Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени Горного института, том XXII, 1948

Поисковые критерии и признаки для месторождений асбеста

Проф. П. М. ТАТАРИНОВ

1. Поисковые критерии и признаки для месторождений хризотил-асбеста

Поиски месторождений хризотил-асбеста облегчаются постоянной приуроченностью месторождений к определенным горным породам — к серпентинитам. Эти породы возникают преимущественно путем метаморфизации ультраосновных интрузивных пород и изредка — путем метаморфизации доломитизированных известняков, в обоих случаях в результате гидротермальных процессов. Естественно, что поисковые критерии и признаки для месторождений хризотил-асбеста, связанных с серпентинизированными гипербазитами, будут иными, чем для месторождений, связанных с серпентинизированными известняками.

Гипербазиты и возникшие из них серпентиниты представляют собою породы, типичные для складчатых областей. Они слагают во многих местах земного шара в складчатых областях самого разнообразного возраста — от докембрийского до альпийского — обширные по ширине, а в особенности по простиранию, так называемые «серпентинитовые пояса», протягивающиеся на десятки и сотни километров, причем тела серпентинизированных гипербазитов иногда слагают непрерывно всю поверхность такого пояса, иногда же проявляются в виде серии разобщенных другими породами отдельных, более или менее обширных масс. Примерами таких асбестоносных серпентинитовых поясов являются: серпентинитовый пояс Южной Родезии архейского возраста, протягивающийся на расстояние более 110 км и вмещающий месторождения Шабани и Машаба; серпентинитовый пояс провинции Квебек в Канаде, протягивающийся из штата Вермонт в США в северо-восточном направлении до реки Шодье (приток реки Св. Лаврентия) на расстояние около 240 км и содержащий несколько промышленно ценных месторождений хризотил-асбеста, в том числе и месторождения округа Черное озеро — Тзетфорд, имеющие мировое значение; возраст гипербазитовых интрузий этого пояса каледонский (таконийская фаза). В пределах СССР мы имеем обширнейший серпентинитовый пояс Восточных и Западных Саян, протяги-

вающийся (с перерывами) из Бурят-Монгольской АССР в Тувинскую автономную область и содержащий несколько месторождений хризотил-асбеста, в том числе Ильчирское и Актовракское; возраст гипербазитовых интрузий этого пояса каледонский. Среди многочисленных серпентинитовых поясов Урала наиболее интересными в отношении асбестоносности являются Баженово-Алапаевский, наиболее восточный на восточном склоне Урала, протягивающийся на расстояние 180 км и вмещающий, кроме Баженовского месторождения мирового масштаба, также Режевское и Алапаевское; затем Невьянско-Салкинский, содержащий Красноуральское и Луковское месторождения хризотил-асбеста; возраст интрузий этих поясов варисский.

Необходимо отметить, что среди многочисленных и иногда весьма обширных серпентинитовых поясов альпийского (в широком смысле этого понятия) возраста, широко развитых в различных частях земного шара (Закавказье, Малая Азия, Италия, Тихоокеанское побережье Северной Америки и т. д.), не известно ни одного промышленно-ценного месторождения хризотил-асбеста. Это обстоятельство приходится учитывать в качестве поискового критерия, установленного, правда, лишь эмпирическим путем, без удовлетворительного научного обоснования, так как минеральный состав, структура, характер серпентинизации и геологическая позиция многих из гипербазитовых интрузий альпийского возраста вполне сходны с таковыми для асбестоносных интрузий более древних эпох диастрофизма.

Изучение геологического строения мировых и союзных месторождений хризотил-асбеста показывает, что громадное большинство из них и все наиболее крупные (Канадское, Родезийское, Кипрское, Баженовское, Актовракское, Алапаевское, Режевское, Красноуральское, Ильчирское и т. д.) приурочены к тем серпентинитовым массивам, которые возникли в результате серпентинизации существенно оливиновых пород — дунитов и перидотитов, в особенности же последних, причем перидотиты относятся преимущественно с типу гарцбургитов, значительно реже — лерцолитов. В серпентинитовых массивах, возникших из существенно пироксеновых пород, промышленно ценные месторождения асбеста встречаются значительно реже, а их масштаб и практическое значение обычно не велики, так как принадлежат они в большинстве случаев к Карачаевскому подтипу и содержат продольно-волокнистый асбест пониженной прочности. Прекрасным примером сказанному могут служить: месторождения Черное Озеро — Тзетфорд, связанные с серпентинизированными гарцбургитами, и месторождения восточного Браутона и штата Вермонт, связанные с серпентинизированными пироксенитами, находящиеся в пределах одного и того же серпентинитового пояса, но имеющие далеко не равноценное практическое значение; а также месторождения центральных участков Баженовского района (гарцбургиты) и северных (Окуневского и Рефтинского) участков того же района (оливиновые пироксениты) и т. д. Из сказанного вытекает второй поисковый критерий для месторождений хризотил-асбеста в серпентинизированных массивах гипербазитов. Наибольший интерес для поисков представляют существенно перидотитовые (гарцбургитовые) интрузии.

Хотя серпентинизация ультраосновных пород и связанное с нею образование жил хризотил-асбеста во многих случаях обусловлены автометаморфизмом интрузии под влиянием гидротерм, связанных с самой основной магмой, все же наиболее крупные из известных мировых месторождений асбеста приурочены к тем массивам гипербазитов, которые находятся в контакте с более молодыми кислыми интрузиями (преимущественно гранитной магмы); серпентинизация и асбестообразование в таких массивах связаны главным образом с эманациями гидротермальной фазы этих кислых интрузий.

В тех случаях, когда месторождения хризотил-асбеста возникали в телах гипербазитов под влиянием только процессов автометаморфизма, когда геологические наблюдения не устанавливают наличия кислых интрузий, гидротермы которых могли бы воздействовать на гипербазиты, мы всегда имеем залежи асбеста небольшого размера и, что особенно характерно, слабо насыщенные асбестом. Примерами подобного рода месторождений являются Ильчирское, Вагранское, Абзаковское и некоторые практически не интересные месторождения Южного Урала. С другой стороны, нам не известно на земном шаре ни одного промышленно ценного (бесспорно) месторождения хризотил-асбеста в гипербазитах, которое не было бы тесно связано геологически и генетически с кислыми (гранитными) интрузиями более молодого, нежели гипербазиты, возраста. Баженовское, Алапаевское, Красноуральское, Режевское месторождения в пределах СССР, Канадские, Южно-Родезийские, Трансваальское N w Amiantus Mine) месторождения за границей — все являются подтверждением сказанного. Наиболее богатые залежи асбеста в Канадском месторождении, по свидетельству Кука (Cook, 8), находятся поблизости от больших гранитных массивов и сопровождаются большим количеством гранитных и аплитовых даек. Поэтому среди канадских горняков издавна существует поговорка: «нет гранита — нет асбестовой копи».

Единственное крупное и интенсивно насыщенное асбестом месторождение, в котором такая связь гипербазитов с более молодыми гранитами не обнаруживается, — Актовракское (Тувинская автономная область) едва ли тоже является исключением, так как в районе его можно с большой долей вероятности (3) предполагать наличие в соседстве с гипербазитами гранитной интрузии, не вскрытой еще эрозионными процессами.

Таким образом, только в тех случаях, когда ультраосновные интрузии дунито-гарцбургитового состава подвергались после воздействия гидротерм во время процессов автометаморфизма еще и обработке гидротермами более молодой кислой магмы (для которых в затвердевшем теле интрузии тектоническими напряжениями были подготовлены каналы для быстрого продвижения большими массами), только в этих случаях возникали мощные и интенсивно насыщенные жилами асбеста месторождения последнего.

Исходя из изложенного, можно полагать, что наличие в контакте с серпентинизированным массивом гипербазитов более молодой кислой интрузии, равно как и наличие жильных дериватов кислой магмы, рассекающих массив гипербазитов, являются благоприятными критериями для поисков асбестоносных участков в таком массиве.

Геолог Кип (KEEP, 9), изучавший месторождения хризотил-асбеста Южной Родезии, считает благоприятным признаком для проявления асбестоносности в массивах гипербазитов, находящихся в контакте с гранитными интрузиями, слабое развитие пегматитовой фазы в данном гранитном массиве, во всяком случае в приконтактовой его части. Следует заметить, что в наших работах, посвященных Баженовскому асбестовому району (5, 6), мы неоднократно отмечали, что Баженовский гранитный массив, контактирующий с востока и юга с асбестоносной интрузией, вовсе лишен проявлений пегматитовой фазы и богат кварцевыми жилами, иногда золотоносными.

Наконец, несмотря на то, что процессы серпентинизации ультраосновных пород и асбестообразование генетически тесно связаны между собой и интенсивное развитие асбестообразования в ультраосновном массиве не может иметь места без достаточно интенсивного развития серпентинизации, едва ли можно рассчитывать отыскать промышленные месторождения хризотил-асбеста в тех массивах ультраосновных пород, которые являются с поверхности нацело серпентинизированными. Независимо от того, будем ли мы допускать возможность возникновения процесса серпентинизации под влиянием действия и поверхностных вод, а не только под влиянием гидротермальных растворов, возникновение хризотил-асбеста, представляющего собой разновидность серпентина, наиболее свободную от примесей и остатков компонентов материнской породы, происходило в практически интересных масштабах несомненно только вследствие воздействия на ультраосновные породы глубинных термальных вод и притом преимущественно вдоль и вблизи тех участков массива, которые являлись каналами для интенсивного проникновения этих вод в массив. Поэтому массивы гипербазитов, содержащие крупные месторождения хризотил-асбеста, не являются нацело серпентинизированными; слагающие их дуниты и перидотиты превращены в серпентиниты лишь по периферии массивов и вдоль более или менее мощных зон разломов внутри их, по которым поднимались с глубины серпентинизирующие растворы. Вдоль этих зон разломов возникают полосы или зоны серпентинитов, а вне их серпентинизация проявляется лишь в слабой степени, так что ультраосновные породы сохраняют свой состав и облик как на глубине, так и у современной поверхности, изменяясь под влиянием процессов выветривания совершенно иначе, чем возникшие из них серпентиниты. Примерами подобного рода могут служить Канадские, Баженовский, Алапаевский, Останинский, Невьянский, Ильчирский и другие асбестоносные массивы. В качестве примера нацело серпентинизированных с поверхности массивов можно привести массив окрестностей города Свердловска или серпентинитовые тела в верховьях р. Кубани на Северном Кавказе, являющиеся частью обширного серпентинитового пояса Северного Кавказа.

Детальная геологическая съемка Баженовского асбестового района позволила нам установить, что полосы серпентинитов в Баженовском массиве гипербазитов возникли преимущественно вдоль шести мощных меридиональных зон разломов в теле массива, отчасти вдоль менее мощных широтных и диагональных разломов (6). Аналогичная картина установлена нами для Невьянского, Алапаевского и Останинского массивов гипербазитов.

В отношении асбестоносных массивов гипербазитов Канады Кук (8) в своей последней работе установил, что: а) Асбестовые месторождения приурочены в перидотитовых массивах к зонам нарушения, которые являлись главными каналами для продвижения агентов серпентинизации и асбестообразования; эти зоны фиксируются смятыми и рассланцованными серпентинитами, обнаруживая полную аналогию с такими же зонами Баженовского района (6).

б) Асбестовые месторождения находятся всегда относительно близко от периферии больших перидотитовых массивов. Так, например, те месторождения поперечноволокнистого асбеста, из которых производится в настоящее время главная добыча, все расположены в расстоянии около 0,5 мили (800 м) от северо-западного края наиболее крупного перидотитового массива серпентинитового пояса Квебека; к числу их относятся залежи Кинг, Джонсон, Белл, Бивер, Джонс-Мэнвилл и другие. Попытки эксплоатировать залежи, расположенные вдоль самого контакта периодитовых массивов или в значительном удалении от него, не приводили к благоприятным результатам вследствие слабой насыщенности таких залежей асбестом.

Следует иметь в виду, что структура крупнейших месторождений хризотил-асбеста в ультраосновных породах в СССР и за границей определяется сочетанием и большим либо меньшим развитием крупных *разломов среди массивов этих пород.*

Интенсивное развитие процессов асбестообразования в массивах гипербазитов приводит к развитию карбонатизации серпентинитов и к появлению в этих породах прожилков и линз карбонатов (преимущественно магнезита). В связи с этими процессами при переходе оливина и пироксена, слагающих гипербазиты, в серпентин освобождается некоторая часть MgO (и вся CaO), фиксируемые в породах в виде карбоната (изредка в виде брусита или немалита).

Породы комагматичной гипербазитам жильной свиты — пироксениты, микрогаббро, диабазы, плагиоклазиты и т. п. под влиянием гидротермальных асбестообразующих растворов метаморфизуются в гранатовые, хлорито- и пироксено-гранатовые, гранато-везувиановые и тому подобные известково-силикатные породы, изменяя свои зеленые цвета различных (обычно темных) оттенков на зеленовато-белые, белые, желтые и розовые, благодаря чему жилы этих пород особенно отчетливо выделяются на темном фоне серпентинитов и перидотитов. Под влиянием асбестообразующих гидротермальных растворов гранатизации подвергаются даже дайки кислых жильных пород, рассекающие асбестоносные гипербазиты, хотя и не в столь сильной степени, как маломощные жилы комагматических гипербазитам жильных пород. Наличие описанных процессов карбонатизации и гранатизации является благоприятным поисковым признаком для месторождений хризотил-асбеста в массивах гипербазитов.

В заключение необходимо напомнить, что серпентиниты, в том числе и асбестоносные, являются породой, весьма трудно поддающейся процессам выветривания и слагающей поэтому возвышенные формы рельефа. Кроме того, как на самих серпентинитах, так и на происходящих из них почвах растительность или совершенно отсутствует, или необычайно убога. Указанные свойства серпентинитов, как справедливо замечает В. Н. Лодочников (I), могут быть с успехом использованы

геологом при картировании серпентинитов, в том числе и асбестоносных.

Залежи хризотил-асбеста в карбонатных породах представляют собою, как известно (2, 4), контактово-метасоматические образования, появление которых обусловлено внедрением в толщу карбонатных пород интрузивных тел как кислого (граниты — месторождение Аспагаш в Красноярском крае, месторождения горной Киргизии), так и основного состава (диабазы — месторождения Аризоны в США, Трансвааля, Бис-Тагское в Хакасской автономной области). Возникая в гидротермальную стадию контактового метаморфизма, залежи серпентинитов с асбестом располагаются в некотором удалении от интрузивных тел, обусловивших их появление. Известняки вблизи контакта с магматическими породами всегда перекристаллизованы и содержат серию контактовых минералов; для различных месторождений указываются диопсид, тремолит, гранат, скаполит и другие минералы. Особенно часто возникает диопсид, образующий иногда в известняках участки диопсидовой породы. Помимо этих контактовых минералов в известняках наблюдается образование (около залежей асбестоносных серпентинитов) линз и полос офикальцита, представляющего собой смесь серпентина и кальцита. Повидимому, большинство месторождений хризотил-асбеста в карбонатных породах, в том числе все наиболее интересные в практическом отношении месторождения, образовались путем непосредственного гидротермального изменения известняков в серпентин, а не за счет серпентинизации ранее образовавшихся контактовых минералов, подобных оливину, диопсиду или тремолиту. Источником воды, необходимой для образования серпентина, являлась магма интрузивных тел, внедрившихся в известняки. Магнезия же, по единодушному мнению исследователей различных месторождений этого типа, находилась на месте в известняках, так как последние либо представляли собою доломиты, либо были в той или иной степени доломитизированы. Наблюдения на Аспагашском и Аризонских месторождениях показывают, что серпентинизация возникала исключительно в тех участках или прослоях известняков, которые являлись доломитизированными. Известняки же, свободные от магнезии, подвергались под влиянием гидротерм лишь более или менее интенсивному окремнению. Что же касается кремнекислоты, то она, повидимому, в большинстве случаев приносилась гидротермами.

Исходя из изложенного, можно полагать, что при поисках асбестоносных серпентинитов в известняках наибольший интерес представляют прежде всего такие доломитизированные поля известняков, которые подвергались обильным инъекциям жильными породами типа диабазов, порфиритов, габбро-диабазов и т. п. (т. е. преимущественно основного состава), подобно известнякам Аризоны, Трансвааля, Бис-Тагского месторождения; а также крупные ксенолиты известняков в гранитных массивах, подобные известным в настоящее время в пределах горной части Киргизской ССР.

Поисковым признаком для месторождений хризотил-асбеста в карбонатных породах следует считать появление среди этих пород офикальцитов, окрашенных в красивые яблочно-зеленые, розовые, желтые цвета и образующих постепенные переходы, с одной стороны, в мраморизованные известняки, а с другой — в асбестоносные серпентиниты.

2. Поисковые критерии и признаки для месторождений амфибол-асбеста

В настоящее время практическое значение имеют три разновидности амфибол-асбеста: крокидолит-, амозит- и антофиллит-асбесты. Промышленно ценные и эксплоатируемые месторождения крокидолит-асбеста и амозит-асбеста известны только на территории Южной Африки — в Капской провинции (крокидолит) и в северо-восточном Трансваале (крокидолит и амозит). Геологическая позиция месторождений названных разновидностей амфибол-асбеста в указанных районах вполне идентична. Месторождения крокидолита и амозита приурочены исключительно к железисто-кремнистым породам (железистые песчаники — banded ironstones), подстилаемым пластами известняков и доломитов. Крокидолит и амозит образуют в железисто-кремнистых породах серию поперечноволокнистых прожилков различной мощности, всегда согласных с напластованием вмещающих пород и никогда не бывающих секущими. Парагенетическими минералами являются магнезит, кальцит, кварц, нонтронит, образующие обычно секущие прожилки в железистых песчаниках.

Благодаря процессам выветривания синий различных оттенков цвет крокидолит-асбеста может переходить в желтый или бурый; при процессах вторичной силисификации крокидолит-асбест может замещаться гриквалandитом и тигровым глазом. В контакте с изверженными жильными породами, прорезывающими железистые песчаники рудника Амоза, геологи Рейнеке и Клур (11) отмечают превращение нормального волокнистого амозита в амозит неволокнистый.

Генезис месторождений крокидолит- и амозит-асбестов выяснен далеко не достаточно. Южноафриканские геологи полагают, что образование этих асбестов происходило в определенных слоях железистых песчаников, обогащенных Na_2C. Некоторые из геологов склонны трактовать условия образования поперечноволокнистых жил крокидолита и амозита аналогично образованию так называемых альпийских жил (Холл, 7): другие (де-Тойт, Пикок, 10) полагают, что жилы эти возникали в железистых песчаниках, богатых натрием, под воздействием гидротерм, привносивших магнезию. Последняя выщелачивалась из доломитовых слоев, всегда подстилающих железистые песчаники, и в тех случаях, когда она не расходовалась на образование жил амфиболов, отлагалась в трещинах, секущих песчаники.

Образование жил шло метасоматическим путем вдоль микроскопических трещин по плоскостям напластования песчаников. Источник гидротерм для месторождений Трансвааля — Бушвельдский интрузивный комплекс, для Капской провинции — неясен.

При имеющихся в литературе сведениях о месторождениях крокидолит- и амозит-асбестов и при наличии промышленных месторождений этих разновидностей асбеста только в одном районе на земном шаре, можно говорить лишь об единственном поисковом критерии для этих ископаемых — о вмещающих породах, которые, надо полагать, и на территории СССР должны быть такими же, как на территории Южной Африки — т. е. железисто-кремнистыми метаморфизованными осадочными породами.

Месторождения антофиллит-асбеста довольно широко развиты на земном шаре и промышленно ценные их представители известны в США, в восточной Финляндии, в СССР

Как для месторождений СССР (Сысертский район на Урале), так и для заграничных установлена постоянная приуроченность залежей антофиллит-асбеста к интрузиям пироксенитов, метаморфизованных под воздействием пневматолитических и гидротермальных эманаций гранитной магмы. В большинстве случаев эти материнские для месторождений антофиллит-асбеста интрузии образуют ксенолиты внутри более молодых гранитных интрузий.

Указанная геологическая позиция месторождений антофиллит-асбеста определяет поисковые критерии для них.

Весьма характерна парагенетическая ассоциация антофиллит-асбеста с тальком и карбонатами преимущественно, а также с серпентином, хлоритом, флогопитбм, являющаяся одним из поисковых признаков.

Как для Сысертских месторождений, так и для некоторых из заграничных характерна генетическая и пространственная связь наиболее богатых залежей антофиллит-асбеста с дайками пегматита или гранита, рассекающими материнские для этих залежей ксенолиты пироксенитов. В контакте с подобными дайками за счет пироксенитов возникают полосы флогопитовой (вермикулитовой) породы, а также линзы, жилы или полосы антофиллит-магнезито-тальковой породы.

Текстура антофиллитовой породы, имеющая большое значение для практического использования последней, целиком определяется, повидимому, текстурой материнских для этой породы пироксенитов. По крупно- или грубозернистому пироксениту возникает антофиллитовая порода крупнопучковатой текстуры, содержащая волокно антофиллит-асбеста до 1-го сорта включительно; по участкам мелкозернистого пироксенита возникает руда звездчатой текстуры, содержащая коротковолокнистый асбест. Значительно реже вдоль трещин в метаморфизованных пироксенитах возникает продольно-волокнистый антофиллит-асбест, доставляющий наиболее длинное волокно, которое является редкостью даже в наиболее богатых залежах этого ископаемого.

Таким образом, наиболее благоприятными материнскими породами для промышленно ценных залежей антофиллит-асбеста являются крупно- и грубозернистые пироксениты, образующие ксенолиты внутри более молодых гранитных интрузий, в особенности же те участки пироксенитов, которые рассечены дайками жильных дериватов гранитной магмы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лодочников В. Н. Серпентины и серпентиниты. Труды ЦНИГРИ, вып. 38, 1936.
2. Татаринов П. М. К методике поисков и разведок месторождений хризотил-асбеста. Мат. к методологии поисков и разведок полезных ископаемых. Гос. геол.-развед. изд., 1932.
3. Татаринов П. М., Кузнецов В. А. и Филатов К. С. Геологические исследования в районе Актовракского месторождения хризотил-асбеста в верховьях р. Енисея. Труды ЦНИГРИ, вып. 13, 1934.
4. Татаринов П. М. Асбест. Курс нерудных месторождений. ОНТИ, 1934.

Он же. Восточная полоса габбро-периодотитовых интрузий Среднего Урала. Петрография СССР, серия I, вып. 9, Изд. Акад. Наук СССР, 1940.
6. Он же. Структура рудного поля Баженовского асбестового района. Материалы ВСЕГЕИ, Полезные ископаемые, вып. 4, 1948
7. Hall A. L. Aslestos tn the Union of South Africa. Geol. Surv. of Union S. A. Mem. № 13, sec, ed., 1930.
8. Cooke H. C. Thetford, Disraeli and eastern Half of Varwick map-areas, Quebec. Geol. Surv. of Canada, Mem. 211, № 2440, 1937.
9. Keep T. E, Some practical Hints in connection with chrysotile asbestos. Trans. of. the geol. Soc. of S. Africa, v. XXXIII, 1931
10. Peacock M. A. The natare and origin on the amphibole asbestos of S. Africa. Amer. Min, № 13, 1928.
11. Reinecke L. and Mc. Clure L. Variation in the Quality of Amosite Asbestos at Penge, Transvaal. Trans. Geol. Soc. of S. Africa, v. XXXVI, 1934.