Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института, том XXXI, 1955 г.

Доц. А. Е. КАРЯКИН

ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ НА ХРУСТАЛЬНЫЕ ГНЕЗДА ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

I. СТРАТИГРАФО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

Даже беглый обзор геологической карты хрусталеносной полосы Приполярного Урала приводит к заключению о том, что многочисленные месторождения пьезооптического кварца локализуются в метаморфической толще протерозоя и нижнего силура, а на северо-востоке совершенно четко оконтуриваются выходами пород третьей свиты. Заметим, что нижняя свита сложена преимущественно слюдистыми сланцами, средняя — кварцитами и верхняя — известняками. Следовательно, расчленение метаморфической толщи Приполярного Урала характеризует не только относительный возраст свит, но и особенности химического состава пород. Поэтому в пределах хрусталеносной полосы стратиграфические поисковые признаки неразрывно связаны с литологическими. Кроме того, зависимость минерального состава хрустальных гнезд от химизма вмещающих пород вполне определенно намечается даже в региональном масштабе: существенно кварцевые породы — сланцы протерозоя и кварциты нижнего силура насыщены гнездами с кристаллами кварца, а известняки верхней свиты хрустальных погребов не содержат.

Геологическими исследованиями достоверно установлено, что насыщенность слюдистых сланцев кварцевыми жилами значительно большая, чем кварцитов и кварцитовых конгломератов. Как известно, многие исследователи считают, что промышленные хрустальные гнезда пространственно и генетически связаны только с кварцевыми жилами. Отсюда был сделан вывод: хрусталеносность сланцев выше потому, что в них преимущественно локализуются кварцевые жилы. В течение многих лет поисковые работы были сконцентрированы главным образом в слюдистых сланцах, поэтому вполне естественно, что и месторождения пьезокварца открывались только в сланцах протерозоя.

В 1940 г. в кварцитах водораздела рр. Парнук, Хобе-ю и Маньхобе-ю было открыто знаменитое месторождение Верхний Парнук. После открытия этого месторождения детальные поисковые работы начали производиться и в кварцитах, но опять-таки только в тех из них, которые были насыщены кварцевыми жилами. Кварциты же, не содержащие кварцевых жил, считались нехрусталеносными и детальным исследованиям не подвергались. Однако в 1946—1947 гг. в кварцитах Вангурского горного массива, ранее считавшихся нехрусталеносными из-за почти полного отсутствия в них кварцевых жил, было обнаружено много кристал-

лов кварца и хрустальных гнезд, пространственно не связанных с кварцевыми жилами.

В процессе разведки этих находок были открыты следующие месторождения, залегающие в толще кварцитов: Хрустальное, Скалистое, Медвежье, Орлиное, Юбилейное, Харота и Дальнее. В 1949 г. в кварцитах хребта Малды было обнаружено три месторождения пьезокварца: Восточная Малды, Центральная Малды и Западная Малды. В 1950 г. в кварцитах горы Пирамида было открыто крупное промышленное месторождение Черное. В 1951 г. в кварцитах хребта Псевдо-Чендер, а в 1952 г. в кварцитах горы Высокая были открыты точно такие же хрусталеносные зоны, как и на месторождении Пирамида.

Многолетними разведочными работами экспедиции установлено, что хрусталеносные кварцевые жилы, залегающие в сланцах, как правило, содержат только по одному хрустальному гнезду. Хрусталеносные же кварцевые жилы, залегающие в кварцитах, обычно содержат по нескольку гнезд с кристаллами кварца. Так, например, на месторождении Верхний Парнук в кварцевой жиле № 16 было вскрыто и отработано более 10 хрустальных гнезд, а в кварцевой жиле № 15 — более 25 гнезд с кристаллами кварца. В хрусталеносных кварцевых жилах месторождения Верхний Парнук гнезда с кристаллами кварца локализуются в почти горизонтально залегающих секущих трещинах скалывания. Кроме того, гнезда с кристаллами кварца иногда распространяются и за пределы кварцевых жил (во вмещающие породы), если плоскости секущих трещин имеют значительные размеры. В стенке карьера № 1, пройденного в 1940—1941 гг. по знаменитой кварцевой жиле № 3 месторождения Верхний Парнук, остались небольшие полости с мелкими, но высококачественными кристаллами кварца; все эти полости также расположены в пологозалегающих секущих трещинах скалывания. По всей вероятности, очень крупные по объему хрустальные гнезда содержались в кварцевой жиле № 3, так как из элювиальной части хрусталеносной россыпи, образовавшейся на месте разрушения гнезд, было добыто несколько тонн кристаллов кварца. Всего из этой знаменитой точки было отсортировано около 3000 *кг* кристаллов кварца исключительно высокого качества. Эта точка дала товарной продукции на несколько миллионов рублей. По нескольку хрустальных гнезд было вскрыто и отработано в некоторых кварцевых жилах, залегающих в кварцитах, и на месторождениях Скалистое, Кварцито-Шор, Орлиное, Харота и Дальнее. Более того, хрустальные гнезда (минерализованные трещины), пространственно не связанные с кварцевыми жилами, значительно чаще встречаются в кварцитах, чем в слюдистых сланцах. И, наконец, следует особо подчеркнуть, что все вскрытые за последние годы хрусталеносные зоны на месторождениях Пирамида, Высокое, Псевдо-Чендер, Скалистое и Юбилейное расположены в кварцитах и кварцитовых конгломератах.

У нас нет никакого сомнения в том, что хрусталеносные зоны месторождения Пирамида, прослеженные на несколько сот метров по простиранию, уходят на большую глубину и по падению. В хрусталеносных зонах месторождения Пирамида содержатся сотни, а может быть, и многие тысячи гнезд с кристаллами кварца (минерализованные трещины), пространственно не связанных с кварцевыми жилами. По нашим подсчетам запасы кондиционного сырья, содержащиеся только в двух хрусталеносных зонах месторождения Пирамида, превышают всю добычу сырья Полярно-Уральской экспедиции из всех месторождений хрусталеносной полосы за 10 лет работы на Приполярном Урале. Однако разведка хрусталеносных зон с поверхности производится весьма медленными темпами. В 1952 г., например, изучение хрусталеносных зон месторождения

Пирамида ограничилось незначительной углубкой старых карьеров и проходкой всего лишь двух новых разведочных выработок. Совершенно очевидно, что если наш прогноз о продолжении хрусталеносных зон на глубину подтвердится, то при подземной отработке их можно организовать круглогодовую добычу сырья даже в суровых условиях Приполярного Урала (вместо 2—3 месяцев работы в год), механизировать горные работы и значительно снизить стоимость добычи сырья. Попутно заметим, что, по нашим данным, среднее содержание кондиционного кварца в хрусталеносных зонах месторождения Пирамида значительно выше, чем на любом другом известном нам месторождении Приполярного Урала.

Можно не сомневаться в том, что организация детальных поисковых и разведочных работ в массивах кварцитов хрусталеносной полосы Приполярного Урала независимо от того, имеются в них жилы или нет, полностью оправдает себя открытием новых промышленных месторождений пьезооптического кварца. Хрусталеносность кварцитов обусловливается тем, что, во-первых, при тектонических напряжениях в них значительно легче, чем в слюдистых сланцах, образуются крупные зоны разлома и, во-вторых, щелочные растворы здесь имеют возможность извлекать кремнезем в больших количествах даже при отсутствии кварцевых жил и приводить к образованию крупных хрусталеносных зон.

В свете изложенных фактов становится вполне понятной пространственная связь хрустальных погребов с кварцитами, кварцитовыми конгломератами, кварцитовидными песчаниками и другими существенно кварцевыми породами во всех важнейших хрусталеносных провинциях мира: Приполярном Урале, Памире, Алдане, Швейцарских Альпах, Мадагаскаре и Бразилии. Однако необходимо заметить, что степень концентрации хрусталеносных кварцевых жил и минерализованных трещин в тех или иных породах обусловливается и другими причинами, например положением массива в складчатой структуре, присутствием гранитоидных интрузий, наличием секущих трещин и т. д. Поэтому в полевой обстановке при производстве поисков было бы неправильным руководствоваться каким-либо отдельно взятым поисковым признаком, а необходимо учитывать и целый ряд других геологических факторов, контролирующих расположение месторождений пьезооптического кварца.

II. СТРУКТУРНЫЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

В пределах гранитоидного массива, свиты слюдистых сланцев или толщи кварцитов степень концентрации хрусталеносных кварцевых жил и минерализованных трещин крайне неравномерна. Места максимальной концентрации хрусталеносных кварцевых жил и минерализованных трещин в пределах какого-либо массива контролируются геологическими структурами и приурочены к контактам гранитоидных интрузий с вмещающими породами, к участкам интенсивного проявления дизъюнктивных нарушений и к местам интенсивного проявления складчатых структур.

Зоны контактов гранитоидных интрузий с вмещающими породами. Подавляющее большинство месторождений пьезооптического кварца Приполярного Урала приурочено к контактам гранитоидных интрузий с вмещающими породами. По всей вероятности, контактные зоны, представляя неоднородную среду, имеют наиболее благоприятные условия для развития гнездовмещающих трещин. Кроме того, приуроченность месторождений к контактным зонам гранитоидных интрузий можно объяснить значительным протяжением контактов на глубину, благодаря чему плоскости контактов являются наиболее удобными

швами для развития каналов, способных выводить гидротермальные растворы из магматического очага в верхние горизонты земной коры.

Места интенсивного проявления дизъюнктивных нарушений. Значительное количество месторождений пьезооптического кварца располагается в местах интенсивного проявления тектонических нарушений. Такие участки в поле фиксируются большой насыщенностью породами жильной серии: диабазами, порфиритами и кварцевыми порфирами. Такие месторождения, как Хусь-Ойка, Додо, Омега-Шор, Скалистое, Гранитное, Водораздельное, Николай-Шор и многие другие, приурочены к местам интенсивного проявления пород жильной серии. Кварцевые жилы, хрустальные гнезда и минерализованные трещины перечисленных месторождений или локализуются в тех же трещинах, что и жильные породы, или же располагаются в самостоятельных трещинах, но в пределах этого жильного поля и в непосредственной близости к трещинам жильных пород. Места концентрации жильных пород контролируют локализацию хрустальных гнезд и являются поисковым признаком для месторождений пьезооптического кварца. Территориальная связь кварцевых жил, хрустальных гнезд и минерализованных трещин с породами жильной серии подчеркивает их происхождение от единого магматического очага.

Места интенсивного проявления складчатых структур. Главная структурная форма Приполярного Урала представлена крупным антиклинорием, вытянутым в северо-восточном направлении. Метаморфические породы хрусталеносной полосы являются наиболее древними образованиями и по своему положению отвечают осевой зоне главного антиклинория. Главный антиклинорий осложнен рядом синклинальных и антиклинальных складок самых различных размеров. К местам интенсивного развития этих второстепенных складок приурочено большинство месторождений пьезооптического кварца. Необходимо отметить, что изоклинальный характер этих складок (с моноклинальным залеганием пластов) чрезвычайно усложняет расшифровку складчатой структуры отдельных участков. Поэтому на практике получалось так: сперва обнаруживали месторождение пьезооптического кварца, а уже потом, после детального картирования, устанавливали особенности складчатой структуры, к которой приурочена локализация кварцевых жил, хрустальных гнезд и минерализованных трещин. Это объясняется тем, что в полевой обстановке геологу-поисковику значительно легче обнаружить месторождение, чем решить вопрос о характере складчатой структуры, на которую наложена минерализация горным хрусталем.

Как известно, поисковые критерии облегчают работу поисковика только в том случае, когда они выявляются во много раз быстрее и проще, чем происходит обнаружение самого месторождения. Однако трудность расшифровки характера складчатой структуры жильного поля еще не означает непригодности этого критерия при поисках хрустальных гнезд. Места с интенсивным проявлением складчатости фиксируются частой перемежаемостью пород, многократным повторением в разрезе отдельных свит и поэтому в поле довольно легко выделяются. При геолого-поисковых маршрутах поисковик должен особенно внимательно исследовать такие участки, так как места проявления интенсивной складчатости были наиболее благоприятной средой для развития трещин и локализации в них кварцевых жил и хрустальных гнезд. Детали же вопроса о характере складчатой структуры обнаруженного жильного поля могут быть решены позднее, в процессе проведения геологоразведочных работ и составления крупномасштабной геологической карты месторождения.

III. МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

Весьма важное значение магматических поисковых признаков обусловлено генетической связью кварцевых жил и хрустальных гнезд с кислыми интрузивами гранитоидного состава. Этим, повидимому, объясняется расположение хрусталеносных кварцевых жил и минерализованных трещин в районах распространения кислых интрузивов, преимущественно в зоне внешнего контакта либо в них самих. Характерно, что при наличии крупных интрузивов месторождения располагаются вокруг них, а в самих массивах обычно отсутствуют. Некоторые исследователи это положение приводят в качестве факта, указывающего на отсутствие генетической связи между хрусталеносными кварцевыми жилами и гранитоидными интрузиями. Однако никто из исследователей не может отрицать, что в районах, сложенных одними первично-осадочными породами (слюдистыми сланцами — район горы Сабля, кварцитами и кварцитовидными песчаниками — район хребта Саледы, известняками — район р. Кожим), кварцевые жилы, хрустальные гнезда и минерализованные трещины отсутствуют. Как показывает опыт поисковых работ, осадочно-метаморфические толщи являются хрусталеносными только в том случае, когда они вмещают гранитоидные интрузии или прорезаны дайками изверженных пород.

IV. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

На Приполярном Урале наблюдается полная зависимость рельефа от геологического строения данного участка земной коры. Определенные горные породы отражают особый тип рельефа. Все горные цепи Полярно-Уральского хребта сложены наиболее устойчивыми по отношению к выветриванию породами — кварцитами (горы Нер-Ойка, Кварцитная, Скалистая, Холодная, Орлиная, Парнук, Манарага, Народа, Пирамида, Высокая и другие). Склоны этих гор очень крутые, иногда отвесные, а вершины, достигающие почти 2000 *м* высоты, увенчаны скалистыми пирамидами или зубчатыми гребнями. Гранитоиды обычно образуют горы с пологими склонами и плоскими вершинами, относительные превышения которых лежат в пределах 300—500 *м*. На склонах гор, если они сложены сланцами, развиваются солифлюкционные терраски. Контакты гранитоидов со сланцами довольно четко вырисовываются в рельефе в виде уступов.

Если сланцы перемежаются с пластами кварцитов или вмещают серию параллельных жильных тел, то кварциты и жильные тела образуют гривки, рельефно выделяющиеся среди сланцев. Как правило, долины горных рек приурочиваются к сланцам или карбонатным породам. Следует отметить, что геоморфологические данные имеют поисковое значение обычно не сами по себе, а как отражение геологии участка. Поэтому использование геоморфологических критериев несомненно дает возможность геологу-поисковику довольно быстро и просто ориентироваться в геологической обстановке исследуемого района и более эффективно производить поисковые работы.

Иногда геоморфологические признаки могут и непосредственно указывать на наличие кварцевых жил, минерализованных трещин и хрусталеносных зон. Например, менее разрушаемые, чем вмещающие породы, кварцевые жилы часто выделяются среди наносов (или под ними) положительными формами рельефа, а минерализованные трещины и хрусталеносные зоны, наоборот, образуют отрицательные формы рельефа, так как они обычно заполнены кристаллами кварца и рыхлым материалом гнездового выполнения.

V. ГИДРОТЕРМАЛЬНО ИЗМЕНЕННЫЕ ПОРОДЫ КАК ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

Постоянными спутниками кристаллов кварца в хрустальных гнездах являются хлорит, серицит и альбит. Более того, около большинства хрустальных гнезд и минерализованных трещин боковые породы превращены, в зависимости от их первоначального валового химического состава, в кварцево-хлоритовые или в кварцево-серицитовые сланцы. При этом в гидротермально измененных породах, образовавшихся из представителей основного ряда (диабазов, габбро, амфиболитов и т. п.), содержится много хлорита, тогда как в породах, образовавшихся из кислых разновидностей (граниты, кварцевые порфиры, гнейсы и т. п.), содержится много серицита. Кроме того, в кварцево-хлоритовых и кварцево-серицитовых сланцах постоянно присутствует альбит. Этот минерал также метаморфический, так как он, несомненно, образовался на месте более основного плагиоклаза.

Таким образом, хлоритизация, серицитизация и альбитизация являются главными, одновременными и генетически связанными процессами с образованием кристаллов кварца. В связи с этим значение интенсивно измененных пород как важнейших признаков при поисках месторождений пьезооптического кварца не может вызывать сомнений. Это положение полностью подтверждается полевыми наблюдениями. Например, в районах Приполярного Урала, сложенных различными по составу изверженными и осадочно-метаморфическими массивами, месторождения пьезооптического кварца окружены интенсивно хлоритизированными и альбитизированными породами. В этих районах контуры хрусталеносных полей в точности совпадают с границами площадей, сложенных гидротермально измененными породами: зелеными сланцами, кварцево-хлоритовыми породами, кварцево-хлоритовыми сланцами, кварцево-серицитовыми породами и серицитовыми сланцами. В качестве примеров можно привести месторождения Пуйва, Хусь-Ойка, Додо, Омега-Шор, а также многие хрусталеносные поля Парнукского, Сальнерского, Хобеинского и Сураизского районов. В пределах этих месторождений основные породы полностью или частично превращены в зеленые сланцы, кварцево-хлоритовые породы и альбито-хлоритовые сланцы, а кислые — в кварцево-серицитовые породы и серицитовые сланцы.

Необходимо отметить, что в районах Приполярного Урала, сложенных нижнесилурийскими кварцитами, месторождения пьезооптического кварца залегают не в сиреневых (железистых), а в серовато-белых серицитизированных кварцитах и кварцитовых конгломератах. Не известно ни одного хрустального гнезда, ни одной минерализованной трещины и хрусталеносной зоны, которые располагались бы в сиреневых (гидротермально не измененных) кварцитах или кварцитовых конгломератах. Все известные нам хрусталеносные кварцевые жилы Верхнего Парнука, Кварцито-Шор, Скалистого, Перевального, Орлиного, Хароты и Дальнего, а также хрусталеносные зоны месторождений Пирамида, Псевдо-Чендер, Высокое и Юбилейное залегают в серовато-белых серицитизированных кварцитах и кварцитовых конгломератах. На это практически проверенное нами положение поисковикам необходимо обратить особое внимание. Исследователям Приполярного Урала хорошо известно, что за пределами хрусталеносной полосы (Западный Вангур, район хребта Саледы, район гор Колокольня, Кусомбой, Маяк и Пик) серовато-белые серицитизированные кварциты и кварцитовые конгломераты отсутствуют, а широким развитием пользуются сиреневые (железистые) кварциты и кварцитовые конгломераты. В пределах же хрусталеносной полосы серо-

вато-белые серицитизированные кварциты и кварцитовые конгломераты встречаются в виде пятен и полос внутри массивов, сложенных сиреневыми кварцитами и кварцитовыми конгломератами. При поисковых работах в первую очередь и особенно детально должны обследоваться серицитизированные (гидротермально измененные) кварциты и кварцитовые конгломераты.

Отметим, что обесцвечивание сиреневых (железистых) кварцитов и кварцитовых конгломератов обусловлено выносом из них железа гидротермальными (щелочными) растворами. Об этом красноречиво свидетельствуют химические анализы кварцитов из хрусталеносных зон месторождения Пирамида.

VI. ДРУГИЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ (КОСВЕННЫЕ И ПРЯМЫЕ)

Необходимо остановиться на поисковых признаках, имеющих более узкое, но очень важное значение.

1. Кварцевые жилы. По условиям залегания все кварцевые жилы хрусталеносной полосы Приполярного Урала нами разделены на три типа: согласные, секущие и поперечные. Опыт разведочных работ показал, что гнезда с кристаллами кварца приурочены только к секущим и поперечным кварцевым жилам; согласные кварцевые жилы являются нехрусталеносными. Поэтому в процессе поисковых работ крайне необходимо раздельно регистрировать согласные и секущие кварцевые жилы. Однако подавляющее большинство кварцевых жил Приполярного Урала обнаруживается по их развалам и поисковику очень редко представляется возможность наблюдать кварцевые жилы в коренном залегании.

Следовательно, чтобы сделать заключение об условиях залегания кварцевой жилы, необходимо, во-первых, по развалам жильного кварца установить местоположение кварцевой жилы и, во-вторых, обнажить ее горными выработками по падению и простиранию. Таким образом, выяснение элементов залегания кварцевых жил связано с применением трудоемких горных работ и потерей времени. В условиях короткого полярного лета потеря времени особенно неблагоприятно отражается на эффективности поисковых работ. По мере возможности следует избегать лишних горных работ и для определения типа кварцевой жилы пользоваться косвенными признаками, которыми могут служить цвет и строение жильного кварца, а также характер зальбандов и вмещающих пород.

Согласные кварцевые жилы, как правило, сложены серовато-белым мелко- и среднезернистым сахаровидным жильным кварцем. Секущие кварцевые жилы сложены молочно-белым средне- и крупнозернистым, а иногда и гигантозернистым жильным кварцем. Кроме того, в согласных со сланцеватостью кварцевых жилах зальбанды ровные и гладкие, часто имеют слабую волнистую поверхность. Согласные кварцевые жилы всегда обволакиваются тонко разлистованными боковыми породами, повторяющими все неровности и изгибы поверхности зальбанда. В секущих и поперечных кварцевых жилах зальбанды имеют характерную ребристую поверхность, которая обусловлена следами плоскостей сланцеватости или гнейсификации боковых пород на поверхности трещин скалывания, разрыва или растяжения. И, наконец, согласные кварцевые жилы отличаются от секущих по интенсивности околожильных изменений. Гидротермальные изменения боковых пород у согласных кварцевых жил всегда слабее, чем около секущих. Следовательно, во многих случаях тип кварцевой жилы можно определять в коренном залегании

по развалам жильного кварца и глыбам околожильных пород, тем более, если в некоторых глыбах жильного кварца сохранились зальбанды.

Однако далеко не ко всем секущим и поперечным кварцевым жилам приурочены гнезда с кристаллами кварца. Поэтому при выборе кварцевой жилы под разведку необходимо руководствоваться следующими признаками хрусталеносности: интенсивностью околожильных изменений и наличием крупно- и гигантозернистой структуры жильного кварца. Интенсивность проявления гидротермальных изменений в боковых породах увеличивается по направлению к хрустальному погребу. Иногда по мере приближения к хрустальному гнезду увеличиваются и размеры зерен жильного кварца, вплоть до гигантских.

В 1949 г. при разведке кварцевых жил месторождений Горное, Осеннее и Светлое автором была подмечена интересная закономерность в расположении хрустальных гнезд по отношению к кварцевым жилам: приуроченность хрустальных гнезд к южным (юго-западным) концам кварцевых жил. Это объясняется следующими причинами: 1) расположением хрустальных гнезд в выклинивающихся частях кварцевых жил по падению и 2) северным (северо-восточным) склонением кварцевых жил.

В связи с этим при эрозионном срезе кварцевых жил хрустальные гнезда обнажаются прежде всего в их южных (юго-западных) концах. В 1949—1951 гг. эта закономерность была нами проверена на многих месторождениях Приполярного Урала. Так, например, почти все крупные хрустальные погреба на месторождении Свободное, так же как на месторождениях Парнукского, Сальнерского и Хобеинского горных массивов, приурочены к южным концам кварцевых жил. Подмеченная закономерность значительно облегчает отыскание горными выработками хрустальных гнезд и, кроме того, дает возможность достаточно быстро производить оценку их хрусталеносности. Дело в том, что почти все кварцевые жилы находятся под наносами и, чтобы с наименьшей затратой средств и времени определять их хрусталеносность, необходимо в первую очередь разведочными выработками обнажать южные концы секущих кварцевых жил.

2. Дайки изверженных пород. В пределах месторождений пьезооптического кварца Приполярного Урала большим развитием пользуются не только кварцевые жилы, но и дайки изверженных пород (диабазы, порфириты, кварцевые порфиры и другие). В течение многих лет хрустальные гнезда искали и ищут в кварцевых жилах, поэтому вполне естественно, что их и находили лишь в кварцевых жилах. Однако разведочными работами последних лет при прослеживании хрусталеносных россыпей были обнаружены гнезда с кристаллами кварца и в дайках изверженных пород (месторождения Скалистое, Горное, Бета-Шор, Манарага и другие). Характерно, что все вскрытые хрустальные гнезда располагались в лежачих боках даек изверженных пород или пересекали их вкрест простирания в виде минерализованных трещин (месторождение Водораздельное). Пространственная связь хрустальных гнезд с секущими дайками, вероятно, объясняется тем, что последние, так же как и секущие кварцевые жилы, служили подпруживающим экраном для гидротермальных растворов, поднимавшихся по плоскостям сланцеватости пород. Кроме того, дайки изверженных пород, расположенные в слюдистых сланцах, могли быть коллекторами хрусталеносных (секущих и поперечных) трещин. По нашим наблюдениям, наиболее хрусталеносными дайками являются те, которые приурочены к секущим трещинам и несут следы интенсивного гидротермального изменения слагающих их пород. Так, например, хрусталеносные секущие дайки диабазов превращены в альбито-хлоритовые породы, а согласные — в зеленые сланцы.

Изучение геологического строения месторождений пьезооптического кварца Приполярного Урала показывает, что там, где развиты интенсивно измененные согласные дайки изверженных пород, большинство секущих кварцевых жил содержит хрустальные гнезда. Это обстоятельство можно объяснить тем, что в данном случае согласные дайки являлись основными путями былых перемещений гидротермальных растворов и, в связи с этим, появление хрустальных гнезд в лежачих боках кварцевых жил обусловлено секущим (экранирующим) положением последних по отношению к дайкам изверженных пород. В качестве примера можно привести месторождение Омега-Шор, где ко всем секущим кварцевым жилам под углом, близким к прямому, подходят сильно измененные согласные дайки диабазов и амфиболитов. Характерно, что большинство секущих кварцевых жил месторождения Омега-Шор содержало в лежачих боках крупные по размеру хрустальные погреба. Аналогичная картина наблюдается и на месторождениях Пуйва, Хусь-Ойка, Додо, Бета-Шор, Скалистое, Гранитное, Николай-Шор и Водораздельное.

3. Секущие трещины. Как показывает таблица на стр. 12—13, из 283 разведанных секущих кварцевых жил хрусталеносными оказалось 175, что составляет 60% от общего количества жил этого типа. С другой стороны, из 219 согласных кварцевых жил гнезда с кристаллами кварца были приурочены к 8, что составляет только 3%. Таким образом, гнезда с кристаллами кварца преимущественно связаны с секущими кварцевыми жилами. Согласные кварцевые жилы, как правило, не содержат гнезд с кристаллами кварца и являются нехрусталеносными. Хотя с некоторыми согласными кварцевыми жилами пространственно и связаны хрустальные гнезда, но они, как показывают полевые наблюдения, располагаются не в согласных, а в секущих согласные кварцевые жилы трещинах. Вполне очевидно, что это обстоятельство еще более резко подчеркивает хрусталеносность секущих и нехрусталеносность согласных трещин. Кроме того, оно является весьма убедительным доказательством разновременного образования кварцевых жил и хрустальных гнезд. Расположение хрустальных гнезд в согласных кварцевых жилах по трещинам, пересекающим эти жилы почти под прямым углом, должно учитываться геологами и при разведке жил этого типа, в противном случае могут быть допущены методические ошибки. При разведке кварцевой жилы № 3 на месторождении Верхний Парнук была допущена, например, следующая ошибка. Отработка богатейшей в мире хрусталеносной россыпи на месторождении Верхний Парнук привела к коренному источнику — согласной кварцевой жиле № 3. Гнезда, за счет которых образовалась знаменитая россыпь, были полностью срезаны эрозией, и поэтому было решено искать уцелевшие от разрушения гнезда в выклинивающейся части кварцевой жилы. Ее начали разведывать по падению до полного выклинивания. Поскольку в выклинивающейся части кварцевой жилы гнезд с кристаллами кварца не оказалось, дальнейшая разведка этой жилы была прекращена. В 1945—1946 гг. наблюдениями П. А. Добрынина было установлено, что в кварцевых жилах месторождения Верхний Парнук хрустальные гнезда локализуются в почти горизонтально залегающих секущих трещинах. Более того, гнезда с кристаллами кварца иногда распространяются и за пределы кварцевых жил (во вмещающие породы), если плоскости секущих трещин имеют значительные размеры. В стенках карьера, пройденного в 1940—1942 гг. по кварцевой жиле № 3, примерно на уровне головной части россыпи остались небольшие полости с мелкими, но высококачественными кристаллами кварца. Эти полости также расположены в пологозалегающих секущих трещинах скалывания. Следовательно, разведку этого хрусталe-

№ п/п	Наименование месторождения	Типы квар									
		согласные					секущие				
		Число кварцевых жил	из них				Число кварцевых жил	из них			
			хрусталеносных		нехрусталеносных			хрусталеносных		нехрусталеносных	
			всего	%	всего	%		всего	%	всего	%
1	Пуйва	3	—	—	3	100	10	6	60	4	40
2	Зейка	3	—	—	3	100	11	6	55	5	45
3	Додо	45	5	11	40	89	66	32	48	34	52
4	Малый-Паток	—	—	—	—	—	2	2	100	—	—
5	Омега-Шор	—	—	—	—	—	10	6	60	4	40
6	Скалистое	36	—	—	36	100	18	8	44	10	56
7	Горное и Осеннее . . .	26	—	—	26	100	21	12	57	9	43
8	Верхний Парнук . . .	12	1	8	11	92	10	4	40	6	60
9	Кварцито-Шор	15	—	—	15	100	9	7	78	2	22
10	Свободное	33	—	—	33	100	25	13	52	12	48
11	Гранитное	3	—	—	3	100	2	—	—	2	100
12	Амбар-Шор	—	—	—	—	—	3	3	100	—	—
13	Кекурное	5	—	—	5	100	8	3	38	5	62
14	Хасаварка	2	1	50	1	50	1	1	100	—	—
15	Водораздельное	2	—	—	2	100	1	1	100	—	—
16	Николай-Шор	7	—	—	7	100	12	9	75	3	25
17	Центральная Лапча . .	5	—	—	5	100	14	11	78	3	22
18	Средняя Лапча	9	—	—	9	100	9	5	55	4	45
19	Сура-Из I	11	1	10	10	90	29	24	83	5	17
20	Сура-Из II	—	—	—	—	—	19	19	100	—	—
21	Сура-Из Северное . . .	2	—	—	2	100	3	3	100	—	—
		219	8	3	211	97	283	175	60	108	40

цевых жил														
поперечные					сложные					Итого				
Число кварцевых жил	из них				Число кварцевых жил	из них				Общее количество кварцевых жил	хрусталеносных		нехрусталеносных	
	хрусталеносных		нехрусталеносных			хрусталеносных		нехрусталеносных						
	всего	%	всего	%		всего	%	всего	%		всего	%	всего	%
—	—	—	—	—	3	1	34	2	66	16	7	44	9	56
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	6	43	8	57
—	—	—	—	—	24	12	50	12	50	135	49	36	86	64
5	3	60	2	40	2	1	50	1	50	9	6	67	3	33
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	6	60	4	40
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	54	8	15	46	85
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47	12	25	35	75
—	—	—	—	—	3	3	100	—	—	25	8	32	17	68
3	2	67	1	33	1	1	100	—	—	28	10	36	18	64
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58	13	22	45	78
51	16	31	35	69	—	—	—	—	—	56	16	29	40	71
1	1	100	—	—	—	—	—	—	—	4	4	100	—	—
7	5	71	2	29	—	—	—	—	—	20	8	40	12	60
—	—	—	—	—	2	2	100	—	—	5	4	80	1	20
11	11	100	—	—	—	—	—	—	—	14	12	86	2	14
4	1	25	3	75	—	—	—	—	—	23	10	43	13	57
1	1	100	—	—	—	—	—	—	—	20	12	60	8	40
—	—	—	—	—	3	2	67	1	33	21	7	33	14	67
—	—	—	—	—	12	10	83	2	17	52	35	67	17	33
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	19	100	—	—
2	2	100	—	—	—	—	—	—	—	7	5	71	2	29
85	42	50	43	50	50	32	64	18	36	637	257	40	380	60

носного объекта необходимо продолжить, но не по падению кварцевой жилы, а в направлении пологозалегающих секущих трещин. Не исключена возможность, что именно в плоскости этих трещин могут быть встречены хрустальные гнезда, аналогичные тем, за счет нарушения которых образовалась знаменитая хрусталеносная россыпь.

Как показывает опыт разведочных работ, секущие трещины могут быть минерализованы горным хрусталем и вне пространственной связи с кварцевыми жилами. С каждом годом таких минерализованных трещин открывается все больше и больше. Однако почти все они открыты при разведке хрусталеносных россыпей, найденных поисковиками в последние годы. Многочисленные хрусталеносные россыпи прежних лет (1936—1946 гг.), по которым коренных источников не искали в связи с отсутствием кварцевых жил в головной части шлейфа, необходимо поставить под ревизию и доразведать. Есть серьезные основания надеяться, что в процессе доразведки «старых» хрусталеносных россыпей по некоторым из них будут открыты коренные источники — минерализованные трещины. Поскольку подавляющее большинство секущих трещин имеет меридиональное или близкое к нему простирание, при поисках минерализованных трещин необходимо твердо соблюдать следующее правило: разведочные канавы и траншеи задавать вкрест простирания пород, т. е. в широтном или близком к нему направлении. При просмотре планов горных выработок, находящихся в геолого-промышленных отчетах отрядов и партий Полярно-Уральской экспедиции, можно убедиться, что это правило далеко не всегда соблюдается, особенно в тех случаях, когда хрусталеносные россыпи расположены на западном или восточном склонах горы. Это объясняется тем, что при разведке шлейфа россыпи последний пересекают канавами, расположенными перпендикулярно направлению сноса. Системой таких разведочных канав можно одновременно разведывать хрусталеносную россыпь и искать минерализованную трещину только в том случае, если разведка производится на северном или южном склонах горы, т. е. когда канавы расположены вкрест простирания пород. На западном или восточном склонах горы канавы, заложенные для разведки шлейфа россыпи, минерализованных трещин не подсекут, так как они будут ориентированы параллельно простиранию секущих трещин. Это элементарное правило мы вынуждены написать только потому, что при разведке минерализованных трещин очень часто допускаются методические ошибки. На поиски и разведку минерализованных трещин необходимо обратить такое же серьезное внимание, какое уделяется хрусталеносным кварцевым жилам.

Поучительным примером является разведка хрусталеносной россыпи № 6 месторождения Скалистое. В этой россыпи было обнаружено много кристаллов и крупных друз с кристаллами кварца. Прослеживанием хрусталеносной россыпи вверх по склону горы было установлено, что в головной части шлейфа кварцевой жилы нет. В связи с этим было решено, что хрустальное гнездо вместе с кварцевой жилой полностью эродировано. Только в самом конце полевого сезона случайно заданной канавой в лежачем боку дайки диабаза, расположенной выше головной части россыпи, был вскрыт крупный хрустальный погреб, обеспечивший выполнение годовой программы экспедиции по добыче пьезооптического кварца.

4. Хрусталеносные зоны. В кварцитах хрусталеносной полосы Приполярного Урала поисково-разведочными работами последних лет обнаружены так называемые хрусталеносные зоны. Хрусталеносные зоны месторождений Пирамида, Псевдо-Чендер и Высокое состоят из серии густо расположенных минерализованных трещин. Горным хруста-

лем, серицитом, рутилом, турмалином и другими парагенетическими минералами заполнены только секущие трещины. Секущие трещины, составляющие хрусталеносную зону, не протягиваются на всю ее длину. Как по простиранию, так и по ее падению трещины гаснут, заменяясь другими, расположенными обычно кулисообразно по отношению друг к другу. Большие размеры хрусталеносных зон и высокое содержание кондиционного кварца выдвигают этот новый тип хрусталеносных объектов на первое место по их промышленному значению. В целях обнаружения новых хрусталеносных зон следует все массивы кварцитов Приполярного Урала покрыть густой сетью поисковых маршрутов. Поскольку образование хрусталеносных зон сопровождалось интенсивным изменением вмещающих пород, полосы, несущие следы выщелачивания кремнезема и обогащенные серицитом, необходимо обследовать особенно тщательно. На задернованных участках следует горными выработками проверить уступы в рельефе, и в первую очередь те из них, которые заполнены мелкообломочным, гидротермально измененным материалом.

5. Кристаллы кварца. Из всех поисковых признаков самыми верными и надежными являются кристаллы кварца. В первые годы работы Полярно-Уральской экспедиции поисково-разведочные работы в основном и направлялись находками кристаллов кварца. После одного-двух лет таких работ была выдвинута теория о тесной генетической и пространственной связи хрустальных гнезд с кварцевыми жилами. На этом основании тщательные поиски кристаллов кварца стали производить только в местах концентрации кварцевых жил. Отдельные участки и даже целые горные массивы, где отсутствовали кварцевые жилы и их развалы, были признаны нехрусталеносными. По кристаллам же кварца, обнаруженным в таких участках, обычно производили лишь разведку и отработку хрусталеносных россыпей, если последние оказывались промышленными. Коренных источников по таким находкам, как правило, не искали, так как считалось, что отсутствие кварцевой жилы вполне определенно указывает на срез хрустального гнезда эрозией вместе с кварцевой жилой. Вполне естественно, что после нескольких лет поисковых работ большинство развалов кварцевых жил было детально обследовано и количество вновь открываемых месторождений с каждым годом начало резко сокращаться. В связи с этим разведчики экспедиции стали перед необходимостью дальнейшего ведения работ уже не на основании находок кристаллов, а путем проверки на хрусталеносность множества кварцевых жил. Очень быстро было установлено, что гнезда с кристаллами кварца бывают связаны далеко не со всеми кварцевыми жилами. Перед разведчиками встал вопрос об установлении признаков отличия хрусталеносных кварцевых жил от нехрусталеносных.

Первая попытка разрешения этого вопроса была сделана Г. П. Петруниным при разведке кварцевых жил Сураизского горного массива. Он разделил все кварцевые жилы на две группы: 1) согласные со сланцеватостью по простиранию и падению; 2) секущие сланцеватость по падению, но согласные с нею по простиранию. Г. П. Петруниным было замечено, что согласные кварцевые жилы нехрусталеносны, а секущие часто оказываются хрусталеносными. Этим признаком, основанным на условиях залегания кварцевых жил, разведчики экспедиции пользуются и в настоящее время. Применение этого метода, как предварительной оценки возможной хрусталеносности жил, при выборе объектов для разведки оправдывает себя и является необходимым. Однако этот метод установления различий между хрусталеносными и нехрусталеносными кварцевыми жилами не является универсальным, хотя бы потому, что около половины секущих кварцевых жил не содержат гнезд с кристал-

лами кварца. Поэтому стали изыскивать отличия хрусталеносных кварцевых жил от нехрусталеносных по характеру жильного кварца. Таким образом, неразрывная связь хрустальных гнезд с кварцевыми жилами ни у кого из исследователей не вызывала сомнений, а поэтому все внимание было сосредоточено на изучении кварцевых жил — только в кварцевых жилах считалось возможным искать и находить гнезда с кристаллами кварца.

В самые последние годы, по единодушному мнению геологов экспедиции, был сделан резкий поворот в направлении поисковых работ. Было решено начать планомерное и детальное обследование поисковыми работами всей площади хрусталеносной полосы. Результаты этих крупномасштабных поисковых работ дали весьма положительные результаты: на ранее уже обследованных площадях было найдено большое количество кристаллов кварца. В результате разведки этих находок в период 1948—1951 гг. были открыты, например, следующие месторождения пьезооптического кварца: Малды, Пелингичей-3, Пон-Из, Черное, Свободное, Ляпто-Яхта, Мань-Саран-Шор, Южно-Гранитное, Асбестовое, Придорожное, Высокое, Пирамида, Псевдо-Чендер, Снежное, Горное, Осеннее, Светлое, Манья-Мег, Туманное и другие.

На этих месторождениях были вскрыты хрустальные гнезда как в кварцевых жилах, так и во вмещающих породах. Кроме того, был выявлен новый и весьма перспективный источник пьезооптического кварца — хрусталеносные зоны. Однако, в силу укоренившихся традиций, поискам и особенно разведкам хрусталеносных зон до сих пор не уделяется серьезного внимания, которого они заслуживают.