

## ВЫСТАВКА «МИНЕРАЛЫ ХРУСТАЛЕНОСНЫХ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ» В МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМ МУЗЕЕ ИМ. А.Е. ФЕРСМАНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

О.Л. Свешникова

*Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана, РАН, Москва, olsveshnikova@mail.ru*

Выставка, созданная в музее в 2016 г. и получившая название «Минералы хрусталеносных кварцевых жил», построена в основном на материале из хрусталеносных месторождений Приполярного Урала. В этом регионе в настоящее время выделяют 2 типа хрусталеносных жил. Один, известный под названием альпийских жил, относится к латераль-секреционным образованиям, другой имеет гидротермально-метаморфогенную природу. Полости в обоих типах жил выполнены практически одинаковым комплексом минералов, состоящих почти исключительно из литофильных элементов. Главный минерал полостей — кварц, среди ассоциирующих с ним минералов наиболее часты адуляр, альбит, карбонаты, титансодержащие минералы: рутил, брукит, анатаз, ильменит, титанит; минералы бора: турмалин и аксинит; эпидот, хлорит и др. Все эти минералы, представленные, как правило, прекрасно образованными кристаллами, демонстрируются на выставке. Особое внимание уделено онтогении кристаллов кварца. На выставке показаны кристаллы различного габитуса, разной степени искажения формы, обладающие теми или иными особенностями макростроения (или анатомии). Приводятся примеры важности изучения онтогении минералов для решения генетических вопросов.

В статье 14 рисунков, список литературы из 21 названия.

Ключевые слова: выставка, Минералогический музей, гидротермально-метаморфогенные хрусталеносные кварцевые жилы, альпийские жилы, кварц, онтогения.

Хрусталеносные кварцевые жилы известны во многих странах мира. В России наиболее обширные хрусталеносные провинции локализованы на Урале и в Алданском районе Якутии. Генетическая природа хрусталеносных жил неодинакова, и в интерпретации ее до сих пор существует ряд спорных моментов.

В России наиболее изучены месторождения Приполярного Урала. Здесь среди метаморфитов амфиболитовой фации и фации зеленых сланцев выявлены жилы двух типов (Буканов и др., 2012). Одни из них, получившие название жил альпийского типа, представляют собой небольшие, до 15–30 м в двух измерениях, тела линзовидной или четковидной формы, мощностью до 2 м, приуроченные к открытым трещинам разрыва. Для них характерно наличие, как правило, одной полости (так называемого гнезда или погреба) с четко выраженной зоной выщелачивания вокруг и слабо проявленным околожильным метасоматозом.

Другой тип в виде жильных узлов или зон приурочен к различным трещинным структурам, часто к зонам рассланцевания и дробления метаморфитов. Эти жильные зоны отличаются значительной протяженностью (до нескольких сот метров), сложной формой, вплоть до штокверков, и наличием большого количества полостей с ярко выраженным околосредовым метасоматозом.

Жилы альпийского типа издавна привлекали к себе внимание. Чистейшие крупные кристаллы горного хрусталя, добывавшиеся в месторождениях Швейцарских Альп, многие годы служили источником ценного сырья для гранильных мастерских Европы. Минеральный состав жил альпийского типа весьма своеобразен. Главный минерал, заполняющий основной объем полости, — кварц, представленный горным хрусталем и дымчатым кварцем. Почти постоянно встречаются карбонаты, главным образом кальцит, и полевые шпаты: альбит и адуляр. Очень характерно присутствие минералов титана: рутила, анатаза, брукита, титанита, ильменита, по которым в старой литературе альпийские жилы называли даже титановой формацией (Леммлейн, 1954). Типичными минералами альпийских жил являются также боросодержащие минералы: аксинит, турмалин, реже даголит и данбурит; обычные эпидот, гематит и цеолиты. На заключительном этапе процесса хрусталеобразования в жилах наблюдается выделение большого количества хлорита в виде рыхлого песка (сыпучки), а также серицита и глинистых минералов, заполняющих и выстилающих полости жил. Такой минеральный комплекс, в котором обычно отсутствуют или почти отсутствуют металлогенные компоненты, иногда называют альпийским парагенезисом (Лазько, 1958). Характерной особенностью альпийских жил является зависимость их

химического и минерального состава от состава вмещающих пород. В жилах, залегающих среди различных пород, возникают разные минеральные ассоциации, хотя общий список минералов довольно постоянен. Для жил среди пород, богатых темноцветными минералами (диоритов, хлоритовых и биотитовых сланцев и др.), характерны минералы, содержащие Fe, Mg, Ca, прежде всего хлорит, а также эпидот, цоизит, титанит, магнетит и карбонаты. Жилы, встречающиеся среди пород, бедных темноцветными минералами (кварцитов, кварц-серицитовых сланцев и др.), обогащены серицитом с примесью рутила и турмалина. Для жил в известняках характерно широкое развитие карбонатов: кальцита, доломита, анкерита — и других кальцийсодержащих минералов. В случае если наблюдается переход жилы из одних пород в другие, минеральный состав ее соответственно изменяется.

Процесс формирования хрусталеносных гнезд, по мнению ряда исследователей, был одностадийным (Буканов, 1974), хотя и растянутым по времени, не нарушавшимся пульсирующим поступлением растворов. Отличительной особенностью жил альпийского типа является отсутствие непосредственной связи минералообразующих растворов с изверженными породами.

Все эти особенности альпийских жил были выявлены в результате многолетних исследований известных австрийских и швейцарских геологов: Р. Паркера, И. Кенигсбергера, П. Нитгли, Д. Кембелла и других (Лазько, 1960) и явились убедительным основанием в пользу латераль-секреционного генезиса альпийских жил. Это означает, что накопление минералов в жилах происходило за счет выщелачивания компонентов из стенок боковых пород при их разложении растворами, образующимися в процессе метаморфизма. Метаморфогенная природа альпийских жил была единодушно принята минералогическим сообществом. Среди российских геологов близкие взгляды на генезис альпийских жил разделяли В.И. Вернадский, А.Е. Ферсман (Лазько, 1958), А.Г. Бетехтин (Бетехтин, 1953).

Дальнейшие многолетние исследования хрусталеносных месторождений, выполненные геологами различных стран и прежде всего Советского Союза и России (Ермаков, 1946; Карякин, 1955, 1958, 1959; Лазько, 1956, 1956<sub>2</sub>, 1958, 1960; Буканов, 2012; и др.), показали, что к жилам альпийского типа относится лишь небольшая часть известных месторождений горного хрусталя. Однако гипноз мета-

морфогенного генезиса альпийских жил был столь велик, что и в более поздние годы его стали приписывать многим гидротермальным хрусталеносным и даже нехрусталеносным месторождениям. Так, в Швейцарии к жилам альпийского типа были отнесены даже «сухие» трещины Бинненталя с обильными сульфидами и сульфосолями.

Подобная ситуация сложилась и на Приполярном Урале, освоение которого в связи с поисками и изучением месторождений горного хрусталя началось в 1930-е годы. Первые публикации по минералогии месторождений и изучению пьезооптического кварца принадлежат Г.Г. Леммлейну (Леммлейн, 1936; 1954<sub>1</sub>). Отмечая сходство по ряду признаков жил Приполярного Урала с альпийскими жилами, Г.Г. Леммлейн пришел к заключению, что они «целиком и точно укладываются в рамки, определяющие жилы альпийского типа». Однако при этом он отмечал, что на Приполярном Урале существуют жилы, которые обнаруживают некоторые отличия от последних. К этим отличиям он прежде всего относил явления «омоложения процесса». По мнению автора, это становится возможным при внедрении новых, иногда даже чуждых растворов «в условиях не вполне стабильной обстановки еще незатухшей тектоники». На отличие отдельных жил Приполярного Урала от жил альпийского типа указывали и другие исследователи (Лазько, 1960).

Обнаружение новых хрусталеносных месторождений, опыт их разведки и изучения наряду с дальнейшим изучением ранее известных месторождений показали, что на территории Приполярного Урала жилы альпийского типа пользуются ограниченным распространением. Большая часть месторождений представлена жилами другого типа, краткая характеристика которых дана в начале статьи. Эти многополостные жилы большой протяженности и мощности выполнены мелкозернистым или шестоватым кварцем и часто не содержат других минералов или содержат их в весьма ограниченных количествах. Полости в этих жилах нередко достигают гигантских размеров, и образующиеся в них кристаллы поражают своей величиной. Минеральный состав гнезд представлен альпийским парагенезисом, образовавшимся за счет выщелачивания компонентов из вмещающих пород. Сходен не только минеральный состав гнездового выполнения, но и морфология кристаллов как кварца, так и ассоциирующих с ним минералов. Подобное сходство сближает оба типа жил, и вместе с тем оно было, а порой и сейчас иногда является причиной не-

верного определения генезиса хрусталеносных жил. С течением времени, по мере изучения минерального состава гнезд многополостных жил, в них были обнаружены минералы, присутствие которых не связано с заимствованием из вмещающих пород. К таким минералам относятся различные сульфиды и минералы REE, Be, Sc, Y, U, W, As (Репина, Юзева, 2005).

Но главной отличительной особенностью хрусталеносных жильных зон является их генетическая и в большинстве случаев пространственная связь с массивами гранитоидов, что не позволяет отождествлять их с альпийскими жилами. Основным источником кремнезема для формирования тела самих жил, как считает большинство исследователей в настоящее время, служили гидротермальные растворы — дифференциаты магматического очага (Ермаков, 1946; Карякин, 1958; Лазько, 1956; Буканов, 1974; Шатнов, Костелов, 2005; Буканов и др., 2012). Однако существуют приверженцы иных взглядов, полагающие, что кремнезем (весь или часть его) был заимствован из вмещающих пород. Что касается хрусталеносных погребов, то здесь исследователи единодушны в том, что их основные минералы, в том числе и кристаллы горного хрусталя, были образованы так же, как и в альпийских жилах, в результате выщелачивания слагающих их компонентов из вмещающих пород. Учитывая двойственную природу хрусталеносных зон, Н.П. Ермаков предложил называть их гидротермально-альпийскими образованиями (Ермаков, 1946). Позднее этот термин был заменен на более удачный: гидротермально-метаморфогенные (Лазько, 1956). Недавними исследованиями А.В. Козлова (Буканов и др., 2012) было установлено также, что при формировании наиболее крупных месторождений горного хрусталя в месторождениях Приполярного Урала, кроме того, имел место некоторый привнос флюидов мантийного происхождения. Эти представления основываются на данных по изотопному составу благородных газов (аргон, гелий) во флюидных включениях в кварце хрусталеносных жил.

В Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана в течение многих лет существовала выставка «Минералы альпийских жил». В 2016 г. она была кардинально переделана и получила название «Минералы хрусталеносных кварцевых жил», поскольку в ней представлены минералы как альпийских жил, так и жил метаморфогенно-гидротермального генезиса. Выставка построена на материале из месторождений Приполярного Урала с использова-

нием небольшого количества образцов из месторождений Швейцарских Альп. Подбор образцов и монтаж выставки осуществлен автором статьи совместно со старшим научным сотрудником музея Е.Л. Соколовой.

В хрусталеносных жилах Приполярного Урала к настоящему времени установлено более 100 минеральных видов, включая минералы зоны окисления. Однако лишь половина из них, относящаяся к альпийскому парагенезису, характерна для большинства месторождений. Эти минералы, как правило, представлены хорошо образованными кристаллами, часто прозрачными и достигающими иногда значительных размеров. Другую половину составляют минералы, встречающиеся лишь в гнездах многополостных хрусталеносных зон. Как ранее было отмечено, это различные сульфиды, минералы редких земель, бериллия, скандия, урана, вольфрама, мышьяка. Многие из них встречаются крайне редко, для некоторых известны только единичные находки. Как правило, они имеют чрезвычайно малые размеры кристаллов (первые миллиметры и менее).

В музейной экспозиции демонстрируются лишь главные минералы альпийского парагенезиса, общего для обоих типов жил. Порядок их описания в достаточной степени произволен. В основном он определяется литературными сведениями о частоте встречаемости того или иного минерала. В виде исключения для удобства изложения материала описание хлорита, самого распространенного после кварца минерала, дается последним.

**Кварц** — главный минерал хрусталеносных жил. В экспозиции ему уделено особое внимание. И не только потому, что он доминирует среди минералов гнездового выполнения жил, заполняя более 75% объема полостей. Интерес к кварцу связан прежде всего с необычайным морфологическим разнообразием его кристаллов и присущими им особенностями макростроения, которые могут быть использованы для интерпретации условий образования. На эту возможность в свое время указал А.Е. Ферсман, заложивший основы учения об онтогении минералов. Он считал, что «кристалл неизбежно несет в себе следы предыдущих моментов своего существования, и по его форме, скульптуре его граней, мелочам и деталям его поверхности мы можем прочитать его прошлое (Ферсман, 1922).

В экспозиции представлены все встречающиеся в хрусталеносных жилах разновидности кварца: горный хрусталь, дымчатый кварц, цитрин и аметист. Наиболее распространены первые две разновидности. Цитрин и



Рис. 1. Габитусные типы кристаллов кварца: а — гексагонально-призматический кристалл. Дого. Приполярный Урал. 15.5x6.5 см. ММФ №95299; б — призматический кристалл искаженного облика. Dauphine, Франция. 6x1.5 см. ММФ №K906; с — тригонально-остроромбоздрический кристалл. Франция. 9x2 см. ММФ №K113.

аметист характерны для месторождений длительного развития, образовавшихся в результате проявления двух (месторождение Желанное, Восточная зона) или трех (месторождение Хасаварка) стадий хрусталеобразования. Самые крупные кристаллы кварца встречаются в гнездах многополостных зон. Здесь нередки индивиды по 200–300 кг. Добывались кристаллы весом более 1000 кг. Известна находка кристалла весом в 5000 кг. Для жил альпийского типа характерны более мелкие кристаллы, размер которых в среднем не превышает 20 см по длинной оси.

По форме кристаллов в хрусталеносных гнездах месторождений Приполярного Урала выделяются два основных габитусных типа кварца: призматический и остроромбоздрический. Внутри них по относительному развитию граней основных ромбоздров различают псевдогексагональный и тригональный подтипы (рис. 1). Первый подтип характерен более для жил альпийского типа, в то время как второй преимущественно развит в гнездах многополостных жильных зон. Отмечается общая закономерность эволюции габитуса и окраски кварца — от гексагонально-призматического с бесцветной и дымчатой окраской к тригонально-остроромбоздрическому с цитриново-дымчатой окраской. Для завершающей стадии хрусталеобразования характерен возврат к гексагонально-призматическому габитусу, но уже с аметистово-дымчатой окраской. Нередки случаи нарастания кристаллов одного габитуса и окраски на кристаллы другого габитуса и иной окраски. Таким

образом возникают скипетровидные кристаллы аметиста. Примеры подобных взаимоотношений кристаллов кварца представлены на выставке.

В идеальном развитии описанные габитусные типы встречаются редко. Как известно, правильность развития кристалла зависит от многих причин: от равномерности питания, положения кристалла в процессе роста, характера зародыша кристалла, концентрации  $\text{SiO}_2$  в растворе, pH среды и некоторых других причин. Поэтому форма реальных кристаллов, как правило, бывает далека от идеальной. При этом каждый кристалл характеризуется своими особенностями макростроения, или анатомии, по терминологии Д.П. Григорьева (1971). В экспозиции несколько кристаллов различного габитуса и различной степени искажения объединены в ряд, в котором порядок их расположения от короткопризматических к длиннопризматическим и наконец к остроромбоздрическим отражает тенденцию изменения габитуса кристаллов по мере снижения температуры в ходе процесса хрусталеобразования. Наибольшую степень искажения характеризуются уплощенные и скрученные кристаллы. Согласно исследованиям Г.Г. Леммлейна (1936), возникновение скрученных кристаллов связано с расщеплением зародыша и деформацией растущего кристалла. Обычно эти кристаллы уплощены по призме и вытянуты по оси  $a$ , вокруг которой закручены винтом влево или вправо. Столь необычные формы кристаллов кварца характерны толь-



Рис. 2. Кристалл скрученного кварца. Пуйва. Приполярный Урал. 10x7 см. ММФ №82914.



Рис. 3. Кристалл горного хрусталя с признаками растворения. Г. Неройка, Приполярный Урал. 11x4.5 см. ММФ №40931.

ко для жил альпийского типа и неизвестны в других хрусталеносных месторождениях. Скрученные кристаллы кварца из Альп имеют значительно меньшие размеры, чем из жил Приполярного Урала. Один из самых крупных известных скрученных кристаллов кварца демонстрируется в музее на витрине «Замечательные минералы России». Меньшего размера кристаллы можно увидеть и на описываемой выставке (рис. 2).

Причиной изменения облика кристаллов может быть и двойникование. Ярким примером является аметист, кристаллы которого очень часто сдвойникованы по бразильскому закону, вследствие чего они приобретают псевдогексагональный габитус. На выставке также демонстрируется дофинейский двойник горного хрусталя. Этот тип двойников весьма характерен для псевдогексагональ-

ных кристаллов. Тригонально-остроромбодрические кристаллы реже сдвойникованы и обычно по бразильскому закону.

В условиях неравномерного питания возникают скелетные кристаллы, примеры которых можно видеть в витрине.

Наряду с разнообразными формами роста кристаллов на выставке показаны и те изменения, которым кристаллы подвергаются после завершения процесса кристаллизации. Для кристаллов кварца в хрусталеносных гнездах Приполярного Урала довольно обычны признаки растворения. У кристаллов тригонально-остроромбодрического габитуса процесс растворения ограничивается только начальными формами, в то время как у кристаллов псевдогексагонального развития этот процесс иногда заходит довольно глубоко (рис. 3). Антагонис-



Рис. 4. Двуконечный регенерированный кристалл кварца. Приполярный Урал. 8.5x2.5 см. ММФ №88132.

том процесса растворения является регенерация кристаллов. В свое время Г.Г. Леммлейн высказал предположение о возможности чередования явлений роста и растворения минералов в процессе их роста. Это нашло подтверждение в более поздних работах уральских геологов (Буканов, 1974). Отражением действий подобных процессов могут служить демонстрируемые на выставке кристаллы-фантомы. Многократные акты растворения наблюдаются как на кристаллах призматического габитуса, так и на тригонально-ромбоэдрических кристаллах. При этом кварцы тригонального габитуса, в отличие от гексагональных, обычно полностью регенерируются. Примерами действия регенерации являются демонстрируемые на выставке двуконечные кристаллы кварца (рис. 4), а также кристалл кварца с многоглавым ростом конусов регенерации на растворенной грани.

Окраска кристаллов кварца также может играть важную роль при решении генетических вопросов. При первом взгляде на целые кристаллы дымчатого кварца, цитрина или аметиста кажется, что они окрашены равномерно по всему своему объему. Однако исследования, выполненные Г.Г. Леммлейном на вырезанных из кристаллов кварца пластинках, показали, что окраска в кристаллах, как правило, распределена неравномерно (Леммлейн, 1954<sub>2</sub>). Различается секториальное и зональное распределение окраски. Секториальная окраска приурочена к пирамидам нарастания и связана непосредственно с процессом роста кристалла. Исследования Г.Г. Леммлейна показали, что все окрашенные разновидности кварца обнаруживают секториальное распределение окраски. Наиболее ярко оно проявлено у аметиста и видно даже при обычном рассмотрении кристаллов (рис. 5). Было установлено, что фиолетовая окраска в аметисте сосредоточена в

пирамиде нарастания основного отрицательного ромбоэдра. Грани призмы обычно бесцветны. В цитрине, как и в аметисте, пирамиды нарастания призмы бесцветны, а окраска сосредоточена в пирамидах нарастания обоих основных ромбоэдров. Дымчатый кварц псевдогексагонального развития чаще всего окрашен весь, но пирамиды нарастания разных граней окрашены с разной интенсивностью. Различия в интенсивности и в качестве окраски пирамид нарастания разных граней, по мнению Г.Г. Леммлейна, обусловлены структурными различиями этих граней и их способности поглощать во время роста пигментные примеси. Примеси могут быть как механическими, так и структурными, связан-

Рис. 5. Кристалл аметиста. Хасаварка, Приполярный Урал. 6.5x6 см. ММФ №75498.





Рис. 6. Зонально окрашенный кристалл кварца. Швейцария. ММФ №К301.

ными с захватом посторонних ионов и атомов, не дающих полного изоморфизма с кремнием.

Зональное изменение окраски наблюдается в пределах пирамиды роста одной грани и сказывается на всех гранях кристаллов. В музейной экспозиции демонстрируется несколько зональных кристаллов кварца. Наиболее ярко зональность проявляется у кри-

стала, изображенного на рисунке 6. Центральная часть этого кристалла имеет темно-зеленый цвет за счет хлорита, захваченного во время роста. Следующая зона, имеющая вид тонкой полоски, окрашена в зеленовато-бурый цвет, а головка кристалла образована прозрачным горным хрусталем. Зональное изменение окраски связано с изменением состава среды кристаллизации или вообще с изменением условий роста. Изучение зональности очень важно. Оно, в частности, позволяет восстанавливать характер эволюции химизма среды. Кроме того, зональность можно использовать для установления последовательности кристаллизации минералов. С этой целью Д.П. Григорьевым с соавторами было предложен инструментальный способ ее изучения (Григорьев и др. 1969).

В музейной экспозиции отражены далеко не все те особенности морфологии и анатомии кристаллов кварца, которые используются при онтогенетических исследованиях и дают важную информацию для генетических построений. Глубокое и всестороннее изучение онтогении кристаллов кварца хрусталеносных жил Приполярного Урала было выполнено Д.П. Григорьевым (Григорьев, 1960), позднее В.В. Букановым (Буканов, 1974). Проведенные этими авторами исследования позволили воссоздать картину формирования хрусталеносных гнезд в жилах гидротермально-метаморфогенного генезиса. Процесс минералообразования в них, в отличие от альпийских жил, носил пульсационный характер и на



Рис. 7. Друза сгвойнированных кристаллов кальцита с присыпкой хлорита. Пуыва. Приполярный Урал. 17x12 см. ММФ №89242.



Рис. 8. Друза сдвойникованных кристаллов адуляра. St. Gothard, Швейцария. 20x12 см. ММФ №49397.

большинстве месторождений протекал в две стадии, а на месторождении Хасаварка, где эволюционный характер хрусталеобразования проявлен наиболее полно, в три стадии (Буканов и др., 2012).

**Карбонаты** почти постоянно присутствуют в хрусталеносных месторождениях, и нередко в значительных количествах. Главными из них являются кальцит, анкерит и сидерит. На выставке демонстрируются несколько образцов кальцита. Это прекрасная друза сдвойникованных кристаллов с присыпкой хлорита (рис. 7) и два одиночных просвечивающих кристалла ромбоэдрического габитуса, один из которых окрашен в золотисто-желтый цвет, другой — в бледно-розовый. В некоторых месторождениях ромбоэдрические кристаллы кальцита достигали гигантских размеров. Так, на месторождении Додо в свое время был обнаружен кристалл кальцита размером до 1 м в поперечнике и массой в 200 кг. Из него были получены блоки исландского шпата, пригодные для оптических целей.

**Полевые шпаты:** адуляр (разновидность ортоклаза) и альбит с олигоклазом — являются типоморфными минералами альпийских жил. Более распространенный адуляр представлен на выставке друзой молочно-белых сдвойникованных кристаллов (рис. 8) и довольно крупным штуфом, состоящим из щетки мелких пинакоидальных кристаллов адуляра в ассоциации с хлоритом. Альбит образует корочку очень мелких бесцветных кристаллов на ортоклазе.

**Титановая минерализация** показана на выставке всеми известными в хрусталеносных гнездах титансодержащими минералами: это и один из ранних минералов *ильменит*, черные пластинки которого приурочены к основанию кристаллов кварца, и мелкие дипирамидального габитуса кристаллы *анатаза* на кварце, и прекрасный пластинчатый кристалл *брукита*, вместе с прозрачными кристаллами альбита наросший на измененную породу. Наибольший интерес вызывает *рутил* — самый распространенный из титансодержащих минералов. Известно несколько генераций рутила. В период формирования хрусталеносных гнезд он зарождался одним из первых, образуя кристаллы на стенках гнезд и включения в кварце. Пучки золотисто-желтых тонкоигольчатых кристаллов рутила в кварце придают ему необычайную привлекательность, превращая горный хрусталь в ювелирный кварц-волосатик (рис. 9). Исследователи хрусталеносных месторождений Приполярного Урала отмечают, что подобный рутил преобладает в жилах альпийского типа, в то время как в хрусталеносных гнездах жильных зон преимущественным развитием пользуется другая разновидность (генерация) рутила, представленная буровато-красными призматическими кристаллами (Буканов и др., 2012). Существует вторичный рутил, в виде сагенита развивающийся по всем титансодержащим минералам. На выставке демонстрируется ильменит с отчетливо выраженной сагенитовой решеткой. *Титанит (сфен)* — самый поздний среди тита-



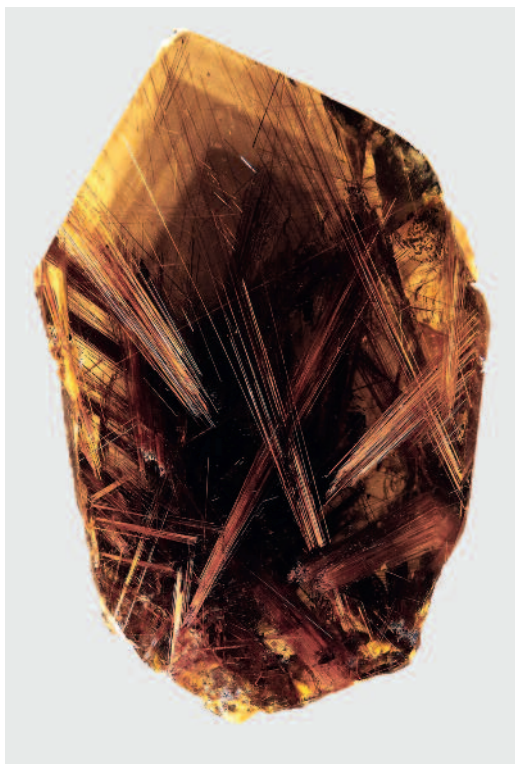


Рис. 9. Кварц с включениями рутила. Приполярный Урал. 11х7 см. ММФ №84232.

Рис. 10. Сдвойникованный кристалл титанита, содержащий включения хлорита. Пуйва. Приполярный Урал. 7 х 2 см. ММФ №82917.



новых минералов. Он широко распространен в хрусталеносных месторождениях, особенно среди пород повышенной основности. На выставке он представлен несколькими образцами. Наибольший интерес представляют сдвойникованные кристаллы сложной формы, содержащие обильные включения хлорита (рис. 10).

**Ферроаксинит** на Приполярном Урале известен в ряде месторождений и проявлений. Первые находки аксинита в жилах альпийского типа были сделаны в 1948 г. И.И. Ивановым на Хусь-Ойке, где аксинит на 75% выполняет полости жил (Буканов и др., 2012). Но подлинной сенсацией явилось обнаружение аксинита на месторождении Пуйва. Здесь в период с 1984 по 1991 г. были вскрыты уникальные по размерам гнезда с прекрасными кристаллами этого минерала. По величине кристаллов (до 20 см) и эстетическим свойствам эти образцы можно отнести к лучшим в мире. Цвет аксинита в разных гнездах неодинаков. Особенно красивы бледно-фиолетовые и сиреневые кристаллы с сильным плеохроизмом. Но наиболее часто встречается аксинит коричневого цвета различных оттенков (рис. 11).

**Гематит** — обычный минерал хрусталеносных гнезд. В экспозиции привлекают внимание небольшие расщепленные кристаллы, получившие название «железных роз» (рис. 12).

**Фторapatит** довольно часто встречается в хрусталеносных полостях. На выставке он представлен одиночным полупрозрачным кристаллом нежной зеленовато-голубой окраски (рис. 13) и параллельным сростком бесцветных кристаллов, густо покрытых присыпками хлорита. Характерной особенностью кристаллов является их пластинчатый облик и пинакоидальный габитус.

**Флюорит**. Нечастые находки этого минерала были сделаны главным образом в жилах альпийского типа, где он встречается в виде кристаллов различного облика и цвета. В музейной экспозиции демонстрируется флюорит в виде сростка розовых октаэдрических кристаллов.

**Амфиболы актинолит-тремолитового ряда** обращают на себя внимание необычным для хрусталеносных полостей обликом. На витрине это образец «горной кожи», представляющий собой спутанноволокнистый агрегат, и волосовидный биссолит в ассоциации с мелкими кристаллами адуляра.

**Царегородцевит**. Особого внимания заслуживает расположенный в нижней части витрины небольшой образец, представляю-

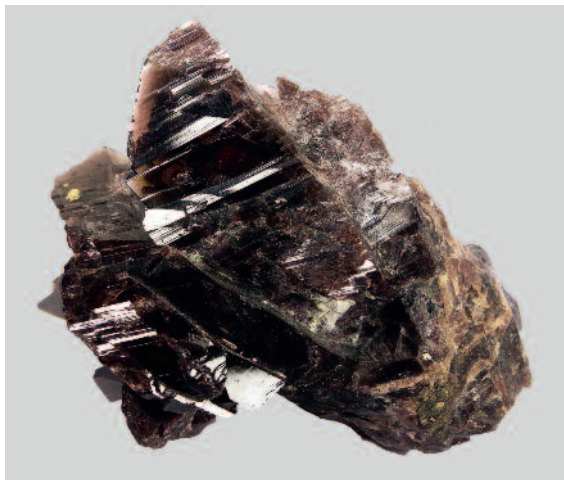


Рис. 11. Друза кристаллов ферроакцинита. Пуйва. Приполярный Урал. 9.5x7 см. ММФ №83326.

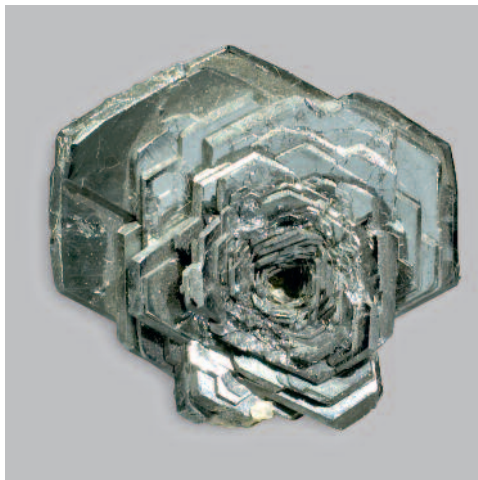


Рис. 12. Расщепленный кристалл гематита («железная роза»). Пыртиндырма. Приполярный Урал. 2.5x2 см. ММФ №89213.

щий собой щетку изометричных бесцветных кристаллов, нарастающих на сланцеватую породу (рис. 14). Кристаллы принадлежат новому минералу, открытому на Урале сотрудниками нашего музея — А.А. Паутовым и В.Ю. Карпенко (Паутов, Карпенко, 1994). Необычен состав минерала —  $[N(CH_3)_4[Si_2(Si_{0.5}Al_{0.5})O_6]_2]$ , в котором присутствует ранее неизвестный в минералах радикал тетраметиламмония  $[N(CH_3)_4]$ .

**Хлорит** — самый распространенный после кварца минерал. Это сквозной минерал. Кристаллизация его обычно начинается

еще до кварца и заканчивается уже после него, что и определяет взаимоотношение хлорита с другими минералами. С одной стороны, он захватывается более поздними минералами, прежде всего кварцем, в процессе их роста, распределяясь равномерно (рис. 10) либо по зонам роста кристаллов (рис. 6). С другой стороны, хлорит очень часто образует присыпки на поверхности кристаллов ранее выделившихся минералов. В музейной экспозиции его присыпки можно наблюдать на кристаллах кварца, кальцита (рис. 7) и апатита.

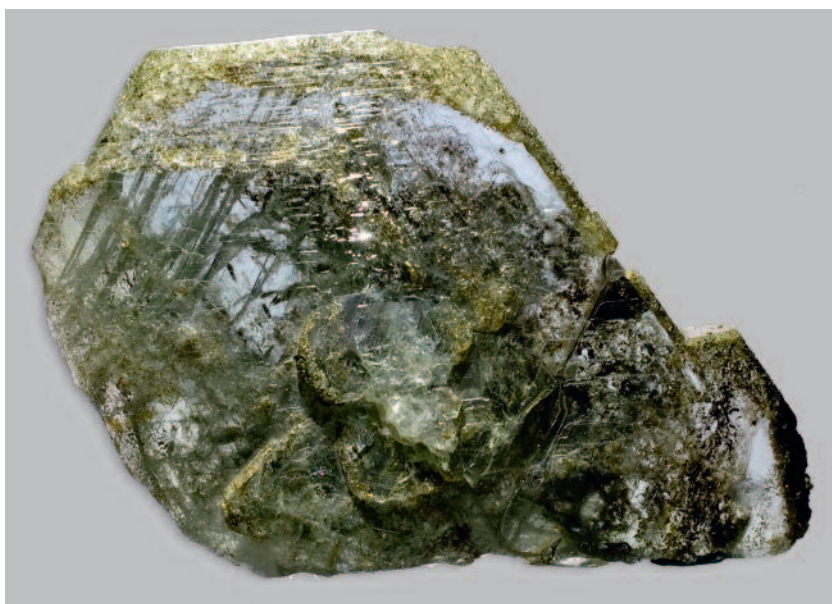


Рис. 13. Пластинчатый кристалл фторапатита. Центр. Паток. Приполярный Урал. 13x8.5 см. ММФ №85573.

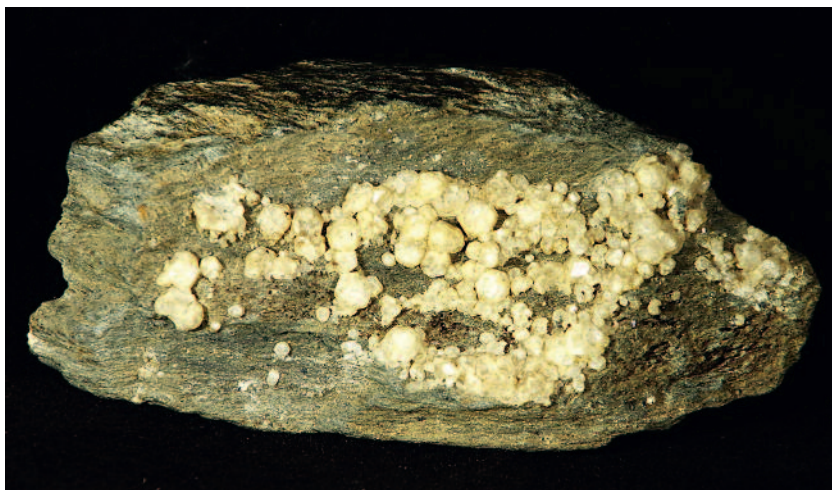


Рис. 14. Щетка кристаллов царегородцевита. Хр. Мань-Хамбо. Приполярный Урал. 10x5 см. ММФ №95318.

Многие из описанных выше минералов встречаются не только в виде самостоятельных кристаллов, но и в виде твердых включений в кварце, где они могут быть приурочены к различным частям или зонам кристалла. Различают протогенетические и сингенетические включения. Для определения типа включения требуются специальные исследования. На выставке демонстрируется кварц с включениями хлорита (рис. 6), рутила (рис. 9), турмалина, геденбергита, ильменита, серицита и асбестовидного минерала. На месторождении Пирамида включения игольчатых кристаллов турмалина и рутила вместе с чешуйками серицита создают в кварце необычайно красивые «пейзажи», что превращает этот кварц в ценный коллекционный материал. Минеральные включения в кварце представляют серьезный интерес. Они могут помочь выявлению многих особенностей процесса минералообразования.

Созданная в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана РАН выставка достаточно полно отражает минеральный состав альпийских жил и хрусталеносных гнезд многополостных жильных зон, хотя и не в полной мере демонстрирует всю красоту встречающихся в них минералов. Представленная на выставке подборка кристаллов кварца различного габитуса и степени совершенства, иллюстрирующая ряд особенностей анатомии реальных кристаллов, а также некоторые формы их изменения, может быть, на наш взгляд, интересна и полезна тем, кто интересуется вопросами онтогенеза минералов.

Автор выражает благодарность Е.Л. Соколовой за сотрудничество при создании выставки, М.М. Моисееву за фотографии об-

разцов и Ю.Д. Гриценко за помощь в оформлении статьи.

## Литература

- Бетехтин А.Г.* Об условиях образования жил альпийского типа // Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М.: АН СССР. **1953**. С. 469 – 472.
- Буканов В.В.* Горный хрусталь Приполярного Урала. Л.: Наука. **1974**. 212 с.
- Буканов В.В., Бураков Е.В., Козлов А.В., Пожидаев Н.А.* Приполярный Урал: минералы хрусталеносных жил // Минералогический альманах. **2012**. Т. 17. Вып. 2. М.: ООО «Минералогический альманах». 136 с.
- Григорьев Д.П.* Генезис кварца в жилах альпийского типа на территории СССР. Тр. ВНИИП. **1960**. Т. 4. Вып. 1. С. 5 – 15.
- Григорьев Д.П., Буканов В.В., Маркова Г.А.* Синхронизация процессов кристаллизации по зональности кристаллов // Докл. АН СССР. **1969**. Т. 185. № 5. С. 1129 – 1132.
- Григорьев Д.П.* О законах анатомии кристаллов // Кристаллография. **1971**. Т. 16. Вып. 6. С. 1222 – 1229.
- Ермаков Н.П.* О происхождении кварцевых жил и месторождений горного хрусталя // Сов. геол. **1946**. Т. 92. № 5. С. 1023 – 1025.
- Карякин А.Е.* Вмещающие породы – источник материала для минералов хрусталеносных гнезд // Зап. Лен. гор. ин-та. **1955**. Т. 30. Вып. 2. С. 119 – 141.
- Карякин А.Е.* Об источнике кремнезема кварцевых жил и хрусталеносных гнезд Приполярного Урала // Тр. ВНИИП. **1958**. Т. 2. Вып. 1. С. 25 – 36.

- Карякин А.Е.* Зависимость минеральных ассоциаций хрусталеносных гнезд от химического состава вмещающих пород // Зап. Лен. гор. ин-та. **1959**. Т. 34. Вып. 2. С. 47–61.
- Лазько Е.М.* О хрусталеносных кварцевых жилах // Докл. АН СССР. **1956**<sub>1</sub>. Т. 108. № 6. С. 1157–1159.
- Лазько Е.М.* Сравнительная характеристика хрусталеносных кварцевых жил и жил альпийского типа // Минер. сб. Львов. геол. ов-ва. **1956**<sub>2</sub>. № 10. С. 94–104.
- Лазько Е.М.* О генезисе хрусталеносных образований // Тр. ВНИИП. **1958**. Т. 2. Вып. 1. С. 15–24.
- Лазько Е.М.* О происхождении хрусталеносных кварцевых жил // Минер. сб. Львов. геол. об-ва. **1960**. № 14. С. 86–104.
- Леммлейн Г.Г.* О скрученных кварцах // Докл. АН СССР. **1936**. Т. 4. № 6. С. 269–272.
- Леммлейн Г.Г.* Жилы альпийского типа на Приполярном Урале // Минералогия Урала. Т. 1. М.: **1954**<sub>1</sub>. С. 435–445.
- Леммлейн Г.Г.* Распределение окраски в кристаллах кварца // Тр. Ин-та кристаллографии АН СССР. **1954**<sub>2</sub>. Вып. 6. С. 225–268.
- Паутов Л.А., Карпенко В.Ю.* Как открывался царегородцевит // Мир камня. **1994**. № 4. С. 12–13.
- Репина С.А., Юзева Н.С.* Редкометалльные и стронциевые алюмофосфаты в хрусталеносных жилах месторождения Пирамида (Приполярный Урал) // Зап. РМО. **2005**. № 6. С. 103–110.
- Ферсман А.Е.* Элементы разграничения двух одновременно кристаллизующихся веществ // Докл. РАН. **1922**. Сер. А. С. 7–8.
- Шатнов Ю.А., Костелов Н.П.* Хрусталеносные месторождения России и стран СНГ. Александров: ВНИИСИМС. **2005**. 242 с.