Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им. Г.В.Плеханова, т.ХУШ, вып. 2, 1975 г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАРБОНАТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИСЛАНДСКОГО ШПАТА

А.В.СКРОПЫШЕВ

Карбонатометрический метод основан на изучении ореолов рассеяния кальцита – первичных и вторичных, которые являются важнейшими прямыми поисковыми признаками месторождений этого минерала. При поисках месторождений исландского шпата существующими методами (геологической съемки, обломочно-речным) их используют лишь частично. Исследователи обращают внимание только на крупнообломочные механические (вторичные) ореолы рассеяния, а также на наличие в коренных породах прожилков или вкрапленности кальцита, представляющих собой первичные (макро) ореолы рассеяния.

При карбонатометрическом методе изучают и используют все многообразие первичных и вторичных ореолов рассеяния кальцита (минерала), возникающих вокруг кальцитовых тел, в том числе и прозрачной его разновидности – исландского шпата. Карбонатометрический метод в современном его состоянии может обеспечить выявление скоплений кальцита независимо от его качественных отличий. Это могут быть известняки, кварц-карбонатные породы, карбонатиты, жильные образования кальцита и месторождения кристаллов исландского шпата. По характеру ореолов рассеяния и особенностям геологического строения исследуемой территории почти всегда можно отличить площади, слагаемые карбонатными породами, от эндогенных скоплений кальцита. Месторождения же исландского шпата отличить по характеру ореолов рассеяния от обособлений непрозрачного кальцита только карбонатометрическим методом, конечно, нельзя. Для этого, вероятно, можно использовать разрабатываемый термолюминесцентный анализ проб.

При разработке карбонатометрического метода исходили из главных теоретических положений:

1. Месторождения исландского шпата в туфах и малых интрузиях долеритов, располагающиеся на площадях развития туфогенных пород Си-

бирской платформы, образованы гидротермальными процессами. На основании геолого-минералогических и петрохимических исследований установлено[x], что кальцит в основном образовался за счет привноса углекислого газа восходящими растворами, а кальций частично привносился с глубины и извлекался из кальцийсодержащих минералов вмещающих пород. При этом в полостях, возникающих в результате дорудного дробления, а также на участках выщелачивания вмещающих пород, при благоприятных физико-химических условиях образовывалось иногда несколько генераций кальцита, в том числе скопления крупных кристаллов исландского шпата и сопутствующих минералов.

Вмещающие же породы в зависимости от их состава, структурно-текстурных особенностей, степени развития дорудной трещиноватости, а также от состава поступающих растворов подвергались гидротермальной переработке: карбонатизации, хлоритизации, цеолитизации. Кальцит в форме прожилков, иногда в виде вкрапленников, миндалин, пленок как бы окаймляет рудные тела. Они то и представляют собой первичные ореолы, или в зависимости от характера дорудной трещиноватости, – потоки рассеяния кальцита. Такие первичные ореолы рассеяния встречаются в большем объеме, чем сами рудные тела.

Морфология, размеры и степень контрастности первичных ореолов и потоков рассеяния зависят от формы и размеров рудных тел, от состава, структуры, текстуры, степени трещиноватости вмещающих пород и др.

Следовательно, изучение первичных ореолов рассеяния может быть успешно использовано для поисков кальцитовых рудных тел, выходящих на современную поверхность коренных пород, для обнаружения "слепых" рудных тел, еще не вскрытых эрозионными процессами, а также при разведке (при прослеживании и оконтуривании) глубинных частей месторождений.

2. Вторичные ореолы рассеяния месторождений кальцита возникают в результате разрушения как самих рудных тел, так и их первичных ореолов рассеяния. Продукты разрушения по своему фазовому состоянию могут быть: гидрохимическими, солевыми, механическими, биохимическими[xx].

Г и д р о х и м и ч е с к и е ореолы рассеяния. Известно, что растворимость кальцита при атмосферном давлении и температуре 16°С в чистой воде (без окиси углерода) ничтожна и составляет 13 мг/л. Растворимость кальцита увеличивается при наличии в воде растворенного углекислого газа вследствие образования легкорастворимого бикарбоната кальция $Ca[HCO_3]_2$:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons Ca[HCO_3]_2 \ .$$

---

x) А.В.Скропышев , А.Л.Кукуй. Исландский шпат. "Недра", 1973.

xx) Биохимические ореолы рассеяния автор статьи не изучал, поэтому здесь не рассматривает.

Поэтому при P_{CO_2} = 1 атм растворимость $CaCO_3$ при той же температуре достигает 1100 мг/л, а при P_{CO_2} = 56 атм составляет 3930 мг/л, по сравнению с растворимостью в чистой воде увеличивается соответственно в 84 и 264 раза.

Зависимость растворимости $Ca[HCO_3]_2$ от температуры обратная: с повышением температуры при одном и том же парциальном давлении углекислого газа растворимость уменьшается, потому что уменьшается растворимость CO_2. Это свидетельствует о том, что, несмотря на резко континентальный и достаточно холодный климат, в пределах центральной части Сибирской платформы имеются благоприятные условия для образования гидрохимических ореолов и потоков рассеяния.

Следовательно, атмосферные и грунтовые воды, омывающие кальцитовые тела, их первичные и вторичные (солевые и механические) ореолы рассеяния могут растворять кальцит, насыщаться бикарбонатом кальция и образовывать гидрохимические ореолы и потоки рассеяния. Изучение таких ореолов может оказаться полезным для выявления перспективных площадей для поисков месторождений исландского шпата и прогнозирования скрытых, не выходящих на поверхность коренных пород, кальцитовых тел. Гидрохимические ореолы рассеяния важны еще и как фактор, способствующий образованию солевых ореолов рассеяния.

С о л е в ы е ореолы рассеяния. Понижение общего внешнего давления раствора приводит к понижению и парциального давления углекислого газа, а следовательно и к его улетучиванию из раствора, а это вызывает разрушение ионов $[HCO_3]$. Поэтому из раствора выпадает нормальная соль кальция $CaCO_3$.

Таким образом, солевые ореолы рассеяния могут образовываться при перемещении грунтовых вод, насыщенных бикарбонатом кальция, из областей с высоким парциальным давлением углекислого газа (с глубины) в области низкого давления (к дневной поверхности), а также за счет растворения верхних горизонтов рудных тел (и их ореолов рассеяния) грунтовыми и атмосферными водами, содержащими некоторое количество растворенного углекислого газа. При этом растворы, обогащенные бикарбонатом кальция, по капиллярам, а также путем диффузии перемещаются в верхние горизонты разреза рыхлых отложений. Здесь, особенно в сухое время года, в результате испарения раствор становится пересыщенным и из него выпадает $CaCO_3$.

Таким образом, в рыхлых отложениях над кальцитовыми телами и их первичными ореолами рассеяния возникают солевые ореолы рассеяния кальцита, а при движении кальцитсодержащих растворов в определенных направлениях, обусловленных степенью трещиноватости пород или рельефом местности, образуются потоки рассеяния.

М е х а н и ч е с к и е ореолы рассеяния. Наибольшее же поисковое значение имеют механические и смешанные ореолы рассеяния. Как известно, механические ореолы рассеяния являются в основном продуктами физического выветривания рудных тел и их первичных ореолов рассеяния. Следует особо отметить, что исследуемая территория характеризу-

ется резко континентальным климатом, а это способствует широкому развитию механических процессов разрушения пород и руд.

По степени крупности обломков и их агрегатному состоянию продукты физического выветривания целесообразно разделить на группы:

Крупнообломочные	От 2 см и крупнее
Среднеобломочные	От 1 мм до 20 мм
Мелкообломочные	От сотых долей миллиметра до 1 мм
Тонкодисперсные	Менее 0,01 мм

Все перечисленные группы обломочного материала встречаются в элювии, делювии и аллювии. Однако соотношение групп и их поисковое значение неодинаково. Крупнообломочные продукты разрушения рудных тел в форме остроугольных глыб наиболее развиты в элювии, делювии и аллювии на тех участках, где происходит быстрое понижение базиса эрозии. Такие механические ореолы рассеяния кальцита легко обнаруживаются любыми методами поисков, и их поисковое значение не нуждается в доказательствах.

Среднеобломочные механические ореолы рассеяния возникают, разумеется, одновременно с крупнообломочными и за счет их, но бывают широко развиты и при отсутствии крупных обломков. Размеры и поверхность обломков свидетельствуют о меньшей скорости и большей продолжительности процессов физического и отчасти химического разрушения кальцита. Обломки минерала таких размеров могут быть обнаружены макроскопически при исследовании рыхлых отложений, но требуют уже большей внимательности.

Мелкообломочные и тонкодисперсные продукты разрушения образуются при еще более длительных процессах физического и химического разрушения рудных тел. Они практически не могут быть обнаружены невооруженным глазом. При существующих методах поисков (геологическая съемка, обломочный метод и др.) такие продукты разрушения не используются. Однако вследствие своих адсорбционных свойств они часто содержат в себе и солевые ореолы рассеяния. Следовательно, по существу являются смешанными (механическими и солевыми) ореолами рассеяния. Поскольку именно эти мелкообломочные, тонкодисперсные и смешанные (солевые и механические) ореолы и потоки рассеяния имеют наибольшее значение при карбонатометрическом методе поисков, то на их характеристике остановимся несколько подробнее.

Указанные продукты физического разрушения кальцитовых тел, их первичных ореолов рассеяния сосредоточены, главным образом, в элювиальных, делювиальных и отчасти в пролювиальных отложениях. Они находятся также и в аллювии, но, как правило, далеко перемещены от источника образования, очень сильно рассеяны и не могут иметь поискового значения.

Размеры в плане ореолов рассеяния, представленных мелкообломочной и пылевидной фракциями элювиального происхождения, определяются

размерами и морфологией кальцитовых тел и первичных ореолов рассеяния. Вторичные ореолы рассеяния располагаются непосредственно над кальцитовыми телами, а размеры их в плане всегда превышают площади, занимаемые рудными телами. При этом степень превышения определяется мощностью рыхлых отложений, а следовательно и степенью рассеяния кальцита: чем больше мощность рыхлых отложений над кальцитовыми телами, тем больше степень рассеяния кальцита и площадь вторичного ореола рассеяния. Когда рудные тела расположены близко друг к другу, их ореолы рассеяния будут перекрываться и форма "объединенного" ореола может значительно усложниться.

Строение элювиальных ореолов рассеяния определяется степенью различия физических свойств (объемного веса, крепости, хрупкости) кальцита и вмещающих их пород. Шпатоносные тела, располагающиеся в туфогенных отложениях, а также в малых интрузиях долеритов состоят в основном из кальцита незначительным количеством цеолитов (главным образом десмин, иногда шабазит), кварца, анальцима, магнетита, граната. Хотя физические свойства перечисленных минералов различны, но так как преобладающим является кальцит, то на его поведение в рыхлых отложениях они существенно не влияют. Вмещающие же породы кальцитовых тел различных типов месторождений значительно отличаются. Когда кальцитовые тела располагаются в малых интрузиях долеритов, строение ореолов рассеяния кальцита определяется особенностями физических свойств вмещающих пород: значительной крепостью, химической устойчивостью, бо́льшим объемным весом. Поэтому при физическом выветривании продукты разрушения кальцита вытесняются тяжелыми частичками вмещающих пород в более высокие горизонты рыхлых отложений. Следовательно, в вертикальном и горизонтальном направлениях происходит значительное рассеяние частиц кальцита. При этом ореолы рассеяния будут занимать значительные площади, но характеризоваться малой контрастностью.

Когда кальцитовые тела залегают непосредственно в туфогенных отложениях: в туфах, туфобрекчиях и т.п., их ореолы рассеяния характеризуются большей контрастностью и меньшей протяженностью, так как вмещающие туфогенные породы по сравнению с кальцитом обладают меньшей твердостью, значительной рыхлостью, небольшим объемным весом. Поэтому продукты разрушения кальцита будут сосредоточиваться преимущественно в нижних частях разреза рыхлых отложений, непосредственно у коренного источника. Рассеяние их в вертикальном и горизонтальных направлениях будет меньшее, по сравнению с месторождениями, приуроченными к долеритам.

Однако следует иметь в виду, что рудные тела месторождений располагаются в маломощных (крутопадающих) дайках или в небольших куполовидных интрузиях долеритов, окруженных туфогенными породами. В этих случаях вышеуказанные закономерности значительно затушевываются, так как продукты разрушения кальцита перемешиваются с обломками долеритов и туфогенных образований.

Мелкообломочные и тонкодисперсные фракции ореолов и потоков рассеяния кальцита делювиального происхождения всегда в той или иной степени вытянуты вниз по склону относительно коренного источника их образования. При этом форма делювиального ореола рассеяния зависит от морфологии разрушающегося коренного рудного тела, направления его простирания, особенностей рельефа (крутизны склона), продолжительности эрозии и др. Если простирание коренного источника совпадает с направлением протяженности склона, ореол рассеяния будет иметь форму трапеции. Когда простирание кальцитового тела перпендикулярно протяженности склона, ореол рассеяния имеет форму треугольника, вершина которого располагается у коренного источника.

Строение делювиальных ореолов рассеяния и степень их контрастности определяются в основном теми же факторами, что и элювиальных ореолов рассеяния. Однако в делювии материал перемещается под действием силы тяжести вниз по склону. При этом происходит некоторое истирание, перемешивание и дифференциация частиц в зависимости от их объемного веса. Отличие делювиальных ореолов рассеяния от элювиальных заключается еще и в том, что в них содержится меньше тонких пылеватых частиц, так как они обычно вымываются поверхностными водами и выносятся к подножию склона и далее в аллювий. Менее благоприятны здесь и условия для сохранения солевых ореолов рассеяния; значительная их часть также будет смещаться вниз по склону и уноситься водными потоками.

Мелкообломочные тонкодисперсные и солевые продукты разрушения кальцитовых тел, попадая в аллювий, подвергаются еще большему рассеянию. Это происходит, во-первых, потому, что по объемному весу кальцит существенно не отличается от большинства породообразующих минералов, во-вторых, из-за невысокой твердости и сравнительно легкой растворимости он быстро истирается, переходит в тонкодисперсную фракцию. При благоприятных условиях кальцит растворяется, образуя гидрохимический ореол рассеяния.

Следовательно, мелкообломочная фракция кальцита как в современных, так и особенно в древних аллювиальных отложениях, вероятно, не может быть использована для поисков кальцитовых тел. Поэтому значительные площади, представляющие собой пойменные и более высокие речные террасы, а также сильно заболоченные участки следует считать неблагоприятными для проведения на них поисковых работ карбонатометрическим методом.

Успех поисков во многом зависит от знания и первостепенного учета геологического строения изучаемой территории, поэтому перед проведением поисков карбонатометрическим методом необходимо проанализировать имеющиеся геоморфологические и геологические материалы. Все известные геологические закономерности, контролирующие пространственное распределение месторождения кристаллов исландского шпата и их поисковые признаки, должны являться важнейшим основанием при выборе территории для постановки поисков и разработки их методики.

Ореолы рассеяния кальцита изучают опробованием коренных пород или рыхлых отложений по определенной системе в зависимости от задач поисков, особенностей геологического строения территории и геоморфологической обстановки.

Методику и технику карбонатометрического метода, основанную на изучении ореолов рассеяния в твердой фазе (механические и смешанные – механические и солевые),[x)] уже внедряют в производство. Исследования гидрохимических ореолов рассеяния бикарбоната кальция еще не проводились. Из вышеизложенного следует, что использование гидрохимических ореолов при определении перспективных территорий и поисках самих месторождений исландского шпата будет весьма эффективным.

---

x) А.В.Скрипцов, Л.М.Парташников, Ж.А.Николина. Карбонатометрический метод поисков месторождений исландского шпата. Зап. ЛГИ, 1974, т.64, вып. 2.