Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIX, вып. 2, 1965 г.

УДК 553.065.3 (479.2)

ОБ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АГАТА ЗАКАВКАЗЬЯ

Н. А. Аркадьев

В геологической литературе условия образования месторождений агата освещены очень односторонне. В большинстве опубликованных работ, посвященных генезису агата, в основном рассматривается механизм заполнения халцедоном пустот в породах и образование полосчатости агатов. Однако для поисков месторождений агата необходимы поисковые критерии, которые могут быть разработаны лишь на основе ясных представлений об условиях образования месторождений.

Вмещающими породами для всех месторождений агата Закавказья являются вулканогенные образования, преимущественно андезитового состава. Месторождения агата Ахалцихского района Грузинской ССР локализуются или в стекловатых андезитовых покровах, или в толще андезитовых туфобрекчий и туфоконгломератов. По возрасту породы относятся к верхам среднего, низам верхнего эоцена.

В Калининском районе Армянской ССР месторождения агата сформировались в андезитовых покровах и туфобрекчиях эоценового возраста, а на территории Иджеванского района той же республики — в андезитовых порфиритах верхнемелового (?) возраста.

Еще в 1937 г. приуроченность месторождений агата Закавказья к лавовым покровам рассматривалась В. К. Мелналкснисом как результат отложения халцедона из растворов, образовавшихся при застывании лавовых покровов. В настоящее время такая точка зрения не находит подтверждения уже потому, что не может объяснить образования месторождений в туфобрекчиях и туфоконгломератах.

Как известно,* размещение месторождений агата в районах Закавказья контролируется разрывными тектоническими нарушениями. В Ахалцихском районе Грузинской ССР месторождения размещены в виде двух почти широтных цепочек вдоль северной и южной границ Ахалцихской тектонической депрессии. К северу от депрессии месторождения залегают в толще стекловатых черных андезитов 500—700-метровой мощности. По возрасту эта толща относится к самым верхам среднего эоцена. Совместно с осадочными верхнеэоценовыми и нижне-среднеолигоценовыми отложениями депрессии андезиты были дислоцированы в течение основной для района верхнеолигоценовой-нижнемиоценовой фазы складчатости.

Толща стекловатых андезитов залегает в крутом южном крыле Абастумани-Боржомской антиклинали, которое осложнено серией флексурообразных изгибов. Эти изгибы выражаются в чередовании участков

* Н. А. Аркадьев. Геологические предпосылки поисков месторождений технического агата на примере районов Закавказья. Изв. МВО СССР, серия геол. и разв., № 9, 1963.

сравнительно пологого (20—40°) залегания пород и участков, на которых породы падают под углом 70—80° и даже приобретают вертикальное и несколько опрокинутое на юг залегание.

В современном эрозионном срезе в центре района намечается один флексурообразный изгиб черных стекловатых андезитов, вдоль которого в последних возникли зоны дробления мощностью от 60 до 120 *м*. Такие зоны дробления прослеживаются в андезитах с перерывами до 4—5 *км*, имеют близкое к широтному простирание и очень нечеткие границы в плане.

На востоке и западе района флексурообразные изгибы перерастают в наклоненные на юг антиклинальные и синклинальные складки. По осевым плоскостям складок развились крутые надвиги (взбросы), по которым пологие северные крылья антиклиналей оказались надвинутыми на крутые южные крылья.

Таким образом, зоны дробления, возникшие вдоль флексурообразного изгиба толщи хрупких стекловатых андезитов, и взбросы, развившиеся по осевым плоскостям складок, можно рассматривать как разрывные нарушения, которые сформировались при едином плане деформации пород, проявившейся с неодинаковой интенсивностью в различных по простиранию участках южного крыла Абастумани-Боржомской антиклинали. Вдоль взбросов внедрились дайки, а в зонах дробления стекловатых андезитов отмечается большое количество некков и жильных тел сложной формы, сложенных андезитами, андезито-базальтами и, реже, базальтами или андезито-дацитами.

В зонах дробления стекловатые андезиты интенсивно изменены гидротермальными растворами. Изменение пород выражается в разложении вулканического стекла с образованием хлорита, кальцита, цеолитов и халцедона. Все месторождения агата, расположенные вдоль северной границы Ахалцихской депрессии, приурочены к зонам дробления и гидротермального изменения смоляно-черных андезитов.

Размещение месторождений агата вдоль южной границы Ахалцихской депрессии контролируется двумя продольными разрывными нарушениями, которые прослеживаются в южном и северном крыльях крупной, наклоненной на юг антиклинали. Вблизи северного нарушения в юго-западной части депрессии расположены месторождения, на которых агатовая минерализация локализуется в различных горизонтах туфоконгломератов и туфобрекчий. Эта толща относится к оверскому ярусу верхнего эоцена, залегает в пологом (30—35°) северном крыле антиклинали.

На одном из таких месторождений агатовая минерализация приурочена к горизонту десятиметровой мощности, сложенному крупноглыбовой туфобрекчией с рыхлым цементом. Туфобрекчии, подстилающие и перекрывающие этот горизонт, отличаются очень плотным цементом. Вероятно, они были трудно проницаемыми для гидротермальных растворов, поэтому не содержат агатовой минерализации.

На остальных месторождениях агатоносным является один и тот же горизонт туфобрекчий семиметровой мощности, который сложен остроугольными андезитовыми обломками, сцементированными плотным зеленым туфовым материалом. В этом цементе залегают цилиндрические выделения агата, образовавшиеся путем замещения погребенных древесных стволов агатом при гидротермальном процессе.

В зоне разрывного нарушения, контролирующего размещение месторождений агата на юго-западе Ахалцихской депрессии, отмечались участки повышенной трещиноватости пород, насыщенные агатовыми прожилками.

К востоку от названных месторождений — в южном крыле антиклинали — расположены два месторождения, на которых агатовая минерализация локализуется в покрове диабазов шарового строения. В зоне нару-

шения, проходящего вдоль южного крыла антиклинали, диабазы раздроблены и изменены гидротермальными растворами. Скопления агата на этих месторождениях расположены по трещинам и межшаровым полостям в диабазах.

Вдоль разрывных нарушений, проходящих по южной границе Ахалцихской депрессии, отмечаются мелкие штоки и дайки андезитов и андезито-базальтов. Как по петрографическому составу, так и по времени образования они, вероятно, идентичны мелким субвулканическим телам, внедрившимся в зоны дробления стекловатых андезитов на севере Ахалцихской депрессии.

Четкий контроль агатовой минерализации тектоническими нарушениями устанавливается и для месторождений агата Калининского района Армянской ССР. Здесь, в вулканогенных образованиях эоцена более чем на 20 *км* прослеживается мощная зона рассланцевания и окремнения пород на СЗ 320°. От нее к северу отходят меридиональные зоны дробления, одна из которых прослежена на 500 *м* в туфобрекчиях при ширине от 50 до 150 *м*, а другая — на 200 *м* при ширине 40—60 *м*. Зоны дробления, имеют очень нечеткие границы и слабо извилистые очертания в плане. По-видимому, зона рассланцевания является одной из ветвей крупного правого сдвига, а оперяющие ее зоны дробления — структурами растяжения или раздвигами, к которым приурочена агатовая минерализация.

Агатовая минерализация на месторождении, расположенном в Иджеванском районе Армянской ССР, также локализуется в зоне разрывного нарушения сложного строения. Андезитовые порфириты вблизи этого нарушения сильно изменены. Изменение выражается в интенсивной хлоритизации и карбонатизации пород.

Для месторождений агата Калининского и Иджеванского районов Армянской ССР также характерны мелкие субвулканические интрузии андезитового состава. Эти интрузии представлены небольшими дайками или жильными телами неправильной формы, расположенными вдоль разрывных нарушений, которыми контролируется агатовая минерализация.

Отчетливый контроль агатовой минерализации разрывными тектоническими нарушениями, присущий месторождениям агата Закавказья, характер изменения пород, выраженный в хлоритизации, карбонатизации и цеолитизации и, наконец, комплекс сопутствующих агату минералов, таких как кварц (аметист), опал, цеолиты и апофиллит, — все это позволяет считать месторождения агата гидротермальными низкотемпературными образованиями.

Вопрос об источнике гидротермальных растворов рассмотрим на примере Ахалцихских месторождений. На этих месторождениях агатовая минерализация находится в тесной пространственной связи с некками и жильными телами неправильной формы, сложенными преимущественно андезитами и андезито-базальтами. Приуроченность этих тел к разрывным нарушениям, сформировавшимся в процессе основной для района фазы складчатости, позволяет отнести их к послескладчатым образованиям. По петрографическому составу они очень близки к лавовым покровам киссатибской (годердзской) вулканогенной свиты, породы которой на юге Ахалцихской депрессии со структурным несогласием залегают на более древних отложениях.

Все это дает возможность считать некки и жильные тела андезитов и андезито-базальтов комплексом субвулканических малых интрузий, сформировавшихся в течение послескладчатого этапа вулканизма, с которым связано образование вулканогенных пород Киссатибской свиты.

Субвулканические интрузии, залегающие в зонах дробления и гидротермального изменения стекловатых андезитов, сами лишь в очень слабой

степени затронуты процессами изменения. В основном они сложены совершенно свежими, неизмененными породами, в которых лишь изредка отмечались маломощные прожилки агата. Субвулканические интрузии, будучи послескладчатыми образованиями, не подвергались, по-видимому, процессам дробления, и в них отсутствовали трещины, способствующие циркуляции гидротермальных растворов. Кроме того породы, слагающие такие интрузии, раскристаллизованы несколько лучше, чем стекловатые андезиты. В них, например, не встречена перлитовая структура, характерная для стекловатых андезитов. Как показали наблюдения над слабо измененными разностями андезитов, со сфероидальных трещинок перлитовой отдельности нередко начинается процесс изменения породы.

Все же ряд фактов свидетельствует о том, что гидротермальная деятельность проявилась в районе после внедрения по крайней мере части малых субвулканических интрузий, а следовательно, и после основной для района нижнемиоценовой фазы складчатости. Это подтверждают как случаи нахождения агатовых прожилков, секущих интрузивные тела, так и случаи обогащения скоплениями агата стекловатых андезитов, залегающих в лежачем боку сравнительно пологих жильных тел изверженных пород. Последние, по-видимому, служили иногда локальными экранами для гидротермальных растворов.

Имеются факты, на основании которых определяется и верхний возрастной предел гидротермальной деятельности. В Ахалцихском районе существуют разрывные нарушения, швы которых совершенно не минерализованы. По этим нарушениям-надвигам произошло перемещение крупных блоков пород в северном направлении, и в зоне их действия складки приобрели переориентировку наклона с южного на северный. Возникновение таких нарушений связывается с более поздней доверхнеплиоценовой фазой складчатости, вызвавшей слабую дислокацию пород годердзской (киссатибской) свиты. Возраст складчатости определяется на основании того, что горизонтально лежащие покровы андезито-дацитов и дацитов верхнеплиоценового возраста залегают со структурным несогласием на более древних отложениях, в том числе и на породах киссатибской свиты. Следовательно, и возраст разрывных нарушений, швы которых не несут следов гидротермальной деятельности, также доверхнеплиоценовый.

Таким образом, остается предположить, что в Ахалцихском районе гидротермальная деятельность происходила между двумя фазами складчатости и время проявления агатовой минерализации совпадает с вулканическим этапом, в течение которого были сформированы как отложения годердзской (киссатибской) свиты, так и субвулканические тела андезитов и андезито-базальтов. По-видимому, гидротермальные растворы и субвулканические тела парагенетически связаны и являются производными одного и того же магматического очага в определенный этап его развития. Такие же взаимоотношения между агатовой минерализацией и субвулканическими малыми интрузиями характерны и для остальных месторождений агата Закавказья.

Интересно, что на небольших месторождениях марганца, расположенных в Иджеванском районе в близком соседстве (около 3 *км*) с агатовым месторождением, в рудных телах помимо марганцевых минералов присутствуют кварц, кальцит, халцедон (агат) и барит. Генезис этих марганцевых месторождений, по мнению И. Г. Магакьяна *, сложный, частично осадочный, частично гидротермальный и связан с невскрытыми корнями эффузивов. Не исключено, что растворы, образовавшие Иджеванское месторождение агата, вызывали также перекристаллизацию

---

* И. Г. Магакьян. Металлогения Армении. Изд-во АН АрмССР, 1954.

и частичное переотложение осадочных руд Саригюхского месторождения марганца.

Тесная парагенетическая связь агатовой минерализации с субвулканическими интрузиями свидетельствуют о том, что месторождения агата являются месторождениями малых глубин или приповерхностными.

Важным для месторождений агата является вопрос об источнике кремнезема: привносится ли он из магматического очага или извлекается из вмещающих месторождения пород в процессе их изменения. Для выяснения химической стороны процесса изменения выполнены химические анализы измененных и неизмененных пород месторождений, расположенных по северной границе Ахалцихской депрессии и Иджеванского месторождения. При этом определена объемная масса исследуемых пород с последующим пересчетом весовых процентов окислов каждой породы на единицу ее объема. На основании таких анализов геологами Я. А. Драновским, В. А. Макаровым и Б. Н. Шароновым показано, что общим для процесса изменения пород является огромный вынос кремнезема и большой вынос щелочей со значительным уменьшением объемной массы породы. Количество выносимого кремнезема во много раз превышает содержание этого минерала на самых обогащенных участках месторождений. По-видимому, подавляющее количество кремнезема расходуется на образование мелких выделений халцедона по трещинкам и мелким пустотам пород, а также на образование сопутствующих агату минералов, таких как кварц, опал, цеолиты, апофиллит. Лишь незначительная часть вынесенного из пород кремнезема идет на образованию крупных выделений агата.

Таким образом, для образования месторождений агата необходимы следующие условия.

1. Широкое развитие вулканических пород, которые в процессе гидротермальной деятельности наиболее легко подвержены разложению с выделением в растворы больших количеств кремнезема. Вулканические породы очень легко растрескиваются при тектонических деформациях, что благоприятствует циркуляции гидротермальных растворов, и способны к длительному сохранению полостей деформации в раскрытом состоянии. Последний фактор, а также наличие у вулканогенных пород первичных пустот (таких как газовые полости в пузырчатых лавах и межшаровые пустоты в подушечных лавах) способствуют образованию крупных выделений агата.

2. Наличие в геологической истории района этапа повышенной тектонической активности, в процессе которого деформируются вулканогенные породы и образуются разрывные нарушения, служащие подводящими каналами для гидротермальных растворов. Зоны дробления, связанные с тектоническими нарушениями, сами нередко являются участками локализации месторождений агата.

3. Наличие вулканической деятельности, протекавшей после возникновения тектонических нарушений в ранее образованных вулканогенных породах. Магматический очаг позднего вулканизма является источником гидротермальных растворов.

Эти условия можно отнести к категории региональных поисковых критериев, которые помогают выбрать районы для поисков месторождений агата.

К локальным поисковым критериям, применяемым уже непосредственно в процессе поисковых работ, следует относить участки сильно дислоцированных вулканогенных пород, в которых можно встретить зоны интенсивного дробления, отдельные разрывные нарушения, образовавшиеся в период между этапами вулканической деятельности, а также толщи, свиты или горизонты, имеющие в составе вулканогенные породы, текстурные особенности которых благоприятны для

формирования крупных выделений агата (шаровые лавы, покровы шлакового строения).

Исходя из рассмотренных в статье региональных поисковых критериев, можно предположить, что южная тектоническая зона Аджаро-Триалетской складчатой системы очень перспективна для проведения поисков месторождений агата. Наибольший интерес представляет западная часть Ахалцихской депрессии, еще слабо изученная на агатоносность. Геологическая обстановка этой территории идентична району ахалцихских месторождений. Интересны также площади, примыкающие с востока к Ахалцихской депрессии, особенно территории у долины р. Гуджарети.