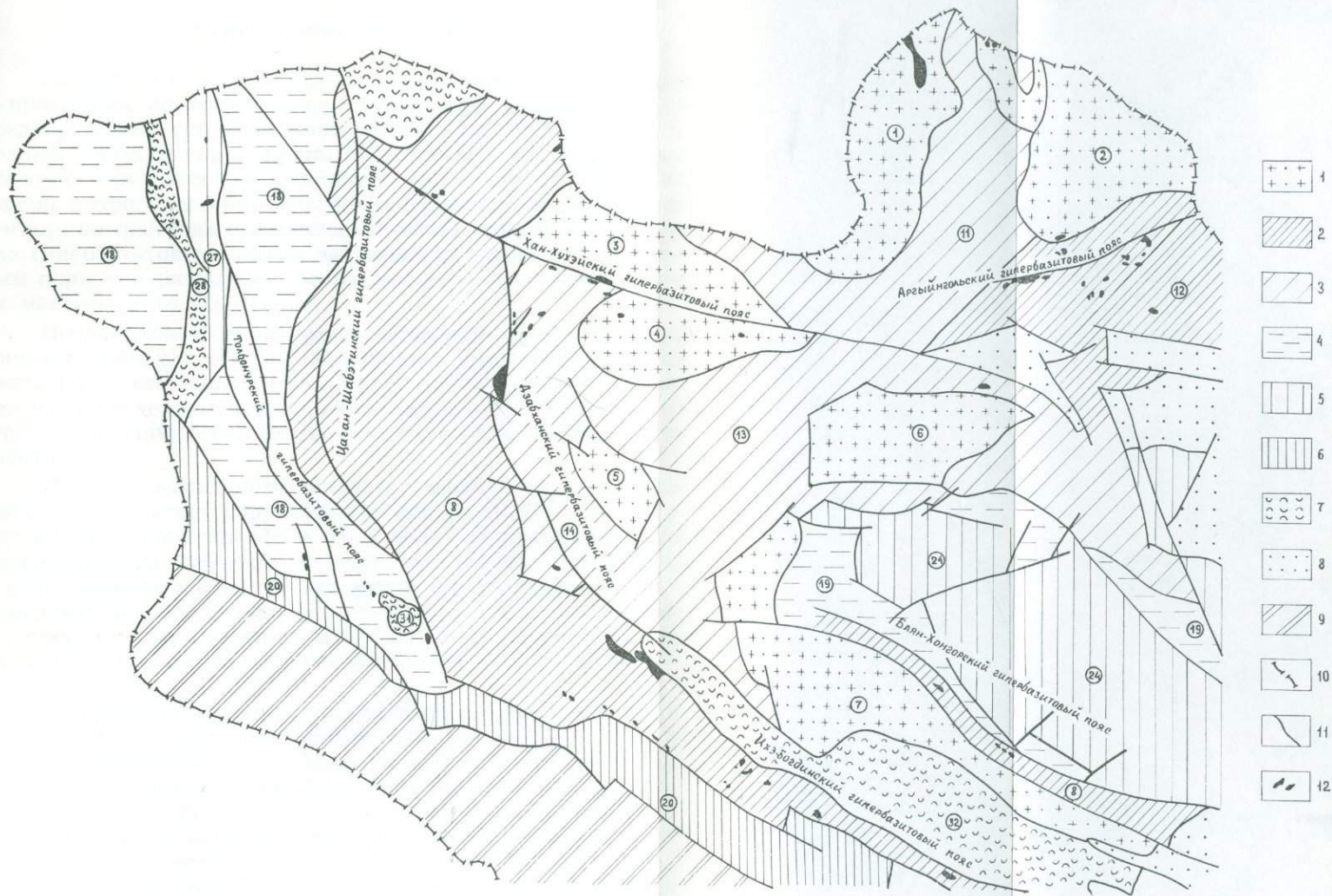
Месторождения продольно-волокнистого хризотил-асбеста (2-й формационный тип) могут возникать как в апоперидотитовых, так и в аподунитовых серпентинитах, причем в последнем случае избыточный магний при асбестообразовании выпадает в виде волокнистого брусита-немали-

та, образующего обычно с продольноволокнистым асбестом тесные срастания. Следовательно, перспективными для месторождений 2-го формационного типа могут быть как перидотиты, так и дуниты, причем в последних качество руд асбеста ниже вследствие примеси немалита.

При образовании месторождений антофиллит-асбеста, талька и талькового камня исходные породы по химизму обнаруживают более широкие колебания, чем при образовании поперечно-волокнистого хризотил-асбеста, однако колебания эти в части содержания петрогенных элементов не выходят за определенные пределы. Петрохимический критерий сводится к тому, что к перспективным относятся гипербазиты различных формаций, отвечающие по нормативному составу оливина и пироксенов дунитам или перидотитам, редко оливиновым пироксенитам.

Петрохимические исследования, особенно направленные на определение железистости-глиноземности гипербазитов, содержания в них титана, ванадия, щелочей и других элементов, используются при формационном расчленении гипербазитов. Петрохимический критерий, таким образом, наряду с другими геологическими и петрографическими наблюдениями, служит обоснованием формационного критерия прогноза месторождений асбеста и талька.

Рис. 6. Схема размещения гипербазитовых поясов в тектонических структурах Северо-западной Монголии. По Н. С. Зайцеву и Л. П. Зоненштайну. Геосинклинальные структуры каледонид: 1 — протерозойские геосинклинальные структуры; 2 — верхнепротерозойско-кембрийские зоны I типа, закладывавшиеся на океанической коре; 3 — верхнепротерозойско-кембрийские зоны II типа, закладывавшиеся на континентальной коре; 4 — нижнепалеозойские зоны II типа, закладывавшиеся на континентальной коре. Геосинклинальные структуры герцинид: 5 — внешняя часть зоны I типа, закладывавшаяся на океанической коре; 6 — внутренняя часть зоны I типа; 7 — геосинклинальная зона II типа, закладывавшаяся на континентальной коре. Орогенные структуры: 8 — среднепалеозойские; 9 — верхнепалеозойские; 10 — глубинные разломы; 11 — прочие разломы; 12 — гипербазитовые массивы. Цифрами в кружках обозначены тектонические структуры. Выступы: 1 — Дэлгэр-Муренский, 2 — Урингольский, 3 — Хан-Хухэйский, 4 — Северо-Сангинский, 5 — Южно-Сангинский, 6 — Тарбагатайский, 7 — Байдрагский. Зоны, подзоны: 8 — Озерная; 9 — Баянхонгорская; 11 — Хубсугульская; 12 — Джидинская; 13 — Идэрская; 14 — Дзабханская; 18 — Монгольского Алтая; 19 — Хангай-Хэнтэйского нагорья; 20 — внешняя часть Южно-Монгольской зоны; 21 — внутренняя часть Южно-Монгольской зоны; 24 — Хангайский синклиниорий; 27 — осевая часть Делюно-Юстыдского прогиба; 31 — Хулмунурская впадина; 32 — Орхон-Селенгинский прогиб



Структурный критерий

Размещение гипербазитовых тел в пределах регионов и провинций контролируется глубинными разломами, что предопределяет существование цепочек массивов ультраосновных пород, которые принято называть гипербазитовыми поясами. Эти пояса располагаются преимущественно вдоль границ интрагеоантиклинальных и интрагеосинклинальных зон или по границам срединных массивов (рис. 6). Становление гипербазитовых поясов закономерно связано с начальным периодом развития геосинклиналей — с завершением их максимального прогибания.

Неодинаковое структурное положение гипербазитовых поясов в пределах каждой провинции и различия в их развитии после становления тел дунит-гарцбургитовой формации предопределяют возможность выделения асбестоносных структурно-минерагенических зон различной степени перспективности.

Под асбестоносной структурно-минерагенической зоной понимается участок структурно-формационной зоны, к которому приурочен гипербазитовый пояс с установленной или предполагаемой асбестоносностью. По объему такая зона может соответствовать одному или двум сближенным гипербазитовым поясам, сходным по тектоническому положению и геологическому строению, а также части гипербазитового пояса в случае его большой протяженности и неоднородности.

Гипербазитовые пояса, содержащие крупные месторождения хризотил-асбеста, приурочены к прибортовым частям внутригеосинклинальных прогибов, протягиваются вдоль границ последних (Алапаевского-Теченский пояс с Баженовским и др. месторождениями и т.д.). Месторождения, приуроченные по современным представлениям к антиклинальным структурам (Саянское, Актотракское), связаны с гипербазитами, которые в палеотектоническом плане также локализованы во внутригеосинклинальных прогибах, существовавших на ранних стадиях развития геосинклиналей, т.е. в данном случае вышеуказанная закономерность сохраняется.

Гипербазитовые пояса или участки, размещенные в пределах интрагеосинклиналей (антиклинорий Урал-Тау, Восточно-Уральский, Мугоджарский, Хамар-Дабанский и др.), выступов фундамента геосинклиналей и срединных массивов (Канская и Бирюсинская глыбы, Сангиленский, Улу-

тауский, Кокчетавский массивы и др.), значительных месторождений поперечно-волокнистого хризотил-асбеста не содержат.

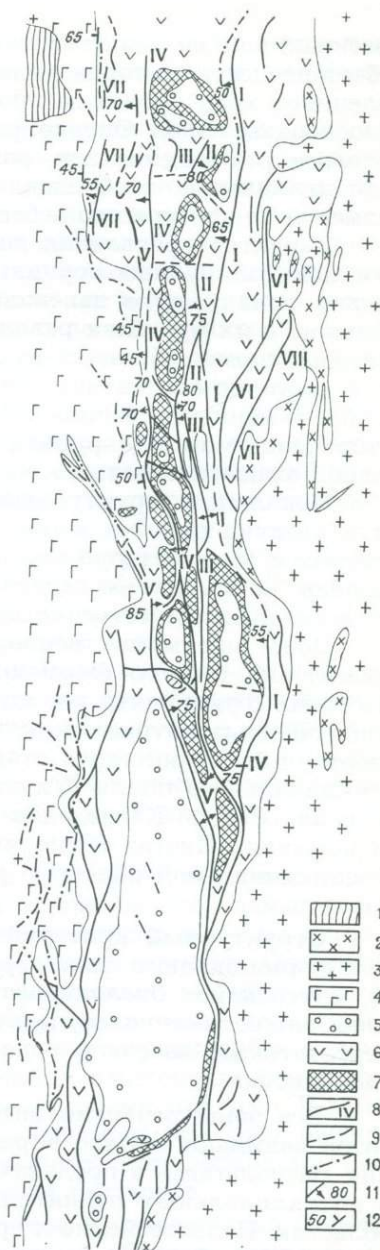
Крупные залежи поперечно-волокнистого хризотил-асбеста, как правило, не встречаются в сильно дислоцированных гипербазитовых поясах (или их участках), представленных фрагментами раннегеосинклинального структурного этажа (тектонические блоки и клинья) среди образований орогенной стадии развития, в областях наложения последующего геосинклинального цикла, а также в интенсивно тектонически переработанных чешуйчатых всбросо-надвиговых зонах. В подобных гипербазитовых поясах (Теректинский, Северо-Саянский, Северо-Кавказский, Дарвазский, восточная часть Западно-Тувинского) отмечаются лишь мелкие проявления поперечно-волокнистого хризотил-асбеста или преобладает продольно-волокнистый асбест.

Приведенные факты свидетельствуют о существовании определенного сходства в структурном положении асбестоносных гипербазитовых поясов разных регионов. Структурный региональный критерий заключается, таким образом, в том, что структурно-минерогенические зоны в пределах перспективных асбестоносных провинций отвечают гипербазитовым поясам (или их участкам), приуроченным к прибортовым частям интрагеосинклинальных зон эвгеосинклиналей, существенно не переработанных более поздними тектоническими движениями и магматизмом.

В пределах гипербазитовых массивов с установленной асбестоносностью может проводиться более крупномасштабное прогнозирование с целью выявления залежей богатых руд. Оно основано на знании локальных закономерностей размещения асбестового оруденения, структур рудных полей, зональности месторождений.

Непременным условием для развития крупных месторождений хризотил-асбеста является определенный характер тектонической нарушенности гипербазитовых массивов. кислого и основного состава и зонами перемятых серпентинитов и тальк-карбонатных пород, разбивают крупные массивы на блоки, внутри которых сохраняются перидотитовые ядра. (рис. 7). Мелкие массивы ограничиваются такими же разрывами вдоль контактов. Зоны разрывов служат путями поступления серпентинизирующих, в том числе и асбестообразующих растворов. Само присутствие в гипербазитовых массивах зон разрывов (отмечающихся практически во всех

Рис. 7. Структурная схема центральной и южной частей Баженовского асбестоносного района. По В. Ф. Дыбкову. 1 — амфибол-полевошпатовые, хлоритовые, амфибол-хлоритовые, тальк-хлоритовые и кремнистые сланцы; 2 — диориты; 3 — граниты, гранит-аплиты; 4 — габбро; 5 — перидотиты; 6 — серпентиниты, тальковые и тальк-карбонатные породы; 7 — перидотиты и серпентиниты, с повышенной асбестоносностью; 8 — разломы установленные (римские цифры — номера разломов); 9 — разломы предполагаемые; 10 — зоны проявления прототектоники; 11 — падения разломов; 12 — падения контактов



массивах) еще не может служить признаком промышленной асбестоносности, которая является следствием только определенного хода развития процессов серпентинизации ультраосновных пород. Однако, расположение зон разрывов определяет размещение зон, различных по степени и типам серпентинизации, и обуславливает тем самым размещение, размер и конфигурацию асбестоносных залежей.

Характер проявления дорудных стадий серпентинизации, контролируемых дорудными разрывами, определяет не только локализацию залежей хризотил-асбеста, но и размещение в их пределах различных типов руд. Крупные асбестовые залежи богатых руд располагаются по периферии ядер частично серпентинизированных пород. Зоны развития наиболее ценных асбестовых руд с высокосортным волокном (отороченные жилы, крупная сетка) связаны с зонами интенсивной хризотилизации.

Локальный структурный критерий прогноза выражается в следующем: для выявления промышленных залежей богатых асбестовых руд перспективны периферические части ядер не полностью серпентинизированных пород с зонами массивных существенно хризотилowych серпентинитов.

Зоны преимущественного развития месторождений и проявлений второго формационного типа располагаются в выступах фундамента геосинклиналей и в интенсивно дислоцированных интрагеосинклинальных зонах, нередко переработанных в орогенную стадию в ходе последующего геосинклинального цикла (Улутауская, Горно-Алтайская, Дарвазская, Северо-Кавказская зоны, частично Центрально-Уральская). Иногда такие зоны тяготеют к границе с миогеосинклинальной областью или располагаются в пределах последней.

Структурный критерий прогноза месторождений второго формационного типа: перспективны выступы фундамента, интенсивно дислоцированные интрагеосинклинальные зоны эвгеосинклиналей, миогеосинклиналей; в пределах гипербазитовых массивов перспективны зоны смятия и расщепления.

Все зоны развития антофиллитизированных гипербазитов занимают вполне определенное структурное положение, располагаясь в пределах докембрийских щитов или же в антиклинальных поднятиях древних толщ в складчатых областях. Палеозойские и другие более молодые структуры складчатых областей, а также отложения осадочного чехла

на платформах являются заведомо бесперспективными для обнаружения в них месторождений и проявлений антофиллит-асбеста.

На Урале промышленные месторождения приурочены к тем районам, где гнейсовые комплексы образуют довольно крупные антиклинальные структуры второго порядка с широко проявленным гранитоидным магматизмом — гранито-гнейсовые купола. Гипербазиты залегают обычно не в ядрах структур, а в обрамляющих их синклинальных структурах третьего и четвертого порядков или же в переходных в эти структуры зонах. Районы месторождений характеризуются интенсивной дизъюнктивной тектоникой — зонами катаклаза и милонитизации, трещинами, выполненными гранитными, пегматитовыми, аплитовыми и кварцевыми жилами.

Непромышленные месторождения и проявления антофиллит-асбеста (талдыкский, приазовский, мурзинский подтипы) находятся несколько в иной структурной обстановке, на большем удалении от гранито-гнейсовых куполов и гранитных массивов, в структурах, где гипербазиты и вмещающие их породы в целом слабее метаморфизованы. Структуры эти обычно отвечают наибольшим прогибам на общем фоне антиклинальных поднятий древних толщ.

Таким образом, для месторождений антофиллит-асбеста перспективны складчатые области ультраметаморфического мафического типа (щиты), срединные массивы и внутригеосинклинальные поднятия древних толщ, осложненных складчатостью более высоких порядков и дизъюнктивными нарушениями. В более крупном плане перспективны периферические части гранито-гнейсовых куполов.

Для месторождений талька и талькового камня перспективные пояса приурочены к границам ядер антиклинорий, блоков фундамента, срединных массивов, зонам сочленения положительных и отрицательных структур. Особенно благоприятны для выявления тальковых месторождений пояса, располагающиеся по периферии гнейсово-мigmatитовых комплексов. На щитах перспективны гипербазитовые пояса, приуроченные к синклиориям, сложенным раннегеосинклинальными вулканогенно-осадочными толщами. В пределах гипербазитовых поясов перспективны массивы, расположенные вдоль разломов и в контактах с гранитоидами, т.е. в зонах повышенной проницаемости растворов.

Структурный критерий прогноза месторождений талька и талькового камня позволяет, таким образом, относить к

перспективным гипербазитовые пояса, занимающие различное структурное положение, но в особенности тяготеющие к антиклиналям.

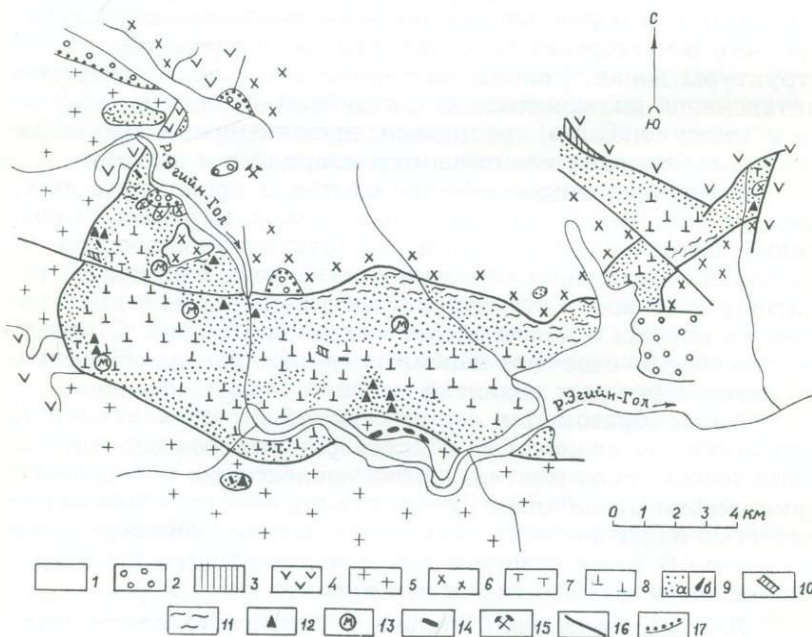


Рис. 8. Схематическая геологическая карта Эгийнгольского гипербазитового массива. По Ж. Баярхуу. 1 — четвертичные отложения (песок, щебень); 2 — конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты, прослойки каменного угля (верхняя юра); 3 — известковистые песчаники (девон?); 4 — осадочно-вулканогенные образования (венд-кембрий); 5 — граниты; 6 — сиениты; 7 — дуниты; 8 — гарцбургиты и перцолиты нерасчлененные; 9 — серпентиниты (а); то же в малых телах (б); 10 — зоны пироксенизации гипербазитов; 11 — апогипербазитовые кварц-карбонатные и тальк-карбонатные породы; 12 — участки распространения хризотил-асбестовой минерализации; 13 — участки распространения жил гипергенного магнетита; 14 — дайки лампрофиров; 15 — месторождения каменного угля; 16 — разломы; 17 — линия контакта с трансгрессивным налеганием пород

Метаморфический критерий

Сходство вмещающих асбестоносные массивы толщ разных регионов по составу и степени метаморфизма свидетельствуют о том, что хризотил-асбестовое оруденение развивается на сравнительно небольших глубинах при значенных температурах и давлений, обычно не превышающих значений, свойственных низшим ступеням зеленосланцевой фации (рис. 8). Образование хризотил-асбеста невозможно в большей части интервала условий, отвечающих фациям регионального метаморфизма высоких температур или давлений (амфиболитовая, глаукофан-сланцевая, эклогитовая и др.).

Отмеченные закономерности определяют региональный метаморфический критерий. Благоприятны для обнаружения промышленных месторождений поперечно-волокнистого хризотил-асбеста гипербазитовые пояса или их участки, залегающие среди раннегеосинклинальных вулканогенно-осадочных толщ, испытавших интенсивное зеленокаменное перерождение или региональный метаморфизм низших ступеней зеленосланцевой фации.

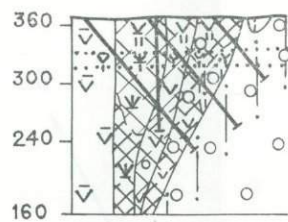
Особое значение при оценке гипербазитовых массивов имеют особенности серпентинизации слагающих их пород. В этом убеждает тесная закономерная связь интенсивности и масштабов хризотил-асбестового оруденения со степенью серпентинизации массивов и типами развитой в них серпентинизации. По минеральным видам серпентина выделяется несколько типов серпентинизации: лизардитизация, хризотилизация (клинохризотилизация), антигоритизация, ортохризотилизация (унститизация). В каждом типе, в свою очередь, по разновидностям или генерациям серпентинов можно выделить до трех, а в целом для всего сложного процесса серпентинизации — до девяти стадий. Замечательной особенностью процесса, выявленной в последние годы, является его одинаковая направленность в разных гипербазитовых массивах. Самый ранний серпентин в гипербазитах — лизардит первой генерации, или петельчатый лизардит. Он встречается во всех массивах, породы которых не замещены полностью при последующих изменениях, и всегда знаменует собой начало серпентинизации. Дальше процесс может развиваться различно. Чаще оливин в ячейках петель, образованных шнурами лизардита первой генерации, замещается изотропным или низкодвупреломляющим лизардитом второй генерации, но нередко на раннюю лизардитизацию на-

кладывается антигоритизация. На месторождениях хризотил-асбеста после лизардита второй генерации в одних случаях развивается порообразующий хризотил, а затем — хризотил-асбест, в других — асбестообразованию предшествует развитие микрозернистого и игольчатого антигорита, а иногда — жильного лизардита третьей генерации. Ортохризотилизация завершает процесс серпентинизации, развиваясь позже асбестообразования.

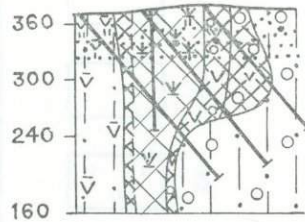
Хризотил-асбест всегда кристаллизуется после лизардита всех генераций (не считая гипергенного сунгулита, не встреченного на асбестовых месторождениях), хризотила по-

Рис. 9 и 9а. Схематическая геологическая карта и разрезы. Главного участка Киембайского месторождения хризотил-асбеста. По В. Р. Артемову и В. Н. Кузнецовой. 1 — пестроцветные и бурые гипсоносные глины с бобовинами лимонита; 2 — выщелоченные и сильно затронутые выщелачиванием гипербазиты — третья степень выветрелости (знаки 2—4 показываются под петрографическими условными знаками горных пород); 3 — затронутые выщелачиванием гипербазиты — вторая степень выветрелости; 4 — слабо затронутые выщелачиванием гипербазиты — первая степень выветрелости; 5 — родингиты (гранато-пироксеновые, гранато-хлорито-везувиановые и т.п. породы); 6 — микродиориты, спессарититы; 7 — диорит-порфириды; 8 — периодиты и дуниты (в подчиненном количестве), частично лизардитизированные и антигоритизированные; 9 — периодиты с полосами серпентинитов (периidotитов больше 50%) лизардит-хризотил-антигоритовых; 10 — серпентиниты лизардит-хризотил-антигоритовые с ядрами периодитов (в количестве менее 50%), частично лизардитизированных и антигоритизированных, а иногда, кроме того, хризотилизованных; 11 — асбестоносность крупносетчатого типа; 12 — асбестоносность мелкосетчатого типа; 13 — асбестоносность типа просечек и редких единичных жилок мощностью до 5—6 мм; 14 — асбестоносность типа просечек, редких единичных жилок и убогой мелкой сетки в сильно перемятых и рассланцеванных серпентинитах; 15 — серпентиниты апопериidotитовые и в подчиненном количестве аподунитовые хризотил-антигоритовые и антигорит-хризотил-овые с примесью лизардита невидимого в шлифах, определенного рентгеновским методом; 16 — серпентиниты апопериidotитовые и в подчиненном количестве аподунитовые, аналогичные предыдущим, и лизардит-хризотил-антигоритовые с видимым в шлифах лизардитом в количестве 10—30%; 17 — серпентиниты апопериidotитовые и в подчиненном количестве аподунитовые существенно лизардитовые; 18 — зоны смятия и рассланцевания серпентинитов различного состава, но преимущественно лизардитовых; 19 — контакты горных пород; 20 — контакты зон с различными типами асбестоносности; 21 — контакты горных пород различной степени выветрелости; 22 — разведочные линии, по которым приводятся разрезы; 23 — буровые скважины

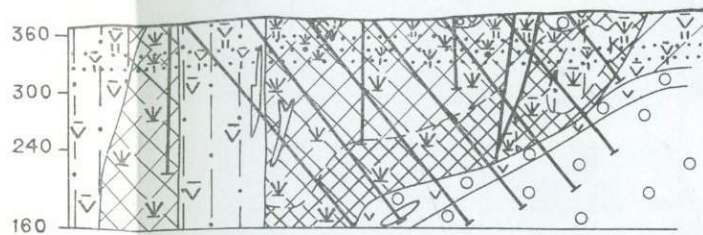
линия 85



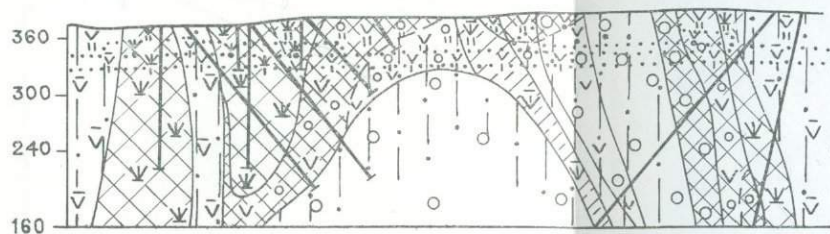
линия 79



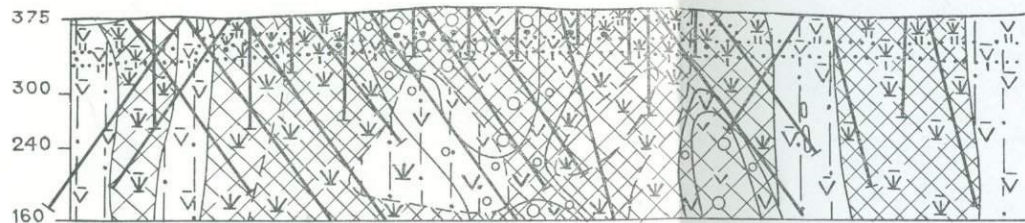
линия 73



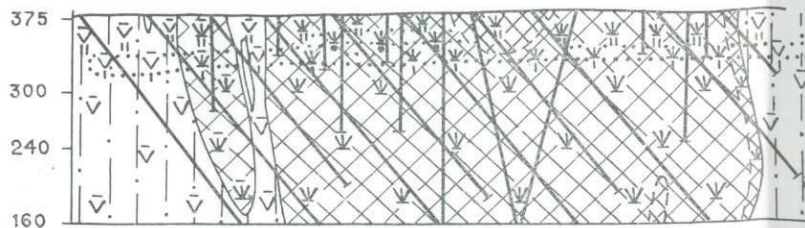
линия 67



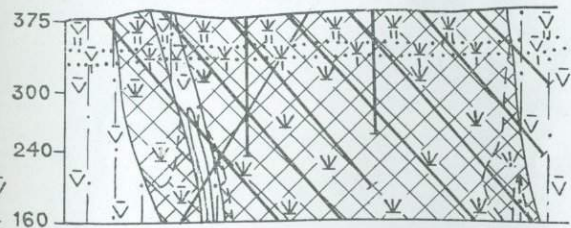
линия 61

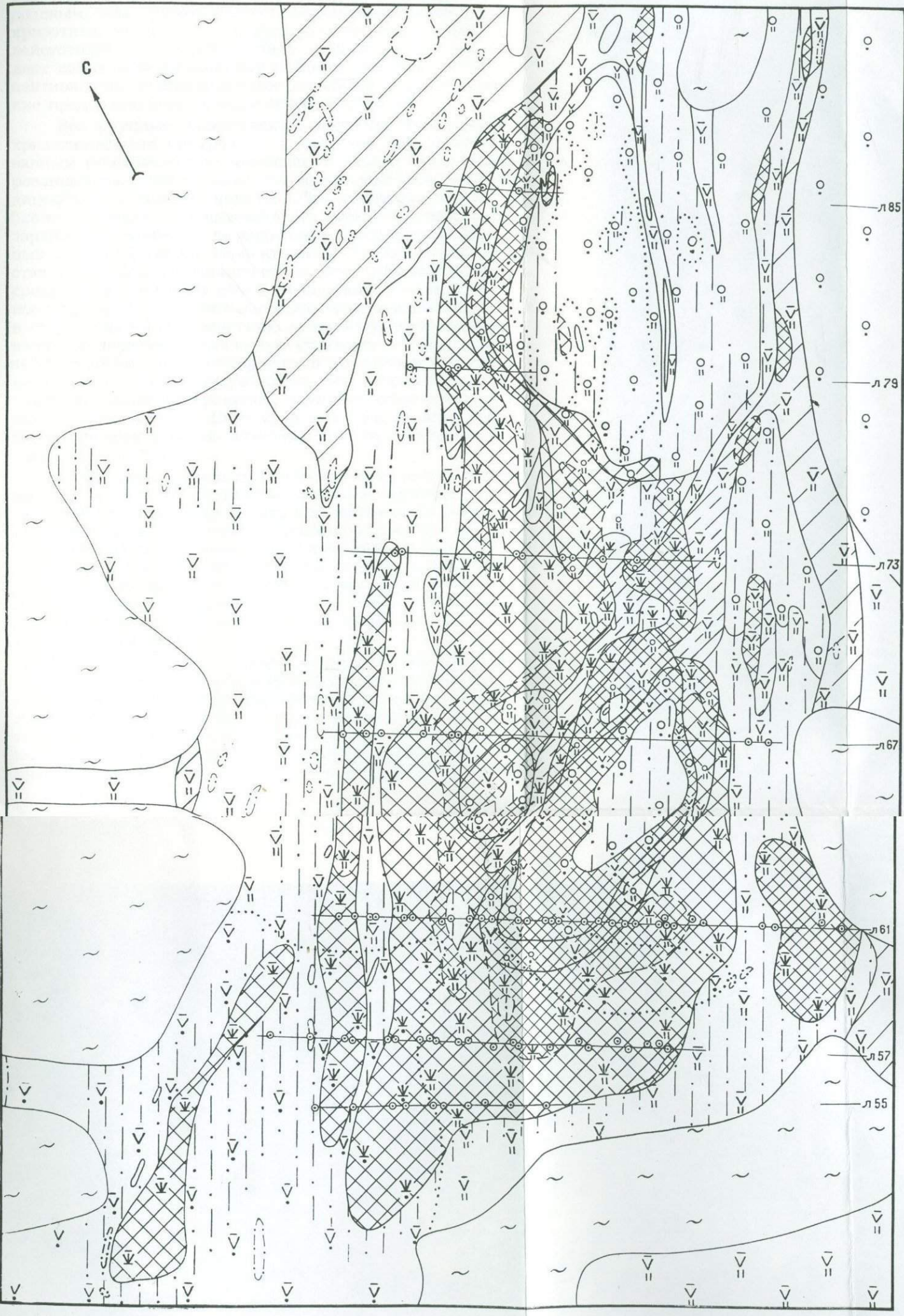


линия 57



линия 55





- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23

родообразующего, антигорита двух первых генераций. Более поздним, чем хризотил-асбест, серпентином, помимо ортохризотила, является лишь антигорит третьей генерации — лейстовидный антигорит. Асбест, следовательно, представляет собой одну из наиболее поздних разновидностей серпентина, и на его формирование безусловно оказывают влияние предшествующие стадии серпентинизации.

Все крупные (баженовского подтипа) месторождения хризотил-асбеста приурочены к частично серпентинизированным гипербазитовым массивам. В нацело серпентинизированных массивах встречаются мелкие месторождения брединского и лабинского подтипов. Это свидетельствует о неблагоприятности для интенсивного асбестообразования лизардитовых, хризотил-лизардитовых, лизардит-антигоритовых и антигоритовых серпентинитов. Такие породы представляют собой неблагоприятную для асбестообразования среду не только в силу своих физических свойств (пластичности, вязкости, относительной водонепроницаемости), но и в силу большей по сравнению с частично серпентинизированными породами химической стойкости к гидротермальным растворам. Частично серпентинизированные породы легко гидратируются в гидротермальных условиях, насыщая растворы магнием и кремнием, идущими затем на образование хризотил-асбеста. Поэтому в них, при наличии прочих благоприятных условий, возможно асбестообразование в больших масштабах.

Закономерная связь интенсивного асбестового оруденения с частично серпентинизированными гипербазитовыми массивами позволяет применять при оценке массивов критерий, учитывающий степень серпентинизации ультраосновных пород. В соответствии с этим критерием полностью серпентинизированные массивы получают отрицательную оценку, а массивы неполностью охваченные серпентинизацией могут быть отнесены к потенциально перспективным. Дальнейшая оценка подобных массивов предполагает учет типов серпентинизации.

Хризотилизация (клинохризотилизация) на асбестовых месторождениях обычно проявлена весьма интенсивно как на залежах в массивных серпентинитах, так и за их пределами, в зонах смятия и рассланцевания. В отличие от других типов серпентинизации, интенсивность хризотилизации тесно связана с интенсивностью асбестообразования. Затухание хризотилизации сопровождается обеднением руд асбестом.

Существенно хризотилловые, хризотил-лизардитовые или антигорит-хризотил-лизардитовые массивные серпентиниты, как правило, служат вмещающими породами для сетчатых типов руд. Зоны развития таких серпентинитов располагаются по границам между периодотитовыми ядрами и лизардитовыми серпентинитами (рис. 9).

Перемятые и сланцеватые лизардит-хризотилловые и хризотил-лизардитовые, иногда антигоритизированные серпентиниты в промышленных масштабах оруденения не содержат (если не считать месторождений карачаевского подтипа). Зоны смятия и рассланцевания являются непременной особенностью месторождений хризотил-асбеста. Ширина их отражает интенсивность движений вдоль разрывов, но хризотилизация в них не предполагает обязательного асбестообразования как в самих зонах, так и в примыкающих к ним участках массивных серпентинитов.

Антигоритизация не всегда препятствует асбестообразованию. Пример Кимебайского, Красноуральского и Ильчирского месторождений, на которых дорудная антигоритизация (игольчатый и микрозернистый антигорит) в пределах залежей широко развита, показывает, что она в общем не влияет на интенсивность асбестообразования, хотя и влияет на типы развивающихся при этом руд.

Изучение типов серпентинизации ультраосновных пород раскрывает причину отсутствия промышленных месторождений хризотил-асбеста не только в полностью серпентинизированных, но и в ряде частично серпентинизированных гипербазитовых массивов. Слабая асбестоносность последних объясняется проявлением в них лишь ранних стадий серпентинизации. Развитие их не влечет за собой непременного проявления хризотилизации. Поэтому частично серпентинизированные массивы, будучи по первичному петрографическому составу и характеру лизардитизации благоприятными для асбестообразования, оказываются безрудными, если они не были затронуты интенсивной хризотилизацией с образованием массивных существенно хризотилловых серпентинитов.

Таким образом, одной из важнейших закономерностей размещения промышленных месторождений поперечно-волокнистого хризотил-асбеста является постоянная их приуроченность к гипербазитовым массивам, подвергшимся интенсивной, но не полной (с сохранением периодотитовых ядер) лизардитизации, а иногда и ранней антигоритизации

и последующей более локальной, но интенсивной хризотилизации. Учет этой закономерности составляет один из ведущих критериев оценки асбестоносности гипербазитовых массивов, который можно сформулировать следующим образом: *Наиболее перспективны для выявления месторождений хризотил-асбеста баженковского подтипа те гипербазитовые массивы, которые частично охвачены интенсивной лизардитизацией (иногда сопровождаемой дорудной антигоритизацией) и последующей интенсивной хризотилизацией с образованием массивных существенно хризотилowych серпентинитов.*

Указанный критерий может быть применен как при локальном, так и при региональном прогнозировании. В ряде случаев на протяжении всего гипербазитового пояса преобладает один из типов метаморфизма ультраосновных пород. В поясах с преобладанием лизардит-хризотилового типа метаморфизма, выраженного широким развитием лизардитизации (а иногда и ранней антигоритизации) и более локальной последующей интенсивной хризотилизации другие типы метаморфизма ультраосновных пород хотя и проявлены, но играют явно подчиненную роль. В таких гипербазитовых поясах наблюдается интенсивная хризотил-асбестовая минерализация с образованием в основном поперечно-волокнистого асбеста, часто достигающая промышленных масштабов (Алапаевско-Теченский, Куртушибинский и другие пояса). В случае преимущественного развития в пределах пояса других типов метаморфизма ультраосновных пород — антигоритового, тальк-карбонатного (Северо-Саянский, Каахемский пояс), оливин-антигоритового (Хадатинско-Войкаро-Сыншинский пояс) — проявления хризотил-асбеста встречаются редко. Таким образом может быть сформулирован дополнительный критерий оценки асбестоносных структурно-минерагенических зон. *На хризотил-асбест перспективны гипербазитовые пояса (или их участки) с преобладающим региональным развитием лизардит-хризотилового или лизардит-антигорит-хризотилового типа метаморфизма гипербазитов.*

При оценке перспектив территорий на месторождения поперечно-волокнистого хризотил-асбеста следует иметь в виду, что в ходе геологического развития некоторые процессы приводят к резкому снижению качества асбестовых руд, а иногда и к их частичному уничтожению. Следовательно

но, необходимо использовать также критерий сохранности месторождений хризотил-асбеста и качества руд.

Метаморфический критерий прогноза месторождений второго формационного типа во многом аналогичен сформулированному выше, т.е. вмещающие асбестоносные гиперба-

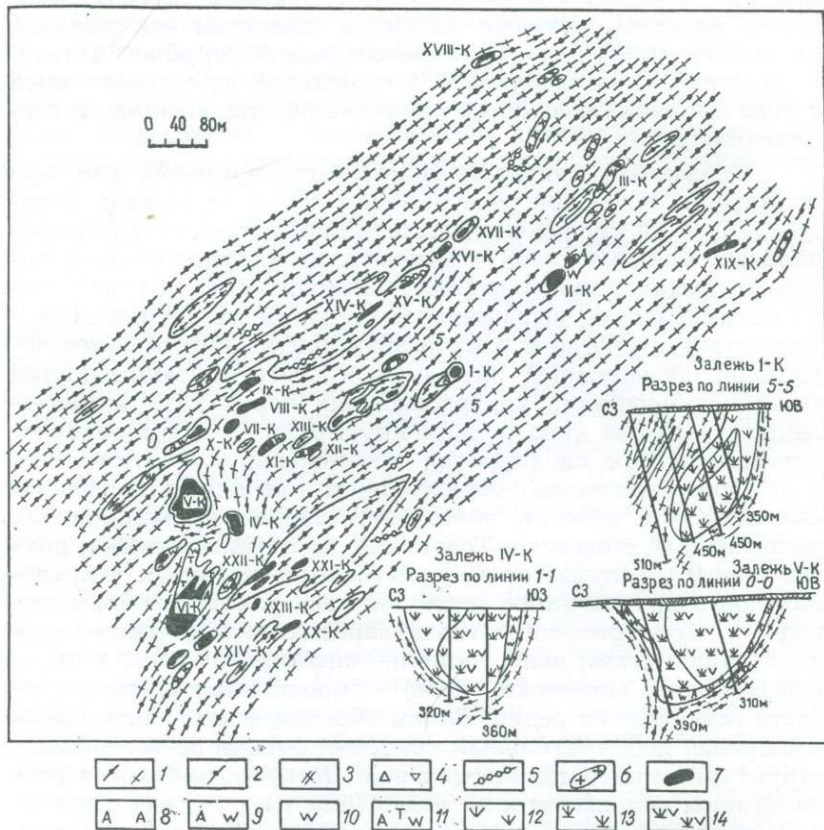


Рис. 10. Схематическая геологическая карта и разрезы Китарскайского месторождения антофиллит-асбеста. По А. И. Никулину и Г. И. Шегая. 1 — амфибол-биотитовые гнейсы; 2 — амфиболиты; 3 — аплито-гнейсы и гранито-гнейсы; 4 — тектонические брекчии; 5 — кварцевые жилы; 6 — пегматиты; 7 — асбестоносные тела; 8 — актинолитовые породы; 9 — актинолит-вермикулитовые породы; 10 — вермикулитовые породы; 11 — тальк-актинолит-вермикулитовые породы; 12 — тальк-антофиллитовые породы; 13 — карбонат-тальк-антофиллитовые породы; 14 — карбонат-тальк-антофиллитовые породы с реликтами серпентинитов

зитовые массивы породы характеризуются той же зелено-сланцевой фацией метаморфизма, в гипербазитах проявлены существенно лизардитовый, хризотил-лизардитовый и хризотил-лизардит-антигоритовый типы серпентинизации. Существенным отличием является только то, что участки, сложенные дунитами и перидотитами, обычно полностью серпентинизированы и асбестизация в сланцеватых серпентинитах преобладает продольно — и косоволокнистая.

Антофиллитизированные гипербазиты залегают в докембрийских и нижнепалеозойских (?) метаморфических образованиях — разнообразных гнейсах, амфиболитах и кристаллических сланцах (рис. 10). Метаморфический критерий прогноза месторождений антофиллит-асбеста заключается, таким образом, в приуроченности их к породам амфиболитовой фаций метаморфизма, нередко мигматизированных и гранитизированных.

Гипербазиты по характеру метаморфизма подразделяются на ряд разновидностей, положенных в основу при выделении морфогенетических подтипов месторождений и проявлений антофиллит-асбеста (см. выше). Эти подтипы должны прежде всего учитываться при прогнозировании промышленной антофиллит-асбестоносности.

Месторождения талька и талькового камня первого формационного типа приурочены к гипербазитовым поясам, находящимся в различных по метаморфизму зонах — от пренито-пумпелитовой до низших ступеней амфиболитовой. Наибольшая интенсивность талькового орудения свойственна гипербазитовым поясам в зонах развития зеленосланцевой фации регионального метаморфизма с интенсивным гранитоидным магматизмом. Характерный признак перспективности гипербазитовых поясов — региональное развитие антигоритизации и тальк-карбонатного типа метаморфизма гипербазитов, а также интенсивная хлоритизация пород основного состава. Месторождения талькового камня второго формационного типа размещены в вулканогенно-осадочных толщах, испытавших региональный метаморфизм зелено-сланцевой фации.

Таким образом, широкий диапазон устойчивости талька и талькосодержащих пород обуславливает их нахождение в породах различных степеней метаморфизма, но наиболее перспективны гипербазиты, залегающие в отложениях зеленосланцевой фации метаморфизма.

Генетический критерий (связи оруденения с интрузиями)

Вопросы о связи оруденения с интрузиями, об источнике и характере растворов при образовании месторождений асбеста и талька во многом еще неясны и дискуссионны, однако они имеют не только теоретическое, но и большое практическое значение; поэтому так или иначе должны решаться при разработке критериев прогноза.

Основная масса воды для образования наиболее широко распространенного серпентина — петельчатого лизардита, по всей вероятности, заимствуется из вмещающих гипербазиты осадочно-вулканогенных толщ или из геосинклинальных бассейнов, откуда морская вода проникает в глубокие горизонты земной коры по разломам. Петельчатая лизардитизация называется поэтому не аутометаморфической, а фреатической, поскольку источник растворов в основной своей массе не связан с самой гипербазитовой магмой.

Равномерный мелкопетельчатый характер лизардитизации первой стадии, отсутствие шнуров и жил лизардита мощностью более 0,1 — 0,5 мм противоречит предположению о постмагматическом происхождении растворов в самую раннюю стадию серпентинизации.

Изучение распространения антигоритизированных гипербазитов и эксперименты по искусственному получению антигорита позволяют считать его наиболее высокотемпературным из всех серпентиновых минералов. Некоторое разогревание гипербазитов является поэтому одним из условий антигоритизации, которая может развиваться за счет воды разнообразной по своему происхождению: серпентиновой, содержащейся в лизардите и хризотиле, фреатической, ювенильной, выделяющейся из гранитоидных магм при их остывании.

Лизардитизация второй стадии, при которой замещаются зерна оливина в ячейках петель лизардита первой генерации — процесс также широко распространенный и с него обычно начинается серпентинизация, называемая аллометаморфической. Она, как и антигоритизация, захватывает гипербазитовые массивы на десятки, а гипербазитовые пояса на сотни километров. В ряде случаев, где гипербазиты прорываются гранитоидами, последние являются источником растворов во вторую стадию лизардитизации, что доказы-

вается развитием лизардита-2 в серпентинитовых зонах на контакте с гранитоидами и отсутствием его в дунито-перидотитовых ядрах. В массивах, удаленных от гранитоидных интрузий, связь с ними становится менее определенной и ее можно доказывать лишь основываясь на аналогии.

Хризотилизирующие и асбестообразующие растворы многие геологи связывают с гранитоидными интрузиями. Гипотеза автометаморфического происхождения месторождений хризотил-асбеста в настоящее время по существу оставлена. В последние годы появилась третья гипотеза происхождения месторождений асбеста, отрицающая наличие генетической связи их с гранитоидными интрузиями. Эту гипотезу можно назвать метаморфогенной, поскольку в ней прямо или косвенно признается происхождение месторождений хризотил-асбеста за счет метаморфогенных растворов, не связанных с гранитоидными интрузиями.

В районах уральских асбестовых месторождений, где гипербазиты прорываются гранитоидами, связь оруденения с гранитоидными интрузиями доказывается, главным образом, анализом структур рудных полей, взаимоотношением асбеста с интрузивными гранитоидами батолитового типа, с малыми гипабиссальными интрузиями, с жильными дериватами гранитоидных интрузий, развитых как в пределах гипербазитов, так и в пределах гранитоидов. Определенные результаты дает сравнение вторичных изменений гипербазитов, с одной стороны, и гранитоидов — с другой.

Хризотилизирующие и асбестообразующие растворы, судя по опытам получения искусственного хризотила, были щелочными, причем максимальная щелочность их отвечает стадии асбестообразования. Эволюция растворов от нейтральных или слабокислых к щелочным и затем снова к кислым, установленная по парагенезисам минералов в гипербазитах, свидетельствует также в пользу генетической связи асбестового оруденения с гидротермами гранитоидных интрузий.

Исходя из признания генетической связи месторождений поперечно-волокнистого хризотил-асбеста с гранитоидными интрузиями критерий, учитывающий эту связь, выражается в следующем. Для месторождений хризотил-асбеста первого формационного типа перспективны лишь те гипербазитовые массивы, которые подверглись воздействию гидротермальных щелочных растворов, связанных с грани-

тоидными интрузиями, либо прорывающими гипербазиты, либо находящимися на глубине.

Вопрос об источнике растворов при образовании месторождений хризотил-асбеста второго формационного типа изучен слабо. Генетическая связь с конкретными магматическими формациями достоверно еще не установлена.

Антофиллитизация гипербазитов происходит в большинстве случаев в условиях привноса кремнезема, что подтверждается расчетами миграции вещества. Привнос кремнезема можно связывать с циркуляцией мобилизованных метаморфогенных растворов, существовавших независимо от гранитных магм, однако изучение структур рудных полей и парагенетический анализ на месторождениях антофиллит-асбеста позволяют допускать, как и на месторождениях хризотил-асбеста, генетическую связь кремнекислых растворов с гранитными интрузиями. Об этом свидетельствуют такие факты, как: 1) наличие множества кварцевых жил внутри гранитных массивов и во вмещающих их гнейсах и кристаллических сланцах; 2) наличие кварцевых ядер в центральных частях некоторых пегматитовых жил, секущих как граниты, так и гипербазиты; 3) исчезновение антофиллитизации в гипербазитах, удаленных на значительное расстояние от выходов гранитов и пегматитовых жил.

Асбестизация антофиллита, талька и карбоната на месторождениях антофиллит-асбеста обусловлена, по всей вероятности, повышением щелочности растворов в постмагматическую стадию.

Сказанное позволяет считать перспективными на антофиллит-асбест те районы, где гипербазиты прорваны относительно большими массами гранитов, служивших источником антофиллитобразующих и асбестизирующих растворов.

Месторождения талька и талькового камня генетически связаны с гранитоидными интрузиями, что подтверждается расположением рудных тел на контакте серпентинитов с гранитоидами, наличием множества кварцевых жил в гранитоидах и другими фактами. Однако довольно часто в районах месторождений талька и талькового камня гранитоидные интрузии отсутствуют и генетическую связь месторождений с ними доказать трудно. Возможно, по — видимому, оталькование и за счет метаморфогенных растворов.

Генетический критерий прогноза месторождений талька и талькового камня, в связи с этим, остается пока еще неясным.

Заключение

Достигнутые успехи в области изучения условий образования и закономерностей размещения месторождений хризотил-асбеста, антофиллит-асбеста, талька и талькового камня позволяют в настоящее время разработать достаточно надежные, научно обоснованные критерии прогноза указанных видов полезных ископаемых. В первом варианте они сформулированы выше.

Для оценки отдельных гипербазитовых массивов на тот или иной вид сырья особенно большое значение имеют локальные критерии прогноза, так как с их помощью можно эффективно, с минимальными затратами средств, вести не только поиски новых рудных залежей в среднем и крупном масштабах, но и прогнозировать распределение различных по качеству типов руд в пределах залежей.

Главнейшая литература

1. Артемов В. Р. Условия образования и закономерности размещения месторождений хризотил-асбеста. М., ВИЭМС, 1975, 42 с.
2. Артемов В. Р., Колбанцев Р. В. Критерии прогноза асбестоносности и принципы оценки перспективности площадей. — В сб. Вопросы методики поисков, разведки и промышленной оценки месторождений хризотил-асбеста. Свердловск, 1976, с. 23—35.
3. Золотов К. К. Месторождения хризотил-асбеста в гипербазахитовых складчатых областях. М., „Недра“, 1975, 193 с.
4. Месторождения антофиллит-асбеста СССР. М., „Недра“, 1975, 247 с.
5. Месторождения талька СССР. М., „Недра“, 1975, 224 с.
6. Месторождения хризотил-асбеста СССР. М., „Недра“, 1967, 511 с.
7. Романович И. Ф. Тальк. М., „Недра“, 1974, 77 с.
8. Информационная записка по теме 1.8.8. Основные критерии прогноза месторождений хризотил-асбеста в МНР. Улан-Батор, 1977, 29 с.
9. Информация югославской стороны: Подтема 1.8.8. „Разработка рекомендаций в области критериев и методики прогноза минерального сырья в породах дунит-гарцбургитовой формации (асбест, тальк)“, Белград, 1977, 5 с.
10. Информация Чехословацкой стороны. Подтема 1.8.8. „Разработка рекомендаций в области критериев и методики прогноза минерального сырья в породах дунит-гарцбургитовой формации (асбест, тальк)“. Прага, 1977, 13 с.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
Классификации месторождений асбеста и талька для целей прогнозирования	6
Критерии прогноза месторождений асбеста и талька , .	21
Геохронологический критерий	22
Геотектонический критерий	24
Формационный критерий	27
Петрохимический критерий	30
Структурный критерий	33
Метаморфический критерий	39
Генетический критерий (связи оруденения с интрузиями)	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
Главная литература	50

3071