



Библиотечка

УЧАСТНИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОХОДА

А. С. ГУДКОВ

КАК ИСКАТЬ  
ПЬЕЗООПТИЧЕСКОЕ  
МИНЕРАЛЬНОЕ  
СЫРЬЕ

БИБЛИОТЕЧКА  
УЧАСТНИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОХОДА

---

А. С. ГУДКОВ

КАК ИСКАТЬ  
ПЬЕЗООПТИЧЕСКОЕ  
МИНЕРАЛЬНОЕ  
СЫРЬЕ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЕ НЕДР  
МОСКВА 1960

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Что такое пьезооптическое минеральное сырье . . . . .	4
Месторождения пьезооптического минерального сырья . . . . .	15
Где и как искать пьезооптические минералы . . . . .	30

---

Г у д к о в Александр Сергеевич

КАК ИСКАТЬ ПЬЕЗООПТИЧЕСКОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

Редактор издательства *С. С. Мухин*

Технич. редактор *В. В. Быкова*

Корректор *А. П. Гальцова*

Сдано в набор 20/1-1960 г.

Подписано к печати 18/II-1960 г.

Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>, Бум. л. 0,63 Печ л. 2,05 Уч.-изд. л. 2,0 .

Т-00453 Тираж 25000 Зак. 282. Цена 60 коп.

Малоярославская типография Калужской обл.

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Недра нашей страны богаты всеми видами полезных ископаемых и количество открытых месторождений различного минерального сырья продолжает умножаться с каждым годом.

Семилетним планом развития народного хозяйства СССР предусматривается в течение 1959—1965 гг. дальнейшее грандиозное развитие геологоразведочных работ на все виды полезных ископаемых, среди которых пьезооптическое минеральное сырье занимает одно из важных мест.

Примерно три четверти обширной территории СССР имеют геологические условия, благоприятные для открытия новых месторождений пьезооптического кварца, исландского шпата и оптического флюорита, поэтому мы имеем все основания считать, что потенциальные запасы этих минералов в недрах нашей страны велики и могут обеспечить потребности промышленности на многие годы.

В этой небольшой брошюре излагаются основы методики поисков месторождений пьезооптического минерального сырья, которыми руководствуются геологи в своей работе. Ее задача—помочь овладеть этими основами тысячам туристов, охотников и других любителей природы, которые по роду своей деятельности или просто путешествуя проникают в самые отдаленные уголки нашей необъятной Родины.

Для того чтобы осмысленно искать месторождения пьезооптического минерального сырья, нужно в общих чертах представлять себе внешний вид некоторых минералов, их основные физические свойства, условия образования и связь с окружающими горными породами.

Хорошо известно, что многие месторождения были найдены не специалистами-геологами, а краеведами, среди которых не последнее место занимает любознательная молодежь. Может быть, молодые читатели, увлеченные «охотой» за полезными ископаемыми, посвятят себя этому интереснейшему делу и найдут в нем свое призвание.

## **ЧТО ТАКОЕ ПЬЕЗООПТИЧЕСКОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ**

Крупнейший советский ученый и блестящий популяризатор минералогии и геологии академик А. Е. Ферман за разнообразную окраску и строгую красоту совершенных форм называл природные кристаллы различных минералов «цветами земли». Это образное сравнение полностью относится к пьезооптическому минеральному сырью, — горному хрусталу (пьезооптический кварц), оптическому флюориту и исландскому шпату, которым посвящена эта брошюра.

### **Пьезооптический кварц**

Кварц ( $\text{SiO}_2$ ) является наиболее распространенным минералом, слагающим примерно 14% земной коры. Мы повседневно встречаем кварц в природе в виде обычного песка, который почти полностью состоит из мелких зерен этого минерала в виде обломков общеизвестного кремня и можем наблюдать включения кварца в большинстве горных пород.

Кварц известен человеку с древнейших времен. Его полезные свойства, к которым прежде всего относится высокая твердость, обратили на себя внимание еще первобытного человека, который использовал кремень для изготовления каменных топоров, наконечников для стрел и других предметов обихода, а позднее применял кремень для получения огня.

Кварц широко используется и в наше время в различных областях промышленности. Из кварцевого песка получают стекло, молочно-белый кварц применяется в металлургическом производстве в качестве флюса, песчаники используются для приготовления точильных кругов, мельничных жерновов и т. п. Нас же интересуют разновидности кварца, которые сравнительно редко встречаются в природе, а именно его кристаллы. В не-

которых условиях, подобно ряду других минералов, кварц способен образовывать крупные кристаллы, хорошо известные под названием горного хрусталя.

Кому неизвестен горный хрусталь? Красота этого минерала воспета в народных сказаниях и песнях и само слово хрусталь стало нарицательным, как символ идеальной прозрачности и чистоты. И действительно, высо-

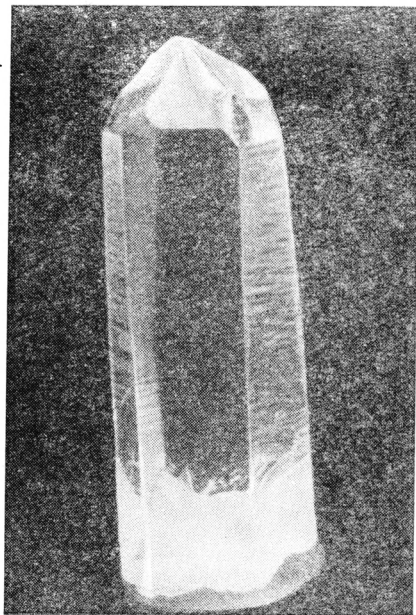


Рис. 1. Кристалл горного хрусталя

кокачественные кристаллы горного хрусталя исключительно красивы. По внешнему виду (рис. 1) они представляют собой совершенно прозрачные, бесцветные, более или менее удлиненные, геометрически правильные шестигранные призмы, увенчанные пирамидой. Кристаллы могут быть одиночными или образовывать сростки, которые называются друзами (рис. 2). Вес кристаллов весьма различен; наиболее часто встречаются кристаллы в 300—500 г, но не редки образцы весом в несколько сот и даже тысяч килограммов, а как исключение, попа-



даются кристаллы весом в десятки тонн. Правда, такие гигантские кристаллы не обладают нужной прозрачностью и не имеют совершенных форм.

Далеко не всегда кристаллы бесцветны—во многих случаях они более или менее интенсивно окрашены. Горный хрусталь, окрашенный в различные оттенки фиолетового цвета, называется аметистом, а в золотисто-жел-

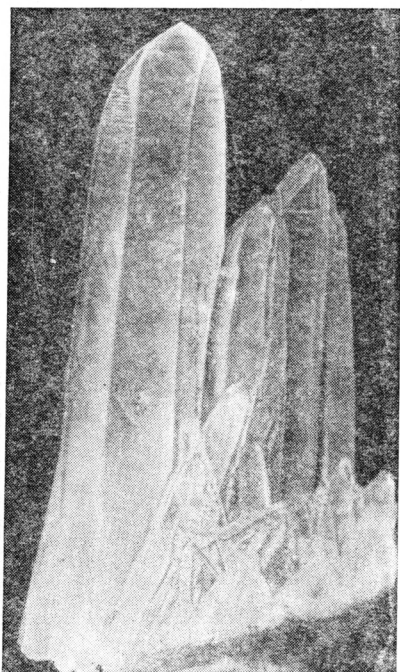


Рис. 2. Друза кристаллов  
горного хрусталя

тый цвет—цитрином. Широко распространены кристаллы кварца, окрашенные в дымчатый или густой смоляно-черный цвет, просвечивающие только в тонких пластинках. Такие кристаллы называются морионом.

Благодаря прозрачности, красивой окраске, высокой твердости и способности к преломлению света, горный хрусталь, цитрин, морион и особенно аметист являются полудрагоценными камнями и с незапамятных времен

используются для изготовления различных украшений и поделок. До недавнего времени применение горного хрусталя и его окрашенных разновидностей этим и ограничивалось. Однако пытливый человеческий ум обнаружил в кристаллах горного хрусталя такие физические свойства, которые сделали его необходимым и незаменимым в целом ряде новейших отраслей современной промышленности, поставив в ряд важнейших полезных ископаемых.

В 1880 г. известные французские физики братья Кюри установили, что если пластинку, вырезанную в определенном направлении из кристалла горного хрусталя, подвергнуть сдавливанию, то на ее поверхности возникает электрический заряд и наоборот под влиянием переменного электрического поля пластинка испытывает деформацию, начинает сжиматься или растягиваться с силой, пропорциональной величине действующего электрического заряда. Эти явления получили названия прямого и обратного пьезоэлектрического эффекта, а в связи с этим горный хрусталь, обладающий пьезоэлектрическим эффектом, получил название пьезокварца. Явление пьезоэлектрического эффекта сопровождается переходом одного вида энергии в другой: в случае прямого пьезоэффекта механическая энергия (сдавливание) переходит в электрическую, а в случае обратного — электрическая энергия превращается в механическую (колебание). На использовании этого замечательного явления основано применение пьезокварца в различных областях техники.

В настоящее время пьезокварц широко применяется в качестве стабилизатора частот в радиоприемниках и радиопередатчиках, в радиолокационных устройствах и телевидении. Кварцевые пластинки являются датчиками ультразвука в различных акустических и гидролокационных приборах. С помощью пьезокварца измеряют огромные давления, возникающие при выстреле в оружейных стволах и взрывах горючих смесей в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания, горное давление, нагрузку на резцы металлорежущих станков и т. п. Пьезокварц нашел применение также в химии, медицине и многих других производствах.

Полезные свойства кристаллов кварца не исчерпываются явлением пьезоэффекта. Оказалось, что кристал-



лы кварца обладают очень высокой прозрачностью для ультрафиолетовых лучей, эту особенность используют в оптике, вытачивая различные оптические линзы непосредственно из кристаллов. Для этой цели могут быть использованы только совершенно прозрачные, бесцветные кристаллы горного хрусталя. Кристаллы дымчатого кварца и мориона в оптической промышленности не применяются.

Повышенной способностью к пропусканию ультрафиолетовых лучей обладают не только кристаллы кварца, но и стекло, приготовленное из чистого кварца. В связи с этим обломки кристаллов и мелкие кристаллы кварца, непригодные для ответственных изделий, идут в переплавку для изготовления высококачественного технического стекла. Кроме оптических линз и призм, из кварцевого стекла делается кислотоупорная жаропрочная химическая посуда. Благодаря очень малому объемному коэффициенту теплового расширения кварцевое стекло, в отличие от обычного, не растрескивается при резкой смене температур.

Определение пьезокварца в поле при поисковых работах благодаря весьма характерному облику кристаллов, с которыми можно ознакомиться в любой минералогической коллекции, не представляет затруднений.

От сходных с ним кристаллов исландского шпата и оптического флюорита пьезокварц отличается более высокой твердостью (легко царапает стекло), полным отсутствием спайности и отсутствием реакции с соляной кислотой.

### **Исландский шпат**

Впервые этот замечательный минерал начал добываться на месторождении Гельгустадир в Исландии и был назван по имени этой страны. Исландский шпат известен также под названием оптического кальцита и известкового шпата. Последнее наименование связано с химическим составом исландского шпата, который выражается формулой  $\text{CaCO}_3$  и, таким образом, соответствует составу обычного известняка и мрамора.

Всем известно, что известняк и мрамор относятся к наиболее распространенным породам, слагающим громадные горные хребты и, конечно, не являются редкими. В связи с этим можно было бы предположить, что

и исландский шпат встречается столь же часто. Однако это не так. Подобно пьезооптическому кварцу технический исландский шпат—редкий минерал. Он представляет собой идеально прозрачные, бесцветные кристаллы кальцита, обладающие определенными оптическими свойствами.

Природные кристаллы исландского шпата отличаются огромным многообразием кристаллографических



Рис. 3. Кристаллы исландского шпата, имеющие форму скаленоэдров

форм, но наиболее распространены кристаллы, имеющие форму скаленоэдра (рис. 3). На этой фотографии изображены кристаллы после извлечения из горной породы. Их поверхность неровна и не блестяща как у пьезокварца, так как кристаллы покрыты примазками горной породы и сопутствующими минералами. При добыче исландского шпата подобные кристаллы приходится весьма осторожно, применяя специальные методы, раскалывать для того, чтобы определить их качество, и отбрасывать мутные, непрозрачные части кристаллов. Исландский шпат сравнительно мягкий минерал. Он легко царапается ножом и отлично колется по плоскостям спайности, которая у кальцита весьма совершенна. Спайностью называется способность кристаллов расслаиваться или раскалываться по определенным кристалло-

графическим направлениям. Наиболее ярко спайность выражена у обычной слюды. Но слюда раскалывается только в одной плоскости, а исландский шпат имеет спайность по нескольким плоскостям, пересекающимся под разными углами, поэтому из кристалла исландского шпата легко выкалываются так называемые спайные ромбоэдры (рис. 4). Спайность по ромбоэдру выражена



Рис. 4. Спайный ромбоэдр исландского шпата. Хорошо видно двойное изображение слова «шпат»

в исландском шпате настолько хорошо, что служит важным признаком для его определения: при ударе молотком ромбоэдр исландского шпата разбивается на мелкие куски, причем каждый кусок также имеет форму ромбоэдра.

Определение исландского шпата в полевых условиях благодаря характерному виду кристаллов, наличию спайности по ромбоэдру и способности вскипать от капли разбавленной соляной кислоты не представляет трудности. Но самым надежным признаком является удивительная способность исландского шпата удваивать изображение, просматриваемое через кристалл. На приведенной фотографии (см. рис. 4) мы видим sdвоенное изображение букв, снятых через спайный ромбоэдр исландского шпата. Это явление называется двойным лучепреломлением, в незначительной степени оно свойственно многим другим минералам, но ни в одном из них не проявляется так ярко и отчетливо, как в исландском шпате.

Сущность этого явления в общих чертах заключается в том, что луч света, проходя через кристалл, разлагается на два луча: один обыкновенный и второй поляризованный, колеблющийся в определенной постоянной плоскости, в отличие от колебаний обыкновенного луча, плоскость которых непрерывно и быстро меняется. Наш глаз воспринимает два световых луча, выходящих из кристалла, в данном случае, как два изображения слова «шпат».

На использовании явления двойного лучепреломления основано применение кристаллов исландского шпата в оптической промышленности для изготовления многочисленных видов призм, поляризующих свет в различных приборах, в частности, в поляризационных микроскопах.

### Оптический флюорит

Оптическим флюоритом называются природные кристаллы фтористого кальция ( $\text{CaF}_2$ ), минерала хорошо известного под названием плавикового шпата или флюорита, который широко применяется в металлургическом производстве в качестве флюса—ускорителя плавления руд.

По внешнему виду оптический флюорит представляет собой водяно-прозрачные, бесцветные, кубической формы кристаллы, обычно образующие сростки (рис. 5) или друзы. Размеры кристаллов невелики и лишь в редких случаях достигают 10—15 см по ребру куба. Более часто встречаются кристаллы флюорита голубого, зеленого или фиолетового цвета, но такой флюорит в качестве оптического не используется.

Для определения флюорита при поисковых работах нужно иметь в виду, что флюорит по твердости уступает стеклу, хорошо царапается ножом или иглой, от соляной кислоты не вскипает и имеет хорошо выраженную спайность. Блеск флюорита стеклянный. Он обладает свойством фосфоресценции, которое заключается в способности к непродолжительному, заметному в темноте, свечению после кратковременного нагревания куска флюорита до температуры 200—250°.

Флюорит встречается в природе не только в виде отдельных кристаллов, но и в виде мелких фиолетовых

зерен, вкрапленных в некоторые горные породы, например гранит, или в кристаллических массах, сложенных мелкими, окрашенными кристаллами. Крупные скопления мелкокристаллического флюорита представляют интерес как сырье для металлургической и химической промышленности. Для геологов-разведчиков такой флюорит служит лишь поисковым признаком, могущим указывать на возможность нахождения в этом районе кристаллов оптического флюорита.

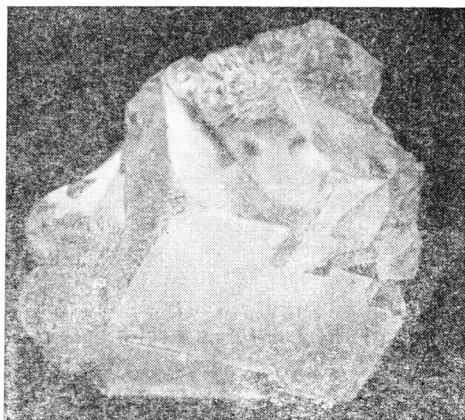


Рис. 5. Сrostок кубических кристаллов оптического флюорита

Оптический флюорит применяется в оптической промышленности для изготовления различных специального назначения линз и призм, способных пропускать не только световые лучи, но и лучи невидимой части спектра—инфракрасные и ультрафиолетовые. Объективы разнообразных оптических приборов, сделанные из кристаллов флюорита, не имеют сферической и хроматической аберрации<sup>1</sup>, что не свойственно линзам, изготовленным из лучшего оптического стекла.

---

<sup>1</sup> Искажения изображений, даваемых оптическими инструментами.

## Технические требования к пьезооптическим минералам

Далеко не все кристаллы кварца, флюорита и исландского шпата являются пьезооптическим сырьем даже в том случае, если они имеют безукоризненно оформленные кристаллографические грани. Годные для использования в промышленности кристаллы должны отвечать целому ряду требований в соответствии с Техническими условиями на каждый вид пьезооптических минералов, предусматривающими определенные размеры и качество кристаллосырья.

Технические условия по видам пьезооптических минералов сводятся в общих чертах к следующим основным требованиям.

**Пьезокварц и оптический кварц.** Минимальные размеры кристалла пьезокварца должны быть не менее 1,2—1,5 см между противоположными гранями шестигранной призмы, что обеспечивает изготовление из кристалла не менее одной пластинки любого среза с габаритами  $12 \times 12 \times 1,5$  мм. Если же в нашем распоряжении имеется обломок кристалла, утративший первоначальные кристаллографические формы, или галька, то их размер должен быть не менее 25 мм в поперечнике.

Большинство кристаллов, добываемых на месторождениях пьезооптического кварца, бывает поражено дефектами, к которым относятся прежде всего трещины, разнообразные по форме и происхождению, мутные непрозрачные участки, газово-жидкие включения в виде мельчайших пузырьков, рассеянных в массе кристалла, двойники<sup>1</sup>, включения посторонних минералов, вмещающих пород и др. Поэтому указанные выше размеры относятся не к кристаллам и их обломкам вообще, а к бездефектным кристаллам или точнее к их бездефектным областям, получившим в технике наименование монообласти или моноблока.

Под монообластью или моноблоком мы подразумеваем часть кристалла, характеризующуюся отсутствием перечисленных дефектов. Соотношение между бездефектной областью кристалла и его общим весом принято выражать в процентах. Так, например, два кристалла пье-

---

<sup>1</sup> Двойник—закономерное срастание двух одиночных кристаллов.

зокварца весом в 1 и 2 кг, имеющие бездефектную область, занимающую 30% их объема, содержат, соответственно, 300 и 600 г моноблоков. В зависимости от веса кристаллов и процента выхода моноблоков пьезокварц подразделяется на 6 сортов: экстра, уникальный, первый, второй, третий и сорт маломерка. Окраска кристаллов любого цвета и интенсивности для пьезокварца не является дефектом и не снижает качества кристалла. Трещины и посторонние включения уменьшают прочность пьезокварцевой пластинки и приводят к ее разрушению во время работы, что недопустимо.

Технические требования к оптическому кварцу несколько отличаются от требований к пьезокварцу, что обусловлено особенностями его применения в промышленности. Кварцевые оптические линзы и призмы имеют довольно большие размеры и должны обладать максимальной прозрачностью. Поэтому кристаллы оптического кварца по техническим условиям должны быть совершенно бесцветны и иметь вес бездефектной области не менее 0,5 кг.

Все кристаллы и их обломки, превышающие по наименьшему размеру 10 мм, если они прозрачны и содержат лишь ограниченное количество трещин, замутненных участков и посторонних включений (не более 70%), также являются ценным полезным ископаемым и используются в качестве сырья для плавки специальных сортов технического стекла, а также для ювелирных изделий. Необходимо также иметь в виду, что для ювелирного кварца и кварца, используемого для плавки технического стекла, двойники не являются дефектом.

**Исландский шпат.** К исландскому шпату, применяемому в оптической промышленности, предъявляются очень жесткие требования в отношении его прозрачности. По Техническим условиям в кристаллах исландского шпата высших сортов категорически не допускается наличие включений, трещин, мутных участков и неравномерная или интенсивная окраска. В кристаллах более низкого сорта допускается слабая, равномерная окраска желтого и розового цвета, а в кристаллах низших сортов—розовая и желтая окраска любой интенсивности и мелкие включения посторонних минералов. Минимальные размеры спайного ромбоэдра исландского шпата по Техническим условиям должны быть  $23 \times 23 \times 17$  мм.



**Оптический флюорит.** Аналогично пьезооптическому кварцу сорность оптического флюорита устанавливается в зависимости от выхода бездефектной области, причем к высшему сорту — уникальному, относятся лишь кристаллы с полным отсутствием каких-либо дефектов. Более низкие сорта кристаллов могут включать от 10% для первого сорта до 95% дефектных областей для третьего сорта. К перечню дефектов оптического флюорита относятся прежде всего окраска, которая совершенно недопустима, трещины, газово-жидкие и твердые включения.

В связи с малыми размерами изделий из оптического флюорита минимальная величина кристаллов или их частей, согласно Техническим условиям должна быть не менее 6 мм по двум измерениям и 5 мм по третьему, или не менее 10 мм по двум измерениям и 3 мм по третьему. Кристаллы, не отвечающие этим требованиям, но имеющие ограниченное количество трещин и включений, используются в качестве исходного сырья для выращивания оптического флюорита искусственным путем и также являются полезным ископаемым.

## **МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЬЕЗООПТИЧЕСКОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

### **Геологические условия образований**

Месторождениями пьезооптических минералов называются их скопления в природных условиях, в количествах, позволяющих организовать экономически выгодную разработку. Наша задача — найти такие месторождения. Для этого прежде всего надо иметь хотя бы ориентировочные представления о том, где и как их искать. Ответ на эти два важнейших вопроса дает изучение условий образования уже известных типов месторождений и их связи с геологической обстановкой, в которой они встречаются. Конечно, эти условия не могут быть совершенно одинаковы для пьезокварца, исландского шпата и оптического флюорита, поскольку их химический состав и происхождение различны, но некоторые положения являются общими. Так, например, установлено, что кристаллизация трех рассматриваемых минералов происходила в трещинах и других полостях земной коры, сыгравших роль природных кристаллизаторов, из горячих водных растворов, называемых гидротермальными

Всем известны школьные опыты по химии, демонстрирующие кристаллизацию обыкновенной поваренной соли, растворенной в воде. В этом опыте при охлаждении горячего насыщенного раствора соли на дне стеклянной банки — кристаллизатора образуются мелкие кубические кристаллики, выпадающие из раствора в связи с его охлаждением и уменьшением растворимости. Нечто подобное, только неизмеримо более сложное, происходило и в природе. Но откуда появилась вода и почему в растворе содержались, казалось бы такие нерастворимые вещества, как кремний, кальций и фтор, входящие в состав кварца, кальцита и флюорита? Геологи дают на этот вопрос совершенно определенный ответ: вода выделилась при застывании расплавленной магмы<sup>1</sup>, причем известно, что вода, находящаяся в условиях высоких температур и давлений, действует как сильнейший растворитель и поэтому она может содержать все элементы, необходимые для кристаллизации самых разнообразных минералов. Но сама магма, породившая все разнообразие изверженных горных пород, слагающих земную кору, соответственно имела и различный химический состав, обусловивший это разнообразие. По количеству содержания кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) различают кислые и основные магмы, которым соответствуют типичные горные породы, образовавшиеся вследствие их застывания — гранит и базальт.

Гранит — весьма распространенная горная порода, которую мы часто видим в постаментах различных памятников, облицовке многих зданий и набережных. Это довольно крупнозернистая порода, чаще всего розового или серого цвета, состоящая из кварца, слюды и полевого шпата. Нередко встречаются граниты, в которых присутствуют зерна флюорита, обычно фиолетового цвета, видимые простым глазом или в лупу.

Геологами установлена связь месторождений пьезооптического кварца и оптического флюорита с гранитами или изверженными породами, близкими к нему по составу. Это и понятно, так как в гранитной магме и в самих гранитах в больших количествах имеется кремнезем и фтор. Месторождения пьезооптического кварца и

---

<sup>1</sup> Магма — расплавленная огненная масса сложного состава, находившаяся в глубинных зонах земли. Горные породы, образовавшиеся в результате ее застывания, называются изверженными

флюорита довольно часто находятся непосредственно в самих гранитах; однако это не обязательно, месторождения могут располагаться где-нибудь по соседству с гранитами. Известны также случаи, когда граниты отсутствуют в непосредственной близости от месторождения, так как они не выходят на дневную поверхность и скрыты под покрывающими их породами. Присутствие гранитов устанавливается по наличию кварцевых и аплитовых<sup>1</sup> жил и ряду других признаков.

Итак, в самых общих случаях, сложный процесс образования месторождений пьезооптического кварца и оптического флюорита мы можем представить себе в следующей последовательности. Огненно-жидкая, расплавленная магма, имеющая в своем составе разнообразные вещества, в том числе значительные количества кремния и фтора, внедрялась в земную кору, постепенно остывала и кристаллизовалась, образуя мощные тела гранитов и других горных пород.

По мере охлаждения, из затвердевающей магмы выделялась вода, насыщенная газами и различными химическими элементами, присущими самой магме. Этот сложный водный раствор распространялся по многочисленным трещинам земной коры, представляющим замкнутые пустоты; растворы охлаждались, и вследствие этого происходила кристаллизация веществ, находившихся в растворенном состоянии. Так образовались, в частности, кварцевые жилы и жилы флюорита. В случае резкого охлаждения раствора кристаллизация происходила быстро с образованием молочно-белого кварца или флюорита мелкокристаллического строения. Подавляющее большинство кварцевых жил является именно такими и крупных кристаллов поэтому не содержит. В других, значительно более редких случаях, кристаллизация происходила в благоприятных условиях, при медленном остывании раствора в замкнутом пространстве, с сохранением относительно постоянных давлений. В таких природных кристаллизаторах, которыми являлись замкнутые трещины, вырастали крупные кристаллы пьезооптического кварца, отличающиеся идеальной прозрачностью и наличием кристаллографических форм, свойственных этому минералу. Совместно с кварцем, при наличии фто-

---

<sup>1</sup> Аплит — жильная порода, состоящая преимущественно из полевого шпата и кварца.

ра в составе раствора, мог кристаллизоваться оптический флюорит. Однако крупных промышленных месторождений оптического флюорита в кварцевых жилах мы не встречаем, так как для его образования характерны несколько иные, хотя и весьма сходные условия, о которых будет сказано ниже.

В отличие от пьезооптического кварца и оптического флюорита, основные типы промышленных месторождений исландского шпата связаны не с гранитами, а с горными породами, образовавшимися при остывании магмы основного состава, с пониженным содержанием кремнезема, но с большим количеством окиси кальция и углекислоты. К таким породам относятся базальты, диабазы и вулканические лавы. Сам процесс образования месторождений исландского шпата аналогичен описанному выше и происходил путем кристаллизации этого минерала из водных растворов, богатых кальцием и углекислотой, в трещинах зон дробления основных пород или в своеобразных пустотах, оставшихся в застывших лавах от переполнявших их газовых пузырей.

Известны также месторождения исландского шпата в известняках. Такие месторождения по условиям образования и внешнему виду весьма сходны с месторождениями пьезооптического кварца в кварцевых жилах, с той разницей, что вместо кварцевых жил в данном случае имеют место жилы кальцита.

Подводя итоги сказанному, следует сделать вывод, что необходимыми условиями для образования промышленных месторождений пьезооптических минералов являются наличие изверженных пород, служивших источником гидротермальных растворов, наличие трещин, по которым могли бы циркулировать эти растворы, а также наличие природных кристаллизаторов, в которых длительное время могли сохраняться постоянные температуры и давления, способствующие образованию более крупных кристаллов.

### **Основные типы месторождений пьезооптического кварца**

**Хрусталеносные кварцевые жилы.** Наиболее распространенным промышленным типом месторождений пьезооптического кварца являются кварцевые жилы. В связи

с бесконечным разнообразием форм и размеров трещин, кварцевые жилы, унаследовавшие эти формы, также весьма разнообразны. Наиболее простая форма жилы — плитообразная, но очень часто встречаются ветвящиеся, линзовидные, и сложные жильные тела, представляющие совокупность нескольких кварцевых жил, пересекающихся в разных направлениях.

Средние размеры жил по протяженности колеблются от 20 до 100 м, при мощности (толщине) от десятков сантиметров до нескольких метров. Однако часто кварцевые жилы достигают сотен метров и даже нескольких километров в длину.

По внешнему виду кварцевые жилы легко отличаются от вмещающих пород, так как они обычно сложены молочно-белым мелкокристаллическим кварцем, который может быть ошибочно принят за белый мрамор, менее твердый и вскипающий под действием соляной кислоты.

Кварцевые жилы могут быть встречены практически во всех горных породах, но следует иметь в виду, что большинство из них не содержит кристаллов пьезооптического кварца. Хрусталеносные кварцевые жилы располагаются обычно непосредственно в гранитах или в кварцитах и песчаниках, реже в известняках, мраморах и сланцах.

В хрусталеносных кварцевых жилах кристаллы не распределены равномерно по всей жиле и очень редко могут быть обнаружены с первого взгляда. Как правило, кристаллы располагаются в массе жильного кварца в виде хрусталеносных гнезд или, как их принято называть, погребов, представляющих собой местные скопления, беспорядочно ориентированных кристаллов кварца, различных по качеству и размерам. В центральной части гнезда или погреба часто имеется пространство, обычно заполненное глинистым материалом. Это пространство является остаточной частью того природного резервуара, в котором росли кристаллы.

Гнезда и погреба с горным хрусталем распределяются в жилах закономерно и неравномерно, что весьма затрудняет их поиски.

Размеры хрусталеносных погребов, так же как и форма их, весьма различны. Встречаются щелеобразные погреба, вытянутые вдоль жилы, трубообразные и ок-

руглой формы. Объем наиболее крупных погребов достигает сотен кубических метров, а общий вес добытых из них кристаллов составляет 10—15 т.

Месторождения пьезооптического кварца, представленные хрусталеносными кварцевыми жилами, характеризуются высоким качеством преимущественно бесцветных, водяно-прозрачных кристаллов горного хрусталя или дымчатого кварца.

Как сопутствующие минералы, совместно с горным хрусталем встречаются пирит, магнетит, хлорит, рутил, а на некоторых месторождениях — кальцит и полевошпат. Количество рудных минералов<sup>1</sup> всегда незначительно, что является одной из характерных черт хрусталеносных кварцевых жил.

**Минерализованные трещины.** Этот тип месторождений пьезооптического кварца по своему происхождению принципиально не отличается от предыдущего и также образовался за счет кристаллизации горного хрусталя из водных растворов, насыщенных кремнеземом.

В минерализованных трещинах кварц присутствует преимущественно в виде крупных кристаллов горного хрусталя, прикрепленных к стенкам трещин; жильный мелкокристаллический кварц встречается лишь в весьма ограниченных количествах. Отсутствие больших масс жильного кварца предположительно объясняется относительно малыми количествами раствора, поступавшего в полость трещины постепенно, и поэтому весьма медленным процессом кристаллизации.

Минерализованные трещины встречаются преимущественно в сланцах и кварцитах, но их не бывает в гранитах.

Месторождения данного типа невелики и встречаются довольно редко, но они характеризуются высоким качеством кристаллосырья.

**Месторождения пьезокварца в пегматитах.** В последнюю стадию охлаждения и кристаллизации гранитной магмы в некоторых случаях образуются своеобразные горные породы, названные пегматитами, с которыми бывают связаны месторождения многих полезных ископаемых, в том числе и пьезокварца.

---

<sup>1</sup> Рудные минералы — минералы, содержащие металлы.

Пегматиты относятся к категории жильных образований, но резко отличаются от кварцевых жил более сложным минеральным составом и условиями образования. Образование пегматитов<sup>1</sup> связывается с застыванием и кристаллизацией наиболее легкоплавкой и обогащенной газами гранитной магмы, которая концентрировалась в верхней части застывающего гранитного массива в виде небольших изолированных друг от друга очагов.

Хрусталеносные пегматиты в плане обычно представляют тела неправильной, но часто приближающейся к округлой, формы, состоящие в основном из полевого шпата и кварца, причем эти минералы распределяются в пегматитовом теле в определенном порядке.

Центральную часть пегматитового тела обычно занимает скопление серого кварца (кварцевое ядро), окруженное зоной развития крупных кристаллов полевого шпата, которая далее к периферии постепенно переходит в зону письменного гранита—породы, состоящей из полевого шпата и кварца, находящихся в закономерном прорастании. Пришлифованная поверхность письменного гранита очень красива, ее рисунок напоминает древнееврейские письмена, поэтому письменный гранит известен также под названием еврейского камня. Зона развития письменного гранита в свою очередь постепенно переходит в обыкновенный гранит.

Кварцевое ядро и зона крупнокристаллического полевого шпата часто содержат гнезда, камеры, или по выражению уральских горщиков—занорыши, с крупными кристаллами обычно дымчатого кварца или смоляно-черного мориона весьма высокого качества. В пегматитах нередко встречаются кристаллы-гиганты, весящие несколько тонн, однако они редко бывают качественными. Совместно с кристаллами кварца встречаются и добываются кристаллы топаза и берилла, которые относятся к драгоценным камням второго класса. В частности, крупнейший кристалл топаза, добытый в Советском Союзе на одном из пегматитовых месторождений пьезокварца, весил свыше 70 кг.

---

<sup>1</sup> Имеется много теорий образования пегматитов, предложенных различными учеными. Здесь дается лишь примитивная схема процесса их образования и краткое описание пегматитов.



Хрусталеносные пегматиты располагаются обычно в пределах гранитных массивов, вблизи их контакта с вмещающими породами, что важно иметь в виду при поисках.

Известны хрусталеносные пегматиты, которые располагаются и за пределами гранитных массивов, но такие месторождения обладают незначительными запасами и невысоким качеством кристаллов.

Крупные промышленные месторождения пьезокварца содержат десятки и сотни пегматитовых тел, образующих пегматитовые поля, занимающие значительные площади.

Несмотря на высокое качество кристаллов, в связи с их интенсивной окраской морионы, добытые из пегматитовых тел, как оптический кварц не используются, но олагодаря крупным размерам представляют большую ценность как пьезокварц.

**Хрусталеносные россыпи.** Хрусталеносные кварцевые жилы, минерализованные трещины и пегматиты являются коренными месторождениями, в которых кристаллы пьезооптического кварца находятся в том же месте, где они образовались. Но во многих случаях, в результате воздействия сил природы, постоянно изменяющих лик Земли, коренные месторождения подвергаются полному или частичному разрушению путем размыва и выветривания, а кристаллы перемещаются водными потоками или скатываются по склонам под действием собственной тяжести на более или менее значительные расстояния. Перемещенные кристаллы, накапливаясь, в благоприятных условиях образуют хрусталеносные россыпи, являющиеся вторичными месторождениями.

Кварц—минерал твердый и устойчивый по отношению к механическим воздействиям, хорошо сохраняется при переносе, но подвергается окатыванию и превращается в гальку, не имеющую кристаллографических граней (рис. 6), которые частично или полностью сошлифовываются. При перемещении кристаллы подвергаются природному обогащению, теряя часть дефектных трещиноватых участков, которые откалываются в первую очередь, как наиболее ослабленные. В хрусталеносных россыпях полуокатанные кристаллы и галька располагаются в рыхлых породах, песке или глине вместе с обломками сохранившихся от разрушения горных пород.

Россыпи могут быть поверхностными или погребенными, перемещенными или остаточными. В поверхностных россыпях обломки и гальки кристаллов располагаются неглубоко, а в погребенных бывают скрыты под мощным слоем рыхлых наносов. Перемещенные россыпи удалены от источника их образования, а остаточные находятся непосредственно на месте разрушенных хрусталеносных пегматитов или кварцевых жил.



Рис. 6. Галька горного хрусталя

Площади россыпей различны по конфигурации и величине, что зависит от масштаба коренных месторождений и интенсивности разноса. Как правило, перемещенные россыпи занимают большие площади, чем остаточные, и имеют контур, вытянутый в направлении перемещения кристаллов; конфигурация россыпи может полностью совпадать с очертанием древнего лога или оврага, по которому происходил перенос. Остаточные россыпи в плане более округлы.

Известны весьма крупные хрусталеносные россыпи, имеющие большие запасы и богатые содержания пьезооптического кварца очень хорошего качества.

Необходимым условием для образования промышленных хрусталеносных россыпей является сравнитель-

но небольшая интенсивность переноса, что зависит в основном от рельефа местности и энергии размывающих коренное месторождение водных потоков. При неблагоприятных условиях кристаллы могут быть рассредоточены и разнесены на такие расстояния, что их добыча станет невозможна.

### **Месторождения оптического флюорита**

В настоящее время известны два основных промышленных типа месторождений оптического флюорита, отличающихся геологическими условиями образования и неравноценных по количеству и качеству кристалло-сырья. К ним относятся месторождения оптического флюорита в пегматитах и в зонах дробления известняков. Кроме того, в ограниченных количествах оптический флюорит встречается на месторождениях плавикового шпата.

**Оптический флюорит в пегматитах.** Флюоритоносные пегматиты, подобно ранее описанным пегматитам, содержащим пьезокварц, представляют собой геологические тела, сложенные в основном кварцем и полевым шпатом, располагающиеся в пределах гранитных массивов. Форма тел обычно приближается к округлой (изометричной), размеры сравнительно невелики, от нескольких метров до 15—30 м в поперечнике.

Очень крупные, до 10 и более килограммов весом кристаллы оптического флюорита находятся в занорышах, расположенных внутри пегматитового тела, в пределах зон крупнокристаллического полевого шпата и кварцевого ядра. Совместно с оптическим флюоритом встречается пьезокварц (морион), но обычно в незначительных количествах.

Общий вес кристаллов, извлекаемых при вскрытии крупного занорыша, достигает 8—10 т, однако в результате сортировки и обогащения отбирается не более 200—300 кг оптического флюорита, отвечающего техническим требованиям. Основным дефектом кристаллов оптического флюорита, добываемых из пегматитов, является весьма интенсивная фиолетовая или розовая окраска, поражающая почти весь кристалл, за исключением небольших областей, оставшихся бесцветными. В связи с этим крупные густо окрашенные кристаллы флюорита должны подвергаться осторожному раскалыванию, что

необходимо для осмотра их внутренней части, которая может оказаться неокрашенной.

Месторождения оптического флюорита, связанные с пегматитами, благодаря высокому качеству кристаллосырья имеют большое народнохозяйственное значение и относятся к наиболее важному промышленному типу. Пегматиты в гранитных массивах распространены довольно широко, но флюоритоносные пегматиты встречаются весьма редко и являются объектом самых тщательных поисков.

**Оптический флюорит в зонах дробления<sup>1</sup> известняков.** Этот тип месторождений оптического флюорита также является весьма важным и характеризуется большими запасами и хорошим качеством кристаллов.

Месторождения оптического флюорита в известняках встречаются в области распространения трещин в указанных породах. При циркуляции по этим трещинам гидротермальных растворов, содержащих значительные количества фтора, на стенках трещин и полостей, образовавшихся вследствие растворения и частичного выноса известняков, отлагались кристаллы оптического флюорита. Наряду с этим часть трещин могла заполняться сплошными массами мелкокристаллического плавикового шпата, образуя более или менее крупные жилые тела.

Полости, на стенках которых выкристаллизовался оптический флюорит, обычно бывают многокамерными и имеют весьма причудливые формы, обусловленные расположением трещин, пересекающихся в разнообразных направлениях. Кристаллы оптического флюорита на таких месторождениях имеют форму правильных кубиков с высотой по ребру в 3—5 см, в редких случаях встречаются более крупные кубические кристаллы до 15—25 см высотой. Большинство кристаллов бесцветны, но некоторые слабо окрашены преимущественно в голубой или зеленый цвет. Интенсивная фиолетовая окраска, свойственная флюориту пегматитовых месторождений, здесь почти не встречается.

---

<sup>1</sup> Участок горных пород, пересеченный большим количеством трещин различных направлений, принято называть зоной дробления, а если эти трещины заполнены каким-либо минералом, например, тем же флюоритом, то такая зона дробления называется минерализованной зоной.

Совместно с кристаллами оптического флюорита в полостях и трещинах располагаются пластинчатые кристаллы бесцветного барита, мелкие кристаллики кварца, встречается также галенит, реальгар и аурипигмент, которые очень легко определить благодаря их характерному виду.

Галенит или свинцовый блеск,—минерал с большим содержанием свинца и весьма на него похожий, встречается в кристаллах кубической формы или мелкозернистых скоплениях; тяжелый с ясно выраженным металлическим блеском.

Реальгар и аурипигмент — соединения мышьяка и серы. Реальгар оранжево-красного цвета, аурипигмент золотисто-желтого; оба минерала хорошо режутся ножом. Аурипигмент легко расщепляется на листочки (как слюда), но не упругие, а мягкие.

**Оптический флюорит на месторождениях плавикового шпата.** Месторождения оптического флюорита в пегматитах и известняках относятся к группе месторождений собственно оптического флюорита, в которых практически весь флюорит представлен крупными, хорошо оформленными кристаллами, являющимися основным полезным ископаемым данных месторождений. Известны также месторождения обыкновенного зернистого, кристаллического флюорита или плавикового шпата, образующего мощные жильные тела, в которых иногда могут встречаться небольшие пустотки и трещины, заполненные кристаллами оптического флюорита.

Значение месторождений плавикового шпата, как источника оптического флюорита, весьма невелико, но учитывая большую редкость и высокую ценность этого минерала, выходы плавикового шпата следует тщательно осматривать. Сам плавиковый шпат является важным минеральным сырьем для металлургической, химической и других отраслей промышленности, поэтому его месторождения, независимо от присутствия оптического флюорита, весьма важны.

Наиболее характерны месторождения плавикового шпата, представленные жильными телами, линзами и залежами, приуроченными к зонам дробления горных пород. Известны мощные жилы длиной до 1 км и более, которые обычно залегают непосредственно в гранитном массиве недалеко от границы с вмещающими породами.

В месторождениях флюорита жильного типа часто встречаются большие количества рудных минералов, содержащих свинец, цинк и серебро. Такие месторождения представляют ценность для народного хозяйства не только как источник добычи флюорита, но и как месторождения целого ряда металлов.

Флюорит образует скопления, состоящие из мелких сросшихся кристалликов зеленого, желтого или красного цвета. Среди зернистого кристаллического флюорита в отдельных случаях могут находиться незначительные по размерам гнезда или трещины с кристаллами оптического флюорита, который резко отличается от основной массы плавикового шпата крупными размерами кристаллов и прозрачностью.

### **Месторождения исландского шпата**

По условиям образования месторождения исландского шпата делятся на две группы, весьма резко отличающиеся друг от друга по характеру пород, в которых они залегают. Это обстоятельство является важнейшим моментом, который необходимо учитывать при поисках.

**Исландский шпат в породах трапповой формации.** Трапп—слово шведского происхождения и означает «ступени лестницы». Этот термин был применен в Скандинавии для обозначения магматических пород — базальтов, порфириров, диабазов и т. д., отличающихся в естественных обнажениях ступенчатой, напоминающей лестницу, отдельностью<sup>1</sup>.

Породы трапповой формации относятся к основным породам, весьма бедным кремнеземом. Кварц в свободном состоянии, в виде зерен, в этих породах почти не встречается, в их составе преобладают темноцветные минералы, сообщающие породе темно-серый или черный цвет.

Среди пород трапповой формации широко развиты древние лавовые покровы и так называемые туфогенные отложения, представляющие собой горные породы, образовавшиеся из продуктов древних вулканических извержений: пепла, песка и вулканических бомб.

---

<sup>1</sup> Характерная форма, возникающая при естественном раскалывании горных пород под влиянием внешних сил и внутренних напояжений.

Туфогенные отложения и лавовые покровы занимают большие площади, в вертикальном разрезе образуя несколько ярусов. Лавовые покровы характеризуются однородным составом и часто содержат большое количество пор и довольно крупных пустот—миндалин, бывших газовых пузырей, переполнявших поток расплавленной лавы. Такие породы называются мандельштейнами. Туфогенные отложения отличаются грубообломочным составом, наличием беспорядочного скопления обломков песчаников, сланцев и вулканических бомб, сцементированных вулканическим пеплом.

Крупнейшие в мире месторождения исландского шпата связаны с породами трапповой формации, наиболее важные из них представлены нижеследующими тремя типами.

*Месторождения в зонах дробления туфов.* Гнезда с кристаллами исландского шпата располагаются в участках крупноглыбового дробления туфов, поскольку здесь сочленились два условия, необходимые для образования высококачественных кристаллов: наличие трещин, обеспечивающих циркуляцию гидротермальных растворов, и наличие свободных полостей между крупными глыбами туфов. Величина гнезд достигает 50—70 см в поперечнике, причем каждое гнездо содержит один сросток кристаллов исландского шпата иногда в несколько десятков килограммов весом. Кристаллы бесцветны или окрашены в слабый лимонно-желтый цвет.

*Месторождения в лавовых покровах.* Кристаллы исландского шпата находятся в многочисленных пустотах (миндалинах) или образуют гнезда, приуроченные к трещинам, отчасти заполненным жилами халцедона (разновидность кварца). Мощность покровов достигает 10—20 м, однако зона распространения миндалин не превышает 3—4 м. Кристаллы исландского шпата сравнительно небольшие, 10—15 кг весом и в связи с интенсивной окраской (чайного цвета) низкого качества.

*Месторождения в шаровых лавах.* В результате излияния лавового потока в воду образовались горные породы, обладающие своеобразной шаровой отдельностью. По внешнему виду шаровые лавы напоминают беспорядочное скопление черных глыб грубосферической формы, скорлуповатого, концентрического сложения



Исландский шпат, кальцит и сопутствующие минералы гнездами располагаются в промежутках на стыке между несколькими сферическими глыбами, слагающими лаву. Величина гнезд с кристаллами исландского шпата—от 10—15 см до 1—1,5 м в поперечнике. Максимальный вес кристаллов 50—60 кг.

Месторождения в шаровых лавах занимают обширные площади (до нескольких тысяч квадратных метров), содержат большие запасы, но характеризуются сравнительно низким качеством кристаллов, в связи с обилием в них твердых включений и интенсивной окраской.

**Исландский шпат в известняках и мраморах.** Месторождения исландского шпата в известняках и мраморах широко известны и подразделяются на два основных типа—жилые месторождения и месторождения карстовых пустот.

В первом случае месторождения представлены жилами кальцита, приуроченными к участкам развития трещин и зон дробления в известняках или мраморах. Форма, мощность и протяженность жил весьма разнообразна, жилы слагаются исключительно кальцитом, белым мелкозернистым или крупнокристаллическим. Кристаллы исландского шпата весом до 50 кг встречаются в гнездах, располагающихся в раздувах (местах увеличения мощности жил) или местах пересечения двух или нескольких кальцитовых жил. Свободное пространство гнезд заполнено красно-бурой глиной и обломками известняка. Кристаллы исландского шпата преимущественно бесцветные, но встречаются также окрашенные в лимонно-желтый и розовый цвета. Качество кристаллов невысокое, обильные включения глинистых частиц, рудных минералов и пузырьков с жидкостью представляют обычное явление. Кристаллы лучшего качества имеют форму скаленоэдров.

Месторождения карстовых пустот встречаются значительно реже. Они представляют собой пещеры в известняках, образовавшиеся вследствие растворения и выноса этих малоустойчивых пород поверхностными и трещинными водами, циркулирующими по различным трещинам, расположение которых определяет и форму пещер, обычно причудливую. Кристаллы исландского шпата совместно с непрозрачными или полупрозрачными кристаллами кальцита прикреплены к стенкам и

кровле пещер, а также располагаются на дне пещеры среди глины, обломков обрушившейся кровли и известнякового щебня.

В карстовых пещерах встречаются крупные кристаллы исландского шпата преимущественно скаленоэдрического облика, однако они в большинстве случаев трещиноваты, и прозрачные, более высокого качества участки, находятся в их центральной части, откуда их и приходится выкалывать. В связи с малым количеством хороших кристаллов месторождения исландского шпата в карстовых пещерах имеют небольшое промышленное значение.

### **ГДЕ И КАК ИСКАТЬ ПЬЕЗООПТИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЫ**

Территория нашей страны огромна, в ее пределах можно встретиться с различными геологическими условиями и успех поисков месторождений во многом зависит от того, насколько правильно выбран район поисков. В самом деле, было бы, например, неправильно искать месторождение пьезокварца на территории Московской области, так как доступная нашему наблюдению поверхностная часть земной коры состоит здесь из песчаных и глинистых отложений совсем недавнего происхождения, в которых не может быть ни кварцевых жил, ни пегматитов. Встречающиеся древние известняки не минерализованы в виду отсутствия изверженных пород и поэтому также не могут содержать месторождений пьезокварца. С другой стороны, вполне логично и целесообразно искать в Московской области месторождения каменного угля, глин и строительных материалов, так как геологические условия для образования этих месторождений были здесь вполне благоприятными.

При выборе района поисков необходимо руководствоваться определенными признаками, характерными для месторождений нужного полезного ископаемого, которые называются поисковыми признаками.

### **Понятие о поисковых признаках**

Под поисковыми признаками понимаются любые признаки как геологического, так и общего порядка, прямо или косвенно указывающие на возможность присутствия в данном районе того или иного полезного ископаемого.

К геологическим поисковым признакам относятся прямые находки небольших количеств полезного ископаемого, наличие горных пород, в которых данное полезное ископаемое чаще всего встречается, присутствие определенных структур и т. д.

Поисковыми признаками косвенного и общего характера являются архивные данные о древних добычных работах, названия гор (например, гора Хрустальная) ущелий, древние сказания, рассказы местных жителей и т. д.

Поисковые признаки различны для разных полезных ископаемых, но некоторые из них являются общими.

Наиболее надежным прямым поисковым признаком для всех трех интересующих нас минералов является находка кристаллов этих минералов, которые могут храниться в краеведческом музее, у охотников, старателей и просто местных жителей.

Если факт находки кристаллов установлен, то район можно считать безусловно перспективным, хотя это еще не гарантирует открытия промышленного месторождения, так как кристаллы могут быть встречены в малых количествах. Тем не менее находка кристаллов является наиболее веским основанием для проведения поисков.

Важнейшим поисковым признаком для месторождений пьезооптического кварца и оптического флюорита служит наличие гранитов в сопровождении кварцевых жил и пегматитовых тел. Присутствие гранитов важно и в том случае, если конкретных данных о кварцевых жилах и пегматитах нет. Весьма положительным признаком является наличие в гранитах мелких зерен — вкрапленников флюорита. В таких гранитах наиболее возможно встретить месторождение оптического флюорита.

Известно, что месторождения пьезооптического кварца, представленные кварцевыми хрусталеносными жилами, обычно встречаются в породах, богатых кремнеземом — кварцитах и песчаниках, причем кварцевые жилы залегают в зонах развития трещин. Отсюда следует, что наличие в районе кварцитов и песчаников также является поисковым признаком месторождений пьезо-кварца. С другой стороны, этот же признак является отрицательным для месторождений исландского шпата,

которые не встречаются в породах, богатых кремнеземом, а наоборот присущи основным породам типа базальтов и диабазов или известнякам и мраморам. В свою очередь пьезокварц и оптический флюорит нехарактерны для базальтов и диабазов.

Наличие зон дробления с явлениями минерализации относится к важным поисковым признакам для всех месторождений пьезооптических минералов.

Горные районы и районы со складчатым строением земной коры, прорванной изверженными породами, являются более перспективными для поисков месторождений, чем районы со спокойным залеганием пластов.

Таким образом, можно кратко суммировать наиболее важные поисковые признаки месторождений пьезооптических минералов:

1. Прямые поисковые признаки:

а) данные о непосредственных находках кристаллов, наличие старых горных выработок, из которых они добывались; архивные данные, свидетельствующие о добыче полезного ископаемого в этом районе.

2. Косвенные поисковые признаки геологического характера:

а) наличие в районе поисков гранитных массивов, базальтов, диабазов, шаровых лав;

б) широкое распространение кварцевых жил, пегматитов и кальцитовых жил;

в) развитие в районе поисков кварцитов и песчаников, мраморов и мраморизованных известняков в сочетании с изверженными породами и проявлениями деятельности гидротермальных растворов;

г) наличие в районе поисков сбросов<sup>1</sup> и зон дробления горных пород, благоприятных для образования различных жильных тел.

У читателя может возникнуть здесь вопрос, каким же образом можно заранее узнать, имеются ли в том или ином районе гранитные массивы, известняки и кварциты или другие перечисленные нами горные породы.

Ответ на этот вопрос может дать знакомство с минимальным количеством геологической литературы и с геологической картой по данному району. Геологические

---

<sup>1</sup> Сброс — нарушение земной коры, сопровождающееся вертикальным перемещением горных пород и образованием трещин.

карты с детальностью масштаба до 1 : 1 000 000 и литература свободно продаются во многих книжных магазинах, или могут быть выписаны через Госгеолтехиздат. По всем возникающим вопросам надо обращаться к работникам краеведческих музеев, школьным преподавателям и к геологам, работающим в районе.

### **Методика поисков**

В настоящее время существуют весьма эффективные методы поисков для некоторых полезных ископаемых, позволяющие обнаружить месторождения по показаниям особых приборов из кабины самолета, облетающего местность, или автомобиля. Эти методы, основанные на улавливании физических свойств руд (их магнитности, радиоактивных излучений), которые могут быть зафиксированы приборами на значительных расстояниях от месторождения.

Физические свойства пьезооптических минералов, как нам уже известно, своеобразны и замечательны, однако их характер таков, что месторождения пьезокварца, оптического флюорита и исландского шпата, скрытые в земной коре, пока не могут быть обнаружены с помощью приборов.

Для того чтобы открыть месторождение пьезооптического минерального сырья, необходимо обследовать весь район рядом маршрутов, преследуя цель найти кварцевую жилу, пегматитовое тело, россыпь или минерализованную зону с кристаллами, или другое непосредственное проявление полезного ископаемого. Такой метод поисков называется методом маршрутного исхаживания местности. В течение летних месяцев геолог-поисковик проходит сотни километров, тщательно осматривая выходы горных пород, кварцевые жилы и скопления гальки в руслах рек, отыскивая кристаллы и отмечая на карте места их находки для того, чтобы впоследствии организовать разведочные работы.

Методы и характер проведения поисков месторождений пьезооптических минералов различны для районов с разными геологическими условиями.

**Организация поисковых работ.** Правильная организация поисков должна начинаться с изучения геологиче-

ских и географических материалов по району. Следует по возможности установить с какими горными породами придется встретиться поисковику, где они расположены, каков характер рельефа, степень обнаженности, проходимость местности, наличие водных путей в районе и другие данные, на основании которых можно составить ориентировочный план предстоящих маршрутов. Особое внимание должно быть уделено выяснению данных о находках самого полезного ископаемого среди местного населения, охотников, краеведов и по литературным источникам. Практика геологоразведочных работ показала, что в большинстве случаев местное население может оказать в решении этих вопросов огромную пользу. Это особенно относится к пьезооптическим минералам, так как внешний вид их кристаллов настолько характерен, что невольно привлекает внимание каждого. Многие месторождения пьезооптического минерального сырья были обнаружены благодаря случайным находкам местных жителей.

Весьма желательно иметь в своем распоряжении геологическую и топографическую карты, причем последняя особенно необходима. Если есть возможность, то следует ознакомиться с коллекцией наиболее часто встречающихся горных пород и минералов, а также научиться определять их в естественных условиях.

В минимальный комплект специального снаряжения поисковика должны входить: геологический молоток, компас и лупа, а также небольшой пузырек с разбавленной соляной кислотой для определения известняков, мрамора и кристаллов кальцита. Геологический молоток отличается от обыкновенного оттянутым кайлообразным острым концом и более длинной рукояткой. Такой молоток более удобен при небольших раскопках в рыхлых породах.

**Распределение маршрутов.** Поскольку в большинстве случаев месторождения пьезооптических минералов приурочены к твердым породам, образующим скальные выходы, поисковые маршруты в целях экономии времени и сил целесообразно распределить так, чтобы по возможности миновать обширные заболоченные пространства, низменные лесные массивы и другие участки местности, где нет надежды встретить выходы коренных пород. Геологическое обследование таких участков под

силу только хорошо оснащенным специальным геолого-разведочным партиям.

Поисковые маршруты должны проходить по тем направлениям, где больше возможностей встретить различные горные породы, выходящие на дневную поверхность. В этом отношении более благоприятны склоны оврагов, обрывы, русла и долины рек и ручьев, вершины сопок. В горных районах с хорошей обнаженностью условия для поисков легче, чем в степных, где поисковику часто приходится видеть лишь небольшие обломки и высыпки горных пород.

Если имеется геологическая карта, то, сообразуясь с ее данными, наиболее детальному обследованию подлежат те территории, где располагаются изверженные горные породы, кварциты, мраморы и известняки.

Следует иметь в виду, что на геологических картах бывают указаны расположения зон дробления, а на детальных — области распространения кварцевых, кальцитовых жил и пегматитов. Разумеется, что такие участки должны обследоваться в первую очередь.

**Обследование жильных тел и выходов горных пород.** Из описания типов промышленных месторождений пьезооптических минералов вытекает, что основное внимание поисковика должны привлекать выходы кварцевых и кальцитовых жил, пегматиты и зоны дробления, минерализованные кварцем, флюоритом и кальцитом. Присутствие в районе поисков выходов горных пород, с которыми бывают связаны месторождения пьезооптических минералов, не содержащих непосредственных признаков полезного ископаемого, подтверждают, что район выбран правильно.

Различные изменения горных пород могут свидетельствовать о проявлении в данном участке интенсивной деятельности гидротермальных растворов. Подобные участки должны обследоваться с особой детальностью.

Деятельность гидротермальных растворов в ряде случаев выражается присутствием среди гранитов, известняков, кварцитов или мраморов большого количества мелких прожилков, сложенных кварцем, крупнокристаллическим кальцитом или указанными минералами вместе, появлением ожелезненных охристых участков, заметных по характерному ржаво-бурому цвету, увеличением крупности зерна породы, наличием таких



минералов как хлорит, гематит, пирит, галенит, флюорит. В результате воздействия гидротермальных растворов в породах могут появиться пустоты, заполненные глинистой массой бурого, красного или белого цвета, порода теряет монолитность, становится более мягкой и легко поддается разрушению. Такие горные породы должны тщательно обследоваться, наиболее ослабленные участки необходимо раскапывать с помощью геологического молотка или кайлы, так как здесь могут быть обнаружены кристаллы.

Последовательное прослеживание участков пород с проявлениями гидротермальных изменений может привести к открытию минерализованных зон дробления, где все указанные явления получили более мощное развитие и сопровождались выделением кристаллов горного хрусталя, оптического флюорита или исландского шпата, в зависимости от состава минералообразующих растворов и вмещающих пород.

Наиболее ответственным моментом при поисках пьезокварца и оптического флюорита является обследование кварцевых жил и пегматитовых тел. При поисках могут быть встречены одиночные кварцевые жилы, небольшие группы в 5—10 жил и жильные поля, в пределах которых насчитываются сотни кварцевых жил. Все они независимо от размера должны подвергаться тщательному внешнему осмотру, а в отдельных случаях — легким раскопкам с помощью геологического молотка.

Прежде всего следует обратить внимание на характер жильного кварца. Он может быть плотным, мелкозернистым, сахаровидным или крупнокристаллическим, шестоватым, состоящим из плотно сросшихся молочно-белых и полупрозрачных кристаллов.

Шестоватый, друзового сложения жильный кварц характерен для большинства известных хрусталеносных жил и является весьма благоприятным поисковым признаком.

Плотный сахаровидный кварц указывает на более быструю кристаллизацию и менее благоприятные условия для образования высококачественных кристаллов, однако этот признак не является решающим и не исключает возможности существования хрусталеносных гнезд.

Необходимо иметь в виду, что гнезда и погребка с кристаллами горного хрусталя очень часто располага-

ются в местах резкого увеличения толщины (мощности) кварцевых жил, т. е. в раздувах и на месте пересечения или ответвления от основной жилы более мелких ее отростков (апофиз).

На местоположение гнезд с кристаллами могут указывать скопления в кварцевой жиле бурой или белой глины, обособления хлорита или кальцита, участки, где жильный кварц имеет резко выраженное крупнокристаллическое, шестоватое строение. Во всех указанных местах необходимо хотя бы немного раскопать жилу геологическим молотком.

Гнезда и погребя могут располагаться не только в самой жиле, но и на ее контакте (границе) с вмещающими породами, а также и во вмещающих породах, но в непосредственной близости к жиле.

Большое значение следует придавать изучению щебенки и развалов жильного кварца, располагающихся в зависимости от рельефа местности или непосредственно вокруг жилы, или ниже ее по склону. В результате воздействия сил природы (воды, ветра, мороза) жилы разрушаются, обломки жильного кварца и кристаллы скатываются под действием собственной тяжести и накапливаются вблизи жилы в различных впадинах и понижениях, иногда в больших количествах, где они легко обнаруживаются.

Детальные обследования кварцевых жил могут быть полностью выполнены лишь в условиях хорошей обнаженности, когда кварцевые жилы находятся на поверхности земли и доступны изучению. Во многих случаях жилы на поверхность не выходят и бывают скрыты под различными наносами на глубине нескольких метров. Однако даже в таких неблагоприятных условиях кварцевая щебенка, обломки кристаллов и мелкие гальки горного хрусталя все же оказываются на поверхности и могут быть найдены на пашнях, в руслах ручьев и рек. Конечно, находка кристаллов в подобных условиях является лишь прямым поисковым признаком, но она служит достаточным основанием для организации поисково-разведочных работ силами специалистов — геологов.

Поиски хрусталеносных пегматитов и пегматитов с оптическим флюоритом сложнее поисков хрусталеносных кварцевых жил. Пегматиты встречаются значительно реже, их состав мало отличается от гранитов, и в

связи с этим они менее заметны на фоне вмещающих пород.

Подобно кварцевым жилам пегматиты также встречаются группами и иногда образуют пегматитовые поля, занимающие обширные площади. Установлено, что в большинстве случаев хрусталеносные и флюоритоносные пегматиты располагаются непосредственно в гранитах, причем они концентрируются не в центральной части гранитных массивов, а в довольно узкой полосе, протягивающейся вдоль границы массива с вмещающими породами. Эта зона гранитного массива наиболее важна для поисков и заслуживает самого пристального внимания.

В условиях хорошей обнаженности пегматитовые тела, особенно имеющие в центре кварцевое ядро, обнаруживаются довольно легко. Кварцевое ядро, как более устойчивая часть пегматитового тела, образует бугор, заметный в рельефе. От кварцевых жил пегматиты отличаются по присутствию больших количеств крупных кристаллов полевого шпата и участкам с закономерным прорастанием полевого шпата (письменный гранит). Искать кристаллы пьезокварца и оптического флюорита следует как в самом пегматитовом теле, так и непосредственно вокруг, делая небольшие закопушки в осыпи.

Напомним, что кристаллы пьезокварца в пегматитах обычно окрашены в смоляно-черный цвет (морион), а флюорита — в фиолетовый или розовый. Бесцветные участки в немногих найденных обломках фиолетового флюорита могут и не встретиться, тем не менее факт находки флюорита весьма важен и о нем следует сообщать геологическим организациям.

Поиски пегматитовых тел в районах с плохой обнаженностью затруднительны, их присутствие устанавливается по щебенке и обломкам кристаллов полевого шпата и кварца.

При поисках месторождений исландского шпата в основных породах необходимо иметь в виду, что кристаллы встречаются только на участках, претерпевших сильнейшие гидротермальные изменения. Такие участки легко поддаются выветриванию и соответствуют в рельефе местности понижениям, в отличие от пород неизменных, которые более устойчивы и характеризуются скальными уступами и вертикальными обрывами.

Среди лавовых покровов месторождения исландского шпата следует искать исключительно среди шаровых лав и мандельштейнов.

В случае чередования нескольких лавовых покровов выходящих, например, в береговом обрыве, пологие уступы являются выходами мандельштейнов и шаровых лав, а отвесные части склона—пустых неизменных базальтов.

Так как зона мандельштейна всегда располагается в верхней части лавового покрова, то особое внимание должно уделяться осмотру границы лавового покрова с породами, перекрывающими его сверху, выше по склону. Как косвенный признак возможного присутствия исландского шпата следует считать наличие в осыпях яшмовидного халцедона (цветной кремень).

Для месторождений исландского шпата в известняках очень характерно присутствие крупных скоплений красных и бурых глин, заполняющих гнезда с исландским шпатом и образовавшихся в результате растворения и выноса известняков. Такие скопления глин необходимо раскапывать, причем первые находки кристаллов могут быть сделаны прямо на поверхности или после первых же ударов молотка или кайлы.

В заключение следует кратко остановиться на обследовании речных долин. В районах с приподнятым рельефом и хорошо развитой сетью водных потоков следует обращать внимание на обломки горных пород и гальку, накапливающиеся в их руслах.

Кварц хорошо переносит транспортировку на большие расстояния, и среди нагромождений глыб различных горных пород в русле рек могут встретиться обломки кварцевых жил, куски пегматита и окатанные кристаллы.

Исландский шпат и оптический флюорит значительно менее устойчивы, чем кварц, но если выходы кальцитовых или флюоритовых жил находятся недалеко, то эти минералы также могут быть найдены в галечниках. Естественно, что в таких случаях коренной источник кварца или кальцита следует искать вверх по течению реки, не забывая осматривать боковые притоки.

Найти кристаллы пьезооптических минералов—сложная и важная задача. Но это еще не открытие месторождения. На смену поисковику придут геологи-разведчики,

вооруженные техникой. Они пробурят глубокие скважины, врежутся шурфами и шахтами в толщи пород, хранящих свои тайны, и произведут оценку месторождения, подсчитают его запасы.

Чтобы облегчить труд этих людей, поисковик должен сообщить свои наблюдения, которые помогут организации дальнейших работ в районе находок. Прежде всего следует собрать образцы кристаллов. Не следует гнаться за количеством образцов, их может быть немного, но нужно отобрать лучшие по качеству. Крупные кристаллы можно описать или сфотографировать, положив рядом какой-либо предмет для масштаба.

Места находок кристаллов нужно обязательно отметить непосредственно на местности каменным туром, затесом на дереве или крепко вбитым столбиком, а также указать на топографической карте. Если карты нет, можно составить примерный план местности с обязательной привязкой к ближайшему населенному пункту, деревне, хутору, известной лесной сторожке и т. п.

Очень желательно составить краткое описание района находки кристаллов, указать, по возможности, количество обнаруженных кварцевых жил или пегматитовых тел, в каких породах они залегают, отметить их протяженность и мощность.

Все материалы и образцы вместе с заявлением об открытии должны быть посланы в ближайшее геологическое управление или в Министерство геологии и охраны недр СССР (Москва, Большая Грузинская ул., 4/6).

---

# О П Е Ч А Т К И

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
15	2 сверху	сорность	сортность
28	3 снизу	Лавочные	Лавовые

Сканирование - Беспалов  
DjVu-кодирование - Беспалов



Цена 60 коп.

с 1.1-1961 г.

цена 0 р. 06 к.

ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ