Записки Ленинградского ордена Ленина
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
т. XXX, вып. 2, 1955

СТРУКТУРА РУДНОГО ПОЛЯ БАЖЕНОВСКОГО АСБЕСТОВОГО РАЙОНА КАК ВАЖНЕЙШИЙ КРИТЕРИЙ ПРИ ПОИСКАХ «СЛЕПЫХ» ЗАЛЕЖЕЙ

Канд. геолого-минералогич. наук В. Ф. Дыбков

Разведочные и поисковые работы на хризотил-асбест ежегодно обнаруживают в СССР новые месторождения этого полезного ископаемого и ведут к дальнейшему раскрытию ресурсов старейшего, давно известного Баженовского асбестового района.

Бурный рост советской асбестодобывающей промышленности не стоит перед перспективой сырьевого голода, подобно тому как это имеет место, например, в Канаде — крупнейшем мировом производителе асбеста, снабжающем своей продукцией Соединенные Штаты Америки. Ограниченность сырьевых ресурсов и капиталистическая система хозяйства вынуждают канадских предпринимателей вовлекать в эксплуатацию глубокие горизонты залежей и переходить от открытых работ к подземным, требующим применения дорогостоящей металлической или бетонной крепи. Уже сейчас в Канаде в широких масштабах производится переработка старых отвалов, имеющая целью извлечь сохранившееся в них небольшое количество короткого волокна.

Советская асбестовая промышленность далека от подобных перспектив. Ряд крупных промышленных месторождений хризотил-асбеста на востоке Советского Союза лишь вовлекается в эксплуатацию или вообще не используется. В одном только Баженовском асбестовом районе только за счет уже вскрытых и разрабатываемых залежей существующие обогатительные фабрики обеспечены рудой на много лет.

Однако интересы всемерного развития социалистической асбестовой промышленности, в частности интересы проектирования и строительства крупных асбестодобывающих предприятий, заставляют уже сейчас заботиться о выявлении таких асбестовых залежей, которые, располагаясь в непосредственной близости к известным залежам, могли бы явиться объектами совместной с ними эксплуатации.

В Баженовском районе, где поверхность геологически изучена достаточно детально, возможность обнаружения новых промышленных залежей хризотил-асбеста, выходящих непосредственно на дневную поверхность, ограничена, если не исключена вообще. Между тем, серпентиниты, слагающие массив ультраосновных пород, изучены лишь в пределах эксплуатируемых залежей хризотил-асбеста, тогда как породы, окружающие эти залежи, на сколько-нибудь значительную глубину

вообще не исследовались. Серпентиниты представляют собой вероятные вместилища скрытых на глубине «слепых» залежей хризотил-асбеста, не имеющих выхода на поверхность. Поиски таких залежей в Баженовском районе представляют актуальную задачу геологоразведочных работ. Определение поисковых признаков для «слепых» залежей хризотил-асбеста является, следовательно, важным и своевременным.

По Баженовскому району накопился уже достаточный материал, позволяющий предполагать широкое распространение «слепых» залежей. Глубокими скважинами колонкового бурения установлено, что в Баженовском районе асбестоносные перидотиты и серпентиниты продолжаются в глубь до 600 *м*, причем и эта глубина не является предельной. В ряде случаев буровыми скважинами и горными выработками асбестосодержащие серпентиниты и перидотиты обнаруживаются вне связи с уже известными промышленными залежами хризотил-асбеста и при отсутствии каких-либо проявлений асбестоносности на поверхности.

Некоторые залежи района выявлены лишь по наличию на поверхности серпентинитов с асбестоносностью мелкопрожильного типа, присущего внешним зонам залежей. Истинное промышленное значение этих залежей было установлено только бурением, причем оказалось, что наиболее ценная часть одной из залежей скрыта на небольшой глубине и распространяется в виде концентрически расположенных зон, окаймляющих крупный перидотитовый блок. Одна из «слепых» залежей обнаружена горными выработками под серпентинитами с непромышленной асбестоносностью вблизи контакта с габбро. Предположение о наличии здесь залежи высказывалось еще до проходки выработок, так как выходящие на поверхность серпентиниты с непромышленной асбестоносностью типа просечек составляют обычно внешнюю зону залежи. На одном из участков некоторые разведочные скважины полностью пересекли залежь, выходящую на поверхность, затем прошли по неасбестоносным рассланцованным серпентинитам и на большой глубине вновь вошли в асбестоносные породы, представленные сначала серпентинитами с мелкопрожильным асбестом, а затем — серпентинитами с мелкой сеткой жил асбеста. Смена асбестоносных зон в такой последовательности показывает, что буровые скважины вошли здесь в новую залежь, скрытую под ранее известной приповерхностной, и представляющую собой «слепую» залежь второго от поверхности яруса. Подобно этому на другом участке одна глубокая буровая скважина также пересекла сначала ранее известную залежь, прошла затем по оталькованным породам, ниже которых пересекла еще один блок асбестоносных серпентинитов, представляющий собой, как и в предыдущем случае, самостоятельную «слепую» залежь второго яруса. На одном из участков известна, наконец, залежь, одно из крыльев которой, вследствие довольно пологого падения, скрыто под соседней залежью, также имеющей пологое падение.

Уже по имеющимся данным в Баженовском районе устанавливается, следовательно, наличие по крайней мере четырех типов залежей хризотил-асбеста, выделяемых по признаку их обнаженности:

1) приповерхностные залежи, прикрытые лишь небольшим слоем элювиально-делювиальных отложений, в основном уже вскрытые горными работами и эксплуатируемые;

2) «полуслепые» залежи, выходящие только частью на поверхность;

3) «слепые» залежи первого яруса, скрытые в верхних горизонтах массива ультраосновных пород под толщей неасбестоносных серпенти-

нитов или серпентинитов с непромышленной асбестоносностью типа просечек;

4) «слепые» залежи второго яруса, скрытые под асбестовыми приповерхностными залежами или залежами первого яруса.

Выявление «слепых» залежей хризотил-асбеста систематически пока еще не производилось. Оно затруднено ограниченностью конкретных признаков, руководствуясь которыми можно было бы ставить поиски. Поисковые критерии на хризотил-асбест, широко известные в настоящее время, только в общих чертах определяют области и районы возможного распространения «слепых» асбестовых залежей. Они лишь сужают площади, на которых можно ставить поиски, но не указывают конкретных признаков наличия промышленной асбестоносности на глубине. Так, рассматриваемая в качестве поискового критерия постоянная приуроченность промышленных месторождений к древним массивам ультраосновных пород исключает из сферы поисков серпентинитовые массивы альпийского возраста, а преимущественная связь промышленных залежей хризотил-асбеста с существенно оливиновыми породами заставляет считать неблагоприятными для поисков те части гипербазитовых интрузий, которые сложены пироксенитами.

Из числа массивов ультраосновных пород, отвечающих первым двум критериям, благоприятными для поисков промышленной асбестоносности считаются лишь те, которые находятся в контакте с более молодыми интрузиями кислого состава или, по крайней мере, рассекаются дайками кислой магмы. Такие массивы, однако, благоприятны для поисков хризотил-асбеста только в тех случаях, когда они не являются нацело серпентинизированными и во внутренних частях содержат неизмененные блоки периодотитов. Это положение имеет место лишь при наличии благоприятной тектонической структуры месторождения, главными элементами которой являются мощные разломы и зоны разломов. Разломы представляли собой каналы, вдоль которых поднимались и проникали в тело массива ультраосновных пород гидротермальные растворы, вызывавшие серпентинизацию и асбестообразование.

На основании этих общих признаков область возможного распространения асбестоносности Баженовского района определяется границами массива ультраосновных пород, площадь которого измеряется несколькими десятками квадратных километров. Вероятность обнаружения новых промышленных залежей хризотил-асбеста в разных частях массива различна.

Ни один из указанных признаков не является категорическим настолько, чтобы, следуя ему, можно было рассчитывать встретить в том или ином конкретном пункте скрытую на некоторой глубине «слепую» залежь хризотил-асбеста. В этом отношении единственным благоприятным минералогическим признаком может служить наличие на поверхности непромышленной асбестоносности типа просечек и единичных жил асбеста.

Проявления асбестоносности этого типа характеризуются развитием в нацело серпентинизированных перидотитах и пироксенитах (апоперидотитовых и апопироксенитовых серпентинитах) тонких и коротких жилок хризотил-асбеста, мощность которых обычно не превышает 0,5 *мм* и которые именуются «просечками». Часто такие «просечки» являются волосовидными, но изредка среди них встречаются также единичные крупные жилки мощностью до 3—4 *мм*. Такая асбестоносность характерна для внешних зон залежей, выделяемых в качестве зон просечек и единичных жилок асбеста. Эти зоны развиты на периферии залежей и в общем случае окаймляют промышленно асбестоносные серпенти-

ниты и перидотиты с внешней стороны — сверху и с боков. Можно предполагать, поэтому, что под оконтуренными на поверхности серпентинитами с асбестоносностью типа просечек и единичных жилок асбеста может появиться промышленная асбестоносность, образованная зонами мелкопрожила, мелкой и крупной сетки и зоной отороченных жил, т. е. залежь хризотил-асбеста с типичным для Баженовского района зональным строением. Это предположение будет справедливым, однако, лишь для ограниченного числа тех случаев, когда эрозионными процессами затронуты только верха крупных асбестовых залежей. При глубоком эрозионном срезе промышленные зоны могут оказаться смытыми полностью и обнаженные на поверхности серпентиниты с непромышленной асбестоносностью будут представлять собой лишь остатки залежи, т. е. ту часть зоны просечек и единичных жилок асбеста, которая окаймляет залежь снизу.

Известны, кроме того, блоки серпентинитов с просечками и единичными жилками асбеста, пространственное положение которых совершенно исключает вероятность образования в какой-либо связи с ними промышленной асбестоносности.

Наличие асбестоносности типа просечек, представляющей на первый взгляд лишь минералогический интерес, нельзя рассматривать, следовательно, в качестве самостоятельного поискового признака, так как и этот признак не ведет к однозначному заключению о перспективах объекта на глубину и требует привлечения иных критериев, в совокупности с которыми станет действенным и указанный признак.

Планомерные поиски «слепых» залежей немыслимы без учета различных факторов, обусловивших возникновение залежей хризотил-асбеста в каждом конкретном месте. Иными словами, поиски «слепых» залежей невозможны без всестороннего изучения структуры рудного поля района. Причем под рудным полем следует понимать всю совокупность залежей хризотил-асбеста, генетически и пространственно связанных с массивом ультраосновных пород, а под структурой рудного поля — совокупность различных геологических и тектонических факторов, обусловивших закономерное распределение залежей в теле массива, а также их форму, состав и строение.

В формировании и распределении асбестовых залежей Баженовского района главное значение имели следующие три фактора:

1) литологический состав первичных горных пород, подвергшихся серпентинизации и явившихся средой асбестообразования;

2) физико-химический состав гидротермальных растворов, воздействовавших на ультраосновные породы;

3) образование тектонических разломов и зон разломов, послуживших путями проникновения гидротермальных растворов в толщу подвергшихся серпентинизации первичных ультраосновных пород.

1. Зависимость распределения асбестовых залежей от состава первичных ультраосновных пород

Литологический фактор образования залежей хризотил-асбеста имеет весьма важное значение, так как первичная горная порода является тем субстратом, по которому развивался серпентин и из которого извлекались такие химические компоненты, как магнезия и кремнезем, необходимые для образования хризотил-асбеста. В Баженовском районе асбестоносность приурочена исключительно к массиву ультраосновных пород. Внутри массива, как указывалось, наиболее благоприятными для асбестообразования были перидотиты (гарцбургиты), среди которых и

концентрируются все промышленные залежи хризотил-асбеста, тогда как в пироксенитах, представляющих вторую разновидность ультраосновных пород массива, такие залежи неизвестны, хотя непромышленная минерализация развита и в них довольно широко. Это явление не находит пока удовлетворительного объяснения, но с самим фактом приуроченности залежей к серпентинитам, возникшим за счет существенно оливиновых пород, необходимо считаться. Возможно, такая приуроченность объясняется тем, что перидотиты по своему химическому составу ближе стоят к серпентинитам и хризотил-асбесту, чем пироксениты и дуниты.

Как известно, отношение между молекулярными количествами магнезии и кремнезема в чистых безжелезистых разностях оливина (форстерита) равно двум, в составе ромбического пироксена — единице, в составе же серпентина оно составляет полтора. В перидотитах, где наряду с оливином в составе породы участвует также пироксен (в Баженовском районе преимущественно ромбический, представленный энстатитом), это отношение будет близким к 1,8.

Если учесть, что чистые разности обоих минералов в перидотитах почти не встречаются и они всегда содержат некоторое количество железа, изоморфно замещающего магний, то отношение это будет еще ниже. Так, анализы гарцбургитов из карьеров 7 и 8а, приведенные в работе П. М. Татаринова [5], после пересчета на молекулярные количества показывают, что в гарцбургитах карьера 7 отношение магнезии к кремнезему составляет 1,516, а в гарцбургитах карьера 8а — 1,527, тогда как то же отношение в двух образцах апогарцбургитовых серпентинитов из карьера 8а составило 1,449 (серпентинит с тонкими прожилками асбеста) и 1,443 (серпентинит из зальбанда отороченной жилы). В пироксенитах северной части Баженовского массива ультраосновных пород это отношение варьирует в пределах всего лишь от 0,6 (диаллагит) до 0,8 (бронзитит). Как показывает сравнение молекулярных количеств, перидотиты (гарцбургиты) по соотношению магнезии и кремнезема весьма близки к серпентинитам. Серпентинизация перидотитов, а следовательно, и асбестообразование в них могли происходить, повидимому, почти без какого-либо привноса или выноса этих компонентов, чего нельзя представить для пироксенитов. Последние могли быть нацело серпентинизированы лишь при условии выноса растворами значительных количеств кремнезема.

Необходимость наличия некоторых особых условий, способствующих серпентинизации существенно пироксеновых пород, и является, вероятно, причиной, по которой асбестообразование в пироксенитах — процесс более редкий и менее интенсивный, чем в перидотитах. Из литологических факторов, определяющих структуру рудного поля в районе, наличие перидотитов является, следовательно, фактором благоприятным для асбестообразования, а широкое развитие пироксенитов — неблагоприятным.

2. Зависимость распределения залежей хризотил-асбеста от состава гидротермальных растворов, вызывавших изменение ультраосновных пород

Характер и степень изменения ультраосновных пород Баженовского массива зависели от физико-химического состава гидротермальных растворов и были различными. Серпентинизация и асбестообразование происходили лишь при некоторых определенных условиях. О составе растворов можно судить, однако, лишь по результатам процессов гидротермального воздействия, т. е. по составу и свойствам тех минералообразований, которые обусловлены этими процессами.

При изучении характера серпентинизирующих растворов главное внимание обращается обычно на источник растворов. Такими источниками в условиях Баженовского района были как сама интрузия ультраосновной магмы, так и более поздняя интрузия гранитов, находящаяся в контакте с гипербазитами. Процессы серпентинизации в Баженовском районе происходили в две стадии. Первая стадия связана с процессом гидротермального автометаморфизма, при котором отделявшиеся из магматического очага гидротермальные растворы производили повсеместную серпентинизацию только что застывших, но все еще горячих ультраосновных пород — перидотитов (гарцбургитов) и пироксенитов. Вследствие ограниченного количества вод и равномерного их распределения в теле массива, на этой стадии, как правило, замещение оливина и пироксена серпентином было лишь частичным, неполным. Наблюдения под микроскопом показывают, что в любой части района и на любой достигнутой глубине перидотиты Баженовского массива содержат то или иное количество серпентина, развитого как в форме тончайших жилок хризотила, так и в виде листоватого, брусчатого или игольчатого антигорита. Минимальное количество серпентина в перидотитах даже на участках, максимально удаленных от разломов и зон разломов, как возможных каналов, подводивших гидротермы нигде не снижалось менее чем до 20% общего состава породы. Такое повсеместное распространение явлений серпентинизации нельзя объяснить какими-либо иными причинами, кроме допущения возможности выделения горячих вод в любой точке массива ультраосновных пород в период застывания.

Однако полная серпентинизация перидотитов на первой стадии происходила лишь при некоторых благоприятных условиях, способствовавших интенсивному притоку большого количества горячих вод. Такие условия создавались в зонах проявления начальной и позднемагматической прототектоники. В ослабленных тектоническими процессами зонах выжатые из самого массива горячие воды имели возможность циркулировать вдоль многочисленных трещин и вызывать более полную серпентинизацию пород, иногда сопровождавшуюся также асбестообразованием. Интенсивного асбестообразования не происходило, вероятно, потому, что для образования хризотил-асбеста необходимо было резкое снижение температуры, при которой в растворах, насыщенных компонентами серпентиновой молекулы, могли бы создаться условия для одновременного массового зарождения многочисленных центров кристаллизации хризотил-асбеста. Важна при этом не столько величина падения температуры, сколько резкое снижение ее. Естественно, что условия для резкого охлаждения легко могут возникнуть при проникновении горячих вод в уже остывший массив горных пород, тогда как для горячего массива характерно медленное и постепенное охлаждение горячих растворов. Именно поэтому асбестообразование и является мало характерным для первой стадии серпентинизации.

Серпентиниты, возникшие в течение первой стадии серпентинизации, в поле практически не отличимы от серпентинитов второй, более поздней стадии. Это объясняется тем, что почти на все зоны с проявлением прототектоники в Баженовском районе наложились позднее более сильные тектонические воздействия постмагматической фазы. Серпентиниты первой стадии серпентинизации подверглись при этом смятию и рассланцеванию, вплоть до полного преобразования в рассланцованные серпентиниты, а явления, связанные со второй стадией серпентинизации, совершенно затушевали картину. Можно предполагать лишь, что полосы серпентинитов, приуроченные к контакту массива ультраосновных

пород с габбро, а также полосы, возникшие в перидотитах вдоль зон, зафиксированных шлирами пироксенитов, образовались первоначально в процессе автометаморфизма интрузии, т. е. на первой стадии серпентинизации. В дальнейшем, при воздействии гидротерм, связанных с гранитной интрузией, полосы таких серпентинитов подверглись некоторой переработке. К серпентинитам первой стадии серпентинизации следует отнести также узкие полосы серпентинитов, выявленные в процессе геологической съемки среди крупного поля перидотитов на участке между южной окраиной г. Асбеста и р. Грязнушкой. Полосы эти, шириной в несколько десятков метров каждая, вытянуты в северо-западном направлении, совпадающем с направлением вытянутости известных здесь мелких шлиров пироксенитов; они не имеют следов сильных тектонических воздействий, не содержат даек кислой магмы и обладают лишь редкими маломощными жилками асбеста, представляющими только минералогический интерес.

Вторая стадия серпентинизации связана с выделением гидротерм гранитной интрузией. Условия серпентинизации на этой стадии резко отличались от условий, существовавших при автометаморфизме. Массив ультраосновных пород к этому времени уже остыл. В теле его возникли многочисленные разломы и зоны разломов. Вдоль разломов наметились различных систем трещины, послужившие благоприятными путями для проникновения весьма обильных гидротермальных растворов. Растворы, поднимаясь вдоль разломов, вызывали интенсивную серпентинизацию ультраосновных пород, сопровождавшуюся растворением части компонентов (SiO_2, MgO) и выносом их в зоны, еще не затронутые серпентинизацией.

В условиях уже остывшего массива ультраосновных пород резкое остывание гидротермальных растворов, связанных с кислой магмой, было явлением почти постоянным, поэтому серпентинизация второй стадии почти всегда сопровождалась асбестообразованием. Асбестообразование является, следовательно, наиболее важной, весьма характерной чертой второй стадии серпентинизации, причем процессы серпентинизации и асбестообразования являются процессами, тесно связанными между собой как во времени, так и в пространстве. Полосы серпентинитов, развитые в теле баженовской интрузии ультраосновных пород вдоль постмагматических разломов, представляют собой пример такой связи. Серпентиниты внутри этих полос, а также краевые части заключенных между разломами слабо измененных перидотитовых блоков, являются асбестоносными. Разломы представляют собой выводные каналы, вдоль которых поднимались гидротермальные растворы кислой интрузии, а возникшие вдоль них асбестоносные серпентиниты являются серпентинитами второй стадии серпентинизации. Такими серпентинитами и ограничивается область возможного распространения промышленных залежей хризотил-асбеста.

Гидротермальные растворы кислой интрузии от постмагматических вод ультраосновной магмы отличались, однако, не только своим происхождением (источником) и характером распределения в теле ультраосновных пород. С деятельностью вод кислой магмы связан ряд процессов, приведших к образованию оталькованных серпентинитов, кварцево-карбонатных, талько-карбонатных и тальковых пород, возникших за счет перидотитов, пироксенитов и, несомненно, за счет серпентинитов первой стадии серпентинизации. Широкий пояс таких пород развит по контакту ультраосновных пород с массивом гранитов. Тальковые породы и оталькованные серпентиниты часто сопровождают также многочисленные дайки аплитов, диорит-аплитов и диоритов, интрудировавшие внутрь

массива ультраосновных пород. Возникновение карбонатных пород по перидотитам или серпентинитам могло иметь место лишь при условии привноса водами большого количества углекислоты, т. е. при существенно ином химическом составе гидротермальных растворов, чем тот, который необходим для обычного процесса серпентинизации перидотитов, не требующего ничего, кроме притока самой воды.

Изучение петрографического состава асбестоносных серпентинизированных перидотитов и апоперидотитовых серпентинитов, находящихся в большом удалении от контакта с гранитами или жильными дериватами кислой магмы, показывает, что в составе таких перидотитов и серпентинитов карбонаты (главным образом, карбонат магния) обычно встречаются в качестве породообразующих минералов в весьма ограниченных количествах (единичные мелкие скопления криптокристаллических зерен). Жилки колломорфного магнезита, корки радиальнолучистых кристаллов арагонита по трещинам в серпентинитах и перидотитах не представляют, однако, редкого явления даже в асбестоносной части массива, хотя количество таких образований невелико. Наоборот, в зоне контакта ультраосновных пород с гранитами талько-карбонатные, кварцево-карбонатные и им подобные породы местами имеют мощность до 200 *м*. Они весьма непостоянны по составу и часто обнаруживают постепенные переходы к слабо отальк0ванным серпентинитам.

Эти факты свидетельствуют о том, что выделявшиеся из гранитной магмы и проникавшие в массив ультраосновных пород гидротермальные растворы первоначально были существенно углекислыми. Вдоль контакта с гранитами такие растворы вызывали разложение серпентина первой стадии серпентинизации, а также оливина и пироксенов, с замещением их карбонатами типа магнезита и брейнерита, возникшими путем взаимодействия поступавшей из раствора углекислоты с извлеченными из первичных минералов магнезией и закисью железа.

При таком разложении и замещении освобождалось значительное количество кремнезема, часть которого откладывалась на месте в виде кварца, часть же переходила в раствор и, воздействуя вместе с водой на первичные минералы, сохранившиеся от карбонатизации, приводила к возникновению талька. Замещение тальком происходило при некоторой миграции кремнезема, который частично приносился, повидимому, также из гранитного массива.

По мере продвижения растворов от гранитов внутрь тела ультраосновных пород сбрасывание содержавшихся в них компонентов происходило последовательно, чем и объясняются наблюдаемые переходы кварцево-карбонатных пород через талько-карбонатные и тальковые к слабо отальк0ванным серпентинитам. Сначала сбрасывалась углекислота, затем — кремнезем. Сбрасывание это происходило, однако, неполностью, и в очень ограниченных количествах оба компонента участвовали в деятельности гидротерм и на дальнейших этапах. Углекислота, присутствовавшая в растворах, приводила при серпентинизации пород к образованию рассеянных в серпентинитах карбонатов. Кроме того, некоторая часть магнезии вместе с углекислотой при очень сильном понижении температуры растворов отлагалась в виде колломорфного магнезита по трещинам в породе, который нередко цементирует волокна уже смятого и перетертого хризотил-асбеста и пикролита. Кремнезем в более поздних образованиях в свободном виде обнаруживается лишь в виде мельчайших зернышек кварца, встречающихся среди жил магнезита и опознаваемых только под микроскопом. Наряду с кварцем в виде незначительных прожилков или налетов на стенках пустот в серпентинитах встречается также халцедон. Главная масса углекислоты и кремнезема оставлялась, следо-

вательно, в непосредственной близости от гранитного массива, как источника растворов второй стадии гидротермальной деятельности. Этим фактом и объясняется наблюдаемая вдоль контактов с гранитами зональность распределения в пространстве измененных ультраосновных пород. Схема зональности здесь в направлении от контакта с гранитами к внутренней части массива ультраосновных пород следующая: кварцево-карбонатные и тальково-карбонатные породы, тальковая порода, оталькованный серпентинит, серпентинит, серпентинизированная ультраосновная порода. Зональность не является строго выдержанной, так как карбонатные породы постоянно перемежаются с тальковой, местами содержат блоки слабо оталькованных серпентинитов и серпентинитов, почти не несущих на себе никаких следов талькообразования.

Зоны карбонатных и тальковых пород, а также оталькованных серпентинитов (характерные для периферии массива ультраосновных пород на контакте с гранитами) не асбестоносны. На поверхности, в пределах полосы развития этих пород (даже среди блоков слабо измененных серпентинитов, почти не содержащих талька) не выявлено никаких сколько-нибудь крупных скоплений хризотил-асбеста, что вполне согласуется с приведенным выше заключением относительно характера изменения ультраосновных пород в зависимости от состава гидротермальных растворов. Возможность нахождения «слепых» залежей хризотил-асбеста внутри приконтактовой (с гранитами) полосы измененных пород исключена, поиски таких залежей будут здесь бесплодны и ставить их на площадях вдоль контакта с гранитами не следует.

Полоса карбонатных и тальковых пород следует вдоль всего восточного и южного краев массива с гранитами. На основании весьма ограниченных данных бурения можно полагать, что в центральной части района полоса эта, в соответствии с падением самого контакта, имеет западное падение под углом порядка 60°. Она слагает лежачий бок массива ультраосновных пород, а так как все проявления асбестоносности локализуются среди серпентинитов и серпентинизированных перидотитов, то приконтактовая полоса карбонатных и тальковых пород ограничивает, следовательно, распространение асбестоносности на глубину.

Внутри массива тальково-карбонатные и тальковые породы встречаются в зонах разломов, где они часто сопровождают дайки аплитов и диорит-аплитов, фиксирующие такие зоны. Обычно мощность тальково-карбонатных и тальковых образований в зонах разломов невелика и измеряется в пределах 1—2 *м*, но оталькованные (и всегда рассланцованные) серпентиниты в некоторых зонах образуют толщи мощностью в несколько десятков метров. Такими являются, например, первая и пятая меридиональные крутопадающие зоны разломов, ограничивающие так называемую «главную асбестоносную полосу» с востока и запада. Примыкающие к зонам разломов перидотиты серпентинизированы и в возникших за их счет серпентинитах развиты многочисленные жилы хризотил-асбеста, образующие залежи с характерным для Баженовского района зональным строением.

Серпентинизация перидотитов и асбестообразование, оталькование серпентинитов и образование тальково-карбонатных и тальковых пород связаны с проникновением по зонам разломов и вдоль них различных по составу гидротермальных растворов. Разломы и зоны разломов наметились в теле массива ультраосновных пород еще в процессе его становления. В стадию автометаморфизма вдоль таких разломов уже образовались узкие полосы серпентинитов, подвергшиеся при дальнейших тектонических воздействиях смятию и дроблению. В сформировавшиеся таким образом разломы и зоны разломов вслед за внедрением даек

аплитов и диорит-аплитов проникали гидротермальные растворы, первые порции которых были существенно кремнекислыми и углекислыми. Такие растворы вызывали частичное или полное оталькование и карбонатизацию серпентинитов, причем интенсивность переработки последних зависела от интенсивности притока растворов и ограничивалась обычно узкой зоной в непосредственном контакте с дайкой кислой магмы. С развитием новых трещин и обновлением ранее существовавших поступали новые порции растворов, существенно отличавшиеся от первых меньшим содержанием (или отсутствием) кремнезема и углекислоты. Эти растворы и вызывали вторую стадию серпентинизации и сопутствующее ей асбестообразование.

Местами, однако, оталькование и карбонатизация накладывались на процессы серпентинизации и асбестообразования, в результате чего возникали, в частности, псевдоморфозы талька по асбесту и в асбестоносных серпентинитах развивались в обилии карбонаты. Это явление свидетельствует о пульсирующем характере гидротермальной деятельности, при котором растворы поступали в толщу ультраосновных пород отдельными порциями, отличавшимися по составу содержавшихся в них компонентов, а также, повидимому, по температуре. Преобладали весьма слабо минерализованные растворы, вызвавшие серпентинизацию и асбестообразование и действовавшие вдоль зон разломов уже после того, как проникшие по зонам ограниченные количества кремнекислых и углекислых растворов вызвали оталькование и карбонатизацию части пород непосредственно в самой зоне. Оталькование и карбонатизация асбестоносных серпентинитов происходили при прорыве с глубины новых, более поздних порций высокоминерализованных растворов.

Температура таких растворов была выше температуры растворов, вызвавших серпентинизацию и асбестообразование, о чем можно судить по температуре образования талька и хризотила. Как указывали Н. Л. Боуэн и О. Ф. Туттл [1], в лабораторных условиях тальк был получен при 800—350°, тогда как образование хризотила происходило при 500—300°. Ф. В. Сыромятниковым [3] искусственный серпентин получен при температуре 400°. Заключение о более высокой температуре высокоминерализованных растворов подтверждается также постоянной пространственной связью тальковых и тальково-карбонатных пород с интрузивными породами кислой магмы.

3. Роль и значение разломов в образовании залежей хризотил-асбеста

В локализации асбестового оруденения и формировании залежей хризотил-асбеста в Баженовском массиве ультраосновных пород наиболее важную роль играли постмагматические разломы и зоны разломов. Значение разломов в качестве главнейших элементов структуры рудного поля района заключается в том, что они представляли собой выводные каналы для восходящих гидротермальных растворов, вдоль которых (каналов) происходили процессы серпентинизации и асбестообразования.

Основные вопросы зависимости размещения залежей хризотил-асбеста от тектонической структуры Баженовского массива ультраосновных пород рассмотрены П. М. Татариновым и сводятся к следующему [8]:

1. Все залежи хризотил-асбеста возникли и располагаются внутри массива ультраосновных пород вдоль постмагматических разломов и зон разломов. Выделяются три системы разломов:

а) крутопадающие или вертикальные зоны разломов близкого к меридиональному простирания;

б) крутопадающие или вертикальные разломы и зоны разломов широтного простирания;

в) горизонтальные или пологопадающие разломы меридионального простирания.

Известны также разломы диагонального (северо-западного и северо-восточного) простирания, имеющие ограниченное развитие.

2. Полосы серпентинитов, к которым приурочены залежи хризотил-асбеста, возникли вдоль разломов всех трех систем, преимущественно вдоль мощных крутопадающих зон разломов меридионального простирания. Серпентинитовые полосы, развитые вдоль меридиональных крутопадающих зон разломов, сопряжены с серпентинитовыми полосами, возникшими вдоль разломов иных систем, и образуют, поэтому, густую сеть, в петлях которой сохранились эллипсообразные участки-блоки слабо серпентинизированных ультраосновных пород (перидотитов).

3. Серпентинитовые полосы имеют зональное строение. В общем случае к разломам и зонам разломов, отмеченным дайками кислой магмы, оталькованными и рассланцованными серпентинитами, примыкают массивные серпентиниты, в которых на некотором расстоянии от разломов появляются тончайшие прожилки («волосовник», «просечки») и единичные редкие жилки хризотил-асбеста мощностью до 3—4 *мм*. Серпентиниты с асбестоносностью такого типа при картировании Баженовского района (с 1941 г.) принято выделять в качестве зоны просечек и единичных жил асбеста, обычно представляющей внешнюю (ближайшую к разлому) зону асбестовой залежи. По мере удаления от разлома зона просечек сменяется зоной мелкопрожила, за которой следуют с постепенными переходами, сменяя друг друга, зоны мелкой и крупной сеток и отороченных жил асбеста. Зона отороченных жил сменяется затем практически неасбестоносными слабо серпентинизированными перидотитами. [1]

4. Асбестоносные зоны, развитые вдоль разлома (зоны разлома) одной системы, плавно сопрягаются с соответствующими зонами, возникшими вдоль разломов двух других систем. Такое сопряжение в общем повторяет сопряжение самих разломов, и образуемая асбестоносными зонами залежь приобретает в плане и вертикальных разрезах эллипсообразную форму и симметрично-поясовое строение. В центре залежи в общем случае оказывается блок «пустых» неасбестоносных перидотитов, окаймляемый по периферии со всех сторон асбестоносными зонами.

Блок неасбестоносных перидотитов сохраняется внутри залежи, однако, лишь при достаточно большом (по П. М. Татаринову — более 200 *м*) расстоянии между соседними разломами одной и той же системы, тогда как при сближении разломов весь промежуток между ними оказывается серпентинизированным и полосы асбестоносных пород, возникшие вдоль каждого разлома, сливаются в одну сплошную залежь не только по простиранию и падению, но также и по мощности, так как асбестоносные зоны одной полосы непосредственно переходят в аналогичную зону другой. В зависимости от расстояния между разломами асбестоносные породы могут сомкнуться друг с другом в одном случае зонами отороченных жил, в иных — зонами крупной сетки, мелкой сетки и мелкопрожила.

При очень большом расстоянии между разломами каждая асбестоносная полоса резко обособлена и рассматривается в качестве самостоятельной залежи.

[1] Проявления асбестоносности в этих зонах подробно описываются в учебной литературе.

5. При вертикальном (или близком к вертикальному) падении соседних зон разломов залежи хризотил-асбеста, возникшие в промежутке между этими зонами, сохраняют свое строение на значительном протяжении по падению и замыкаются только при наличии горизонтальных или пологопадающих разломов, как бы связывающих два соседних крутопадающих разлома. Но смыкание полос асбестоносных серпентинитов может происходить также и при сближении разломов одной и той же системы, например, при падении их навстречу друг другу. В этом случае известная на поверхности залежь с типичным концентрически зональным строением с глубиной будет постепенно сокращаться в размерах, а ее внутренние зоны — последовательно выклиниваться, вплоть до полного выклинивания залежи.

Наоборот, при падении соседних разломов одной системы в разные стороны или вообще при наличии расходящихся с глубиной разломов единая на поверхности залежь на некоторой глубине будет разъединена неасбестоносным перидотитовым блоком, мощность которого будет увеличиваться по мере увеличения расстояния между разломами.

Эти выводы сформулированы П. М. Татариновым еще в 1940 г. Последующее изучение месторождения подтверждает их и приводит к ряду дальнейших заключений о значении тектоники при образовании залежей хризотил-асбеста.

Зональность в строении залежей, в частности, также обусловлена тектоническими явлениями. Закономерная смена асбестоносных зон в залежах и ослабление степени серпентинизации породы в направлении от разлома к центру заключенного между разломами блока является следствием столь же закономерного ослабления трещиноватости первичной породы (перидотита) в том же направлении. Если разломы и зоны разломов определили размещение залежей в массиве ультраосновных пород, то связанная с разломами тектоническая раздробленность заключенных между ними блоков обусловила различный характер и различную степень проникновения растворов, различный характер проявления асбестоносности, различную степень серпентинизации породы. В зонах крупной сетки и отороченных жил, как известно, серпентинизация весьма резко ослабевает.

Образование жилок хризотил-асбеста в Баженовском районе протекало параллельно с серпентинизацией породы. Жилки хризотил-асбеста развивались путем роста ультрамикроскопических кристаллов — волокон хризотила, зародившихся в потенциальных трещинах, тогда как общая серпентинизация породы происходила путем просачивания растворов вдоль тех же трещин, при котором растворы вызывали переход оливина в серпентин, сопровождавшийся увеличением объема породы и переходом избыточной части магнезии и кремнезема в раствор. За счет этих компонентов и происходил рост волокон хризотил-асбеста в жилах. Поэтому, чем шире полоса породы вдоль трещины захватывалась серпентинизацией, тем мощнее развивалась жилка хризотил-асбеста. С прекращением серпентинизации прекращался и рост волокна.

Следовательно, при большой густоте трещин образование макроскопически видимых жил хризотил-асбеста вообще не могло иметь места. В этом случае растворы, проникавшие в сторону от одной из трещин, встречались с растворами, проникавшими со стороны другой трещины, происходила интенсивная серпентинизация породы и весь промежуток между трещинами вскоре оказывался нацело замещенным микрозернистыми агрегатами серпентина. Перешедшая в раствор избыточная часть магнезии и кремнезема количественно была небольшой, высоких концентраций не создавалось, происходил бурный вынос этих компо-

нентов, высокая температура растворов и окружающих пород (прогретых вблизи разломов интенсивными потоками гидротерм, а местами также и вследствие внедрения даек кислой магмы) понижалась крайне медленно и весьма постепенно. Все эти условия, существовавшие вблизи разломов, были неблагоприятны для образования сколько-нибудь мощных жилок хризотил-асбеста. Они появляются, поэтому, лишь в некотором (чаще всего очень небольшом) отдалении от разломов, где деформированность первичной породы была меньшей, трещины располагались реже и где, вследствие этого, создавались благоприятные условия как для образования жилок хризотил-асбеста вообще, так и для развития мощных жил, в частности.

Именно поэтому к зоне разлома обычно непосредственно примыкает зона массивных серпентинитов, не содержащих макроскопически видимых жилок хризотил-асбеста. Положение массивных серпентинитов в разрезе отвечает месту, где трещиноватость первичной породы ко времени серпентинизации и асбестообразования была очень большой. Лишь с некоторым ослаблением трещиноватости первичной породы в серпентинитах появляются тонкие «просечки», а затем и единичные, редкие жилки асбеста — зона массивных серпентинитов сменяется зоной просечек.

При дальнейшем ослаблении трещиноватости в направлении от разлома к центру заключенного между разломами блока зона просечек сменяется зонами мелкопрожила, мелкой сетки, крупной сетки, отороченных жил и, наконец, слабо серпентинизированными перидотитами. Начиная с зоны мелкопрожила, где густота жилок хризотил-асбеста является наибольшей, а мощность их (после зоны просечек) — наименьшей, наблюдается закономерное уменьшение насыщенности породы жилками асбеста при одновременном увеличении мощности жилок. Если в зоне мелкопрожила расстояния между жилками измеряются несколькими миллиметрами, а мощность жилок составляет 2—3 *мм,* лишь изредка достигая 5—6 *мм,* то в зоне мелкой сетки поперечники петель, образуемых отдельными жилками, имеют размеры до 10 *см,* а мощность жилок возрастает до 4—6, редко 9 *мм.* Соответственно в зоне крупной сетки размеры петель (т. е. максимальные расстояния между жилками асбеста) возрастают до 1 *м,* а мощность жилок — до 15—20 *мм.* В зоне отороченных жил часто расстояние между отдельными жилками достигает 1—2 *м,* а мощность жил превышает 20 *мм.* Чем реже располагались трещины в породе, тем более мощными возникали жилы хризотил-асбеста. Чем сильнее была раздроблена порода, тем слабее проявлялось асбестообразование.

Серпентиниты с «просечками» асбеста возникли, следовательно, при серпентинизации весьма сильно раздробленных первичных пород, вследствие чего развиты такие серпентиниты или непосредственно вдоль разломов по внешней периферии асбестовых залежей, или во внутренних частях относительно маломощных блоков, заключенных между разломами. Выходы серпентинитов с «просечками» и единичными жилками асбеста в Баженовском асбестовом районе весьма многочисленны. Они образуют ряд площадей, часть которых располагается в виде узких полос по периферии промышленных залежей хризотил-асбеста, другая же часть имеет форму изометричных или вытянутых в меридиональном направлении «пятен» различных размеров, обычно изолированных друг от друга.

Учитывая типичное для Баженовского района концентрически зональное строение залежей и зависимость этого строения от пространственной ориентировки разломов и зон разломов, вдоль которых эти

залежи образовались, следует считать, что на ряде площадей под оконтуренными на поверхности серпентинитами с асбестоносностью типа просечек и единичных жилок асбеста появится «слепая» промышленная залежь хризотил-асбеста, образованная зонами мелкопрожила, мелкой сетки, крупной сетки и отороченных жил. На поверхности признаком наличия такой залежи будет расположение площади с непромышленной асбестоносностью в промежутке между разломами одной и той же системы (надежнее всего — в промежутке между меридиональными крутопадающими зонами разломов), расходящимися с глубиной, например, имеющими разные азимуты падения. В этом случае размеры заключенного между разломами блока породы с глубиной постепенно увеличиваются, первичная трещиноватость к центру блока постепенно ослабевает, меняется характер асбестоносности (а также и степень серпентинизации) породы, во внутренней части блока последовательно появляются обычные для залежей Баженовского района асбестоносные зоны.

При ином положении разломов заключенные между ними площади, сложенные серпентинитами с просечками асбеста, являются неперспективными. При попарно-параллельной ориентировке разломов строение ограничиваемого ими блока сохраняется на большую глубину таким же, каким оно обнаруживается на поверхности. Нельзя ожидать здесь уменьшения степени трещиноватости первичной породы с глубиной и наличия слепой залежи, по крайней мере залежи первого яруса. При сходящихся с глубиной разломах, падающих навстречу друг другу или сближающихся вследствие падения под разными углами, поперечные размеры заключенного между разломами блока постепенно сокращаются, и на некоторой глубине асбестоносные серпентиниты полностью выклиниваются, что также исключает вероятность обнаружения здесь слепой залежи.

Возможно также образование зоны серпентинитов с просечками асбеста вдоль висячего и лежачего боков горизонтальных (пологопадающих) разломов. Следует иметь в виду, что существование горизонтальных разломов устанавливается пока только на основании изучения характера строения асбестовых залежей, возникших вдоль таких разломов на глубине по скважинам колонкового бурения, так как на дневной поверхности разломы этой системы от эрозии сохранились не полностью. На наличие их указывает горизонтальное залегание зон с различным характером асбестоносности и закономерная смена этих зон в вертикальном направлении. Без глубоких горных работ практически невозможно отличить асбестоносные серпентиниты, возникшие вдоль горизонтальных разломов, от таких же серпентинитов, образовавшихся вдоль крутопадающих разломов. Единственным признаком в некоторых случаях может служить большое площадное распространение серпентинитов с асбестоносностью одного и того же типа, например, серпентинитов с просечками асбеста в широких промежутках между крутопадающими разломами.

Так как горизонтальные и пологопадающие разломы локализуются, повидимому, лишь в промежутках между двумя соседними крутопадающими меридиональными разломами, то для суждения о том, являются ли такие серпентиниты образованиями висячего или лежачего бока горизонтального разлома, служат те же критерии, что и при определении перспектив асбестоносных площадей, образованных в промежутке между крутопадающими разломами. Если крупных размеров площадь, сложенная серпентинитами с просечками асбеста, заключена между меридиональными зонами разломов, падающими круто в разные стороны, то под такой площадью следует ожидать крупную «слепую»

асбестовую залежь концентрически зонального строения. Выходящая на поверхность зона просечек в этом случае представляет собой выход вершины эллипсообразной залежи, промышленная часть которой скрыта на глубине.

Наоборот, если крупная площадь, сложенная серпентинитами с просечками асбеста, обнаруживается между двумя сходящимися, падающими навстречу друг другу меридиональными зонами разломов, то такая площадь является мало перспективной, так как обнажающийся здесь блок асбестоносных серпентинитов с глубиной выклинивается и представляет собой лишь остатки залежи, т. е. ту часть зоны просечек и единичных жилок асбеста, которая окаймляет залежь снизу.

Если серпентиниты с просечками асбеста, возникшие вдоль горизонтального разлома, слагают крупные площади в широкой полосе между двумя параллельными друг другу крутопадающими зонами разломов, то такие площади, подобно площадям, заключенным между расходящимися разломами, являются (в смысле возможности обнаружения «слепой» залежи) благоприятными.

В качестве выводных каналов для гидротермальных растворов и для формирования залежей хризотил-асбеста из разломов наибольшее значение имели меридиональные крутопадающие разломы или зоны разломов. Зоны эти имеют ширину до нескольких десятков метров, прослеживаются на протяжении 10—12 *км*. Простирание их не всегда является строго меридиональным, местами отклонения от меридиана достигают 20—40°. Падение зон также не является постоянным, но варьируют, главным образом, углы падения, а азимуты изменяются относительно редко и преимущественно лишь при углах падения, близких к вертикальным. Каждая из зон имеет достаточно постоянный азимут падения, сохраняющийся на значительном протяжении по простиранию; имеются зоны как западного, так и восточного падения.

Так, одна из зон разломов в центральной части Баженовского массива ультраосновных пород длиной около 12 *км*, на всем протяжении имеет крутое западное падение (угол падения от 70 до 85°), а соседняя с ней, проходящая западнее и прослеженная (в двух отрезках) на протяжении 9 *км*, падает на восток, т. е. навстречу предыдущей, под углом от 55 до 80°. Две другие зоны, однако, меняют направление падения с западного на восточное и обратно, но углы падения при этом варьируют лишь в пределах 80—90°. Подобно указанным примерам другие изученные зоны разломов также обладают достаточно постоянным падением, чем облегчается определение перспектив для промежутков между зонами.

В теле массива ультраосновных пород меридиональные зоны разломов локализованы весьма неравномерно. Особенно многочисленны они в северной части массива, где разломы этой системы расположены настолько густо, что промежутки между ними имеют мощность в среднем лишь 100—150 *м*. Разломы здесь преимущественно короткие (до 1—1,5 *км*), часто отклоняются от меридионального простирания, сливаются друг с другом, затем вновь разветвляются. Однако, несмотря на большую густоту разломов, пироксениты, которыми преимущественно сложена эта часть массива, серпентинизированы сравнительно слабо и нацело преобразованы в серпентиниты лишь в узких полосах, располагающихся вдоль разломов.

В центральной части массива к настоящему времени известно восемь меридиональных крутопадающих зон разломов, каждая из которых прослеживается на протяжении 2,5—12 *км*, иногда с перерывами. Вдоль этих зон и в промежутках между ними образовались почти

все главнейшие залежи асбеста Баженовского района. Но значение каждой из зон для асбестообразования неодинаково. Для двух восточных зон разломов, проходящих близ контакта массива ультраосновных пород с гранитами, явления серпентинизации и асбестообразования не характерны, так как вдоль таких зон действовали наиболее высокотемпературные и сильно минерализованные (насыщенные углекислотой) гидротермальные растворы, вызвавшие карбонатизацию и оталькование перидотитов и серпентинитов первой стадии серпентинизации. Оталькование и карбонатизация, наряду с серпентинизацией и асбестообразованием, характерны также для двух других зон, приуроченных уже к внутренней полосе массива. Оталькование и карбонатизация происходили, главным образом, в пределах самих этих зон и в породах лежачих боков, а вдоль висячих боков развивались преимущественно процессы серпентинизации и асбестообразования. Следовательно, в период гидротермальной деятельности разломы подновлялись и по ним в разное время поднимались растворы разного состава и разной температуры.

Для других зон разломов внутренней полосы характерны, главным образом, процессы серпентинизации и асбестообразования, явления же отальковання и реже карбонатизации локализуются лишь в осевых частях зон, по контакту даек кислой магмы с рассланцованными серпентинитами. Проявления асбестоносности во внутренней полосе центральной части массива развиты настолько широко, что асбестоносные серпентиниты и перидотиты тянутся здесь на большом протяжении, асбестовые залежи следуют одна за другой почти без перерыва, и границы между ними устанавливаются лишь по особенностям геологического строения, определяемым положением меридиональных, широтных и диагональных крутопадающих разломов и зон разломов. В промежутках между зонами разломов, т. е. внутри залежей, сохранились, однако, блоки слабо серпентинизированных и практически неасбестоносных перидотитов. Между тем вдоль наиболее западных зон разломов, где перидотиты серпентинизированы нацело и где из первичных пород в неизмененном или слабо измененном виде сохранились лишь шлиры пироксенитов, асбестоносность выражена слабее и провляется на поверхности исключительно в виде просечек и единичных жилок, причем асбестоносные серпентиниты выходят отдельными «пятнами», не образуя непрерывных полос большой протяженности.

Ослабление асбестоносности вдоль западного края массива ультраосновных пород имеет закономерный характер, так как наблюдается на всем протяжении массива. Объясняется оно, повидимому, тем, что к началу второй стадии серпентинизации, параллельно с которой происходило асбестообразование, перидотиты близ контакта с габбро уже были в сильной степени серпентинизированы. Ослабление асбестоносности не исключает возможности образования в западной части массива промышленных скоплений асбеста, о чем свидетельствует упоминавшийся в начале статьи факт обнаружения «слепой» залежи хризотил-асбеста, залегающий близ контакта с габбро.

В южной части массива ультраосновных пород семь меридиональных зон разломов, развитых в центральной части, сливаются в одну зону, следующую вдоль восточного края массива. Одна зона продолжается вдоль западного края массива. На большом протяжении прослеживаются только эти две зоны и лишь у южного края массива вновь развиваются еще семь меридиональных зон разломов, из которых наибольшая имеет протяженность около 2,5 *км*. Проявления асбестоносности характерны здесь лишь для восточной зоны и северных оконечно-

стей некоторых южных зон. Вдоль западной зоны жилки хризотил-асбеста, к тому же только минералогического значения, известны лишь в одном пункте. Вся внутренняя часть массива сложена перидотитами, в которых спорадически встречаются жилки асбеста. Вдоль восточной зоны разлома, падение которой пока не установлено, асбестоносность развита только по западному боку, тогда как перидотиты вдоль восточного бока превращены в тальково-карбонатные и подобные им породы.

Выводы

Изучение структуры рудного поля Баженовского асбестового района показывает, что при определении возможного местоположения «слепых» залежей следует исходить в первую очередь из тектонических элементов структуры. Литологические факторы лишь сужают область поисков залежей хризотил-асбеста, ограничивая ее перидотитовой частью массива ультраосновных пород. Связь асбестообразования со слабо минерализованными гидротермальными растворами приводит к исключению из сферы поисков участков с интенсивным развитием кварцево-карбонатных, тальково-карбонатных и тальковых пород, возникших при воздействии высокотемпературных сильно минерализованных растворов гранитной интрузии. Мало перспективны для поисков также и области с преимущественным развитием гидротермального автометаморфизма, физические условия при котором не отвечают обычно условиям образования хризотил-асбеста. После этих исключений площадь для поисков «слепых» рудных тел все еще остается громадной.

Конкретные пункты локализации «слепых» залежей могут быть выявлены лишь с учетом наличия благоприятных и неблагоприятных сочетаний тектонических разломов и зон разломов.

Благоприятными сочетаниями являются такие, при которых крутопадающие разломы одной и той же системы (главным образом меридиональные зоны разломов): 1) падают в разные стороны; 2) расходятся с глубиной (при одном и том же азимуте падения) вследствие падения под разными углами; 3) падают параллельно друг другу при большом расстоянии между ними и связаны горизонтальным разломом.

Неблагоприятным является падение разломов навстречу друг другу или вообще сближение разломов с глубиной так же, как весьма тесное расположение их при параллельном падении.

При благоприятном сочетании разломов непосредственным признаком «слепой» залежи служит развитие на поверхности серпентинитов с просечками и единичными жилами асбеста, которые можно рассматривать, следовательно, в качестве минералогического индикатора, скрытого на глубине промышленного оруденения. Этот индикатор эффективен, естественно, лишь при поисках «слепых» залежей первого яруса, залегающих на небольшой глубине. Если на поверхности в промежутке между благоприятно расположенными разломами выходят серпентиниты с просечками и единичными жилками асбеста, то на некоторой глубине под такими серпентинитами может быть обнаружена вершина «слепой» залежи обычного для Баженовского района концентрически зонального строения.

Выделение благоприятных тектонических структур в месторождении облегчается тем, что меридиональные крутопадающие разломы, вдоль которых, главным образом, локализовались залежи хризотил-асбеста, имеют большое протяжение и, при некотором колебании углов падения, достаточно постоянный азимут падения. Для выявления ориентировки такой зоны разлома в целом необходимо изучить ее в несколь-

ких разрезах. В центральной части района ориентировка большинства зон разломов для верхних горизонтов толщи установлена в процессе производства геологоразведочных работ на известных залежах.

Единственным рациональным способом проверки наличия «слепых» рудных тел в намечаемых пунктах, благоприятных по тектонической структуре и минералогическим признакам, является колонковое бурение. Существующие геофизические методы при поисках асбестовых залежей непригодны, так как физические свойства, на которых такие методы основаны, у асбестовых руд и вмещающих пород являются одинаковыми. При изучении Баженовского месторождения отчасти использовалась лишь магнитометрия, применение которой основывалось на различии магнитных свойств перидотитов, серпентинитов, габбро, гранитов и жильных пород кислой магмы. В соответствии с возможностями метода, микромагнитная съемка ставилась на месторождении лишь с целью уточнения контактов массива ультраосновных пород с гранитами и габбро для выделения, прослеживания и оконтуривания даек кислой магмы и площадей распространения рассланцованных и отальк*о*ванных серпентинитов, а также для выявления среди серпентинитов участков неизмененных материнских пород — перидотитов. Неасбестоносные серпентиниты от асбестоносных при магнитной съемке не могут быть отделены, так как магнитность тех и других одинакова и зависит лишь от насыщенности серпентинита магнетитом.

Методика поисков «слепых» залежей колонковым бурением представляется в следующем виде. Выбираются площади с благоприятным сочетанием разломов и зон разломов, в промежутках между которыми известны выходы серпентинитов с непромышленной асбестоносностью. Первую скважину следует задавать в центре таких выходов и проходить вертикально. При таком положении скважина пройдет последовательно через все асбестоносные зоны и должна быть остановлена лишь по выходе в безрудные перидотиты или массивные серпентиниты. В дальнейшем, в соответствии с полученными при бурении результатами, скважины следут располагать по разведочным линиям, ориентированным вкрест контролирующих залежь разломов. Задавать скважины нужно со стороны разломов и проходить их наклонными по направлению к центру заключенного между разломами блока.

Если падение и характер сочетания разломов не выявлены, то необходимо первоначально установить их, стремясь посредством бурения наклонных скважин пересечь каждую из зон разломов на глубине 50—100 *м*. Нельзя при определении падения зоны исходить из замеров падения контактов, фиксирующих эту зону даек кислой изверженной породы, или из замеров ориентировки сланцеватости рассланцованных серпентинитов и тальковых сланцев. Дайки часто имеют весьма прихотливую линзовидную форму и замеры элементов залегания их контактов не отражают ни падения самой дайки в целом, ни падения разлома. Ориентировка сланцеватости пород, возникших за счет серпентинитов, далеко не всегда совпадает с ориентировкой разломов, которые эти сланцы фиксируют.

Изложенные в статье основные структурные критерии поисков «слепых» залежей далеко не охватывают всех вопросов сложной закономерности распределения залежей хризотил-асбеста в теле Баженовского массива ультраосновных пород, познание которых способно облегчить поиски. Некоторые из таких вопросов лишь затронуты в настоящей работе, другие же могут быть решены только после дальнейшего накопления фактических материалов. Сюда относятся вопросы изменения структуры рудного поля с глубиной и поисков «слепых» залежей второго

и последующего ярусов. Надлежит подробно изучить зависимость локализации залежей хризотил-асбеста от состава первичных пород и изменения физико-химического состава гидротермальных растворов. Разработка этих вопросов — необходимое дело недалекого будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боуэн Н. Л. и Туттл О. Ф. Система $MgO — SiO_2 — H_2O$. Сб. «Вопросы физико-химии в минералогии и петрографии». Изд-во иностранной литературы, 1950, стр. 23—48.
2. Лодочников В. Н. Серпентины и серпентиниты, Ильчирские и другие. Труды ЦНИГРИ, 1936, вып. 38.
3. Сыромятников Ф. В. О синтезе серпентина. Труды совещания по экспериментальной минералогии и петрографии 26—28 апреля 1934 г. Изд. АН СССР, 1935.
4. Татаринов П. М. Асбест. Курс нерудных месторождений. Ч. I. ОНТИ, 1934, стр. 177—203.
5. Татаринов П. М. Восточная полоса габбро-перидотитовых интрузий Среднего Урала. Петрография СССР, серия I, вып. 9, ч. I. Изд. АН СССР, 1940.
6. Татаринов П. М. Материалы к познанию месторождений хризотил-асбеста Баженовского района на Урале. Труды Геологического комитета, новая серия, 1928, вып. 185.
7. Татаринов П. М. Поисковые критерии и признаки для месторождений асбеста. Записки Ленинградского горного института, 1948, т. XXII.
8. Татаринов П. М. Структура рудного поля Баженовского асбестового района. Материалы ВСЕГЕИ, 1948, вып. 4.