

О. А. Сустанов

**СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ КВАРЦА
В ЖИЛЬНЫХ ПОЛОСТЯХ**

Екатеринбург

2005

УДК 549.514.51: 548.5

О.А.Суставов. Структуры кристаллизации кварца в жильных полостях

/ Уральская минералогическая школа - 2005. Екатеринбург: изд. УГГУ, 2005. 93 с.

Приводится типизация первичных структур жильного кварца на основе детального микроскопического изучения разновидностей кварца из жил Восточной Якутии. Рассматривается ряд новых видов агрегатов кварца, возникающих при свободной кристаллизации в открытых полостях и при стесненном заполнении постепенно раскрывающихся полостей. Особое внимание уделено изучению структур кварца в тонких прожилках. Охарактеризованы процессы зарождения индивидов на кварцевой, кварцсодержащей, бескварцевой матрице и внутри жильных полостей. Рассматривается кинематика роста агрегатов расщепленного и нерасщепленного кварца, а также роль различных видов конкуренции индивидов при росте агрегатов с разными типами упорядоченности *c*-осей кварца.

Для студентов, аспирантов, сотрудников академических институтов и вузов геологического профиля, а также для геологов, занимающихся поисками, разведкой и изучением месторождений полезных ископаемых, связанных с кварцевыми жилами.

Табл. 1. Илл. 49. Библ. 78.

Введение

Кварцевые жилы являются одними из наиболее широко распространенных геологических образований, которые образуются в самой различной геологической обстановке и являются источником многочисленных рудных и нерудных полезных ископаемых. Поэтому жилы и слагающий их кварц издавна привлекали к себе внимание. Первой сводкой данных по структурам жильного кварца, содержащей многочисленные ссылки на более ранние исследования, является ставшая классической работа А. Адамса (Adams, 1920). Однако несмотря на более чем вековой период изучения жильных кварцевых агрегатов и наличие отдельных достаточно полных исследований некоторых их разновидностей [Осинский, 1976; Сох, Etheridge, 1983], процессы формирования жильных агрегатов до сих пор полностью не ясны; только недавно начаты работы по экспериментальному воспроизведению некоторых типов этих агрегатов [Hilgers, Urai, 2002].

В связи с этим общие классификации структур жильного кварца, применяемые в настоящее время при изучении как нерудных, так и рудоносных кварцевых жил [Adams, 1920; Вертушков и др., 1969; Кораго, Козлов, 1988; Болотова и др., 1990; Осинский, 1992; Dong et al., 1995; Bons, 2000], имеют во многом эмпирический характер. Представления о механизмах формирования отдельных структур кварцево-жильных агрегатов, в том числе таких широко известных, как друзы кварца, нередко исходят из единичных, преимущественно макроскопических, особенностей строения агрегатов и не обоснованы их детальным микроскопическим изучением. В какой-то степени восполнить микроскопическое описание первичных агрегатов жильного кварца, сделав на основании этого некоторые выводы об условиях их образования, и призвана настоящая работа.

В данной работе рассматриваются кварцевые жилы Кулар-Нерского сланцевого пояса и прилегающей к нему части Верхоянского складчато-надвигового пояса Верхояно-Колымской орогенной области (Верхне-Индигорский, Адычанский и Куларский районы Восточной Якутии). Изучение жил проводилось главным образом в районах развития оруденения золото-антимонитовой (месторождения Сарылах, Киньясь-Юрях, Малтан, Тан в Верхне-Индигорском районе и Сентачан в Адычанском районе), золото-кварцевой (месторождения Сана, Базовское в Верхне-Индигорском районе и Кыллах в Куларском районе), золото-редкометальной (месторождение Эргелях в Верхне-Индигорском районе) и золото-серебряной (месторождения Аид в Верхне-Индигорском районе и Альфа в Куларском районе) рудных формаций [Тектоника..., 2001].

Наряду с системами кварцевых жил, несущими оруденение, в данных районах широко распространены и кварцевые жилы, не содержащие оруденения. Нами изучались как рудоносные, так и нерудные кварцевые жилы. Изученные жилы залегают главным образом среди слабо метаморфизованных песчаных и алевропелитовых терригенно-осадочных пород триасового и верхнепермского возраста, реже среди ранне- и позднемеловых гранитоидов и субвулканических дацитов (магматические тела на изученных площадях Верхне-Индигорского района представлены Нельканским, Беккемским, Самырским, Эргеляхским, Право-Арангасским гранитными массивами и Тарынским субвулканическим интрузивом, в Куларском районе – Солурским гранитным массивом). Кварцевые жилы средне-, реже низкотемпературные, сложены молочно-белым кварцем, кроме кварца нередко содержат альбит, адуляр, хлорит, карбонаты (кальцит, анкерит) [Горячев, 1992; Тектоника..., 2001].

Изучение структур жильного кварца проводилось в 300 ориентированных шлифах, изготовленных из образцов, отобранных в ходе минералогического картирования отдельных участков указанных выше районов. Следует отметить, что в данной работе рассматриваются

лишь некоторые, хотя и достаточно широко распространенные, разновидности жильного кварца этих районов. Особое внимание уделялось изучению структур кварца в тонких прожилках, где в пределах одного препарата можно наблюдать весь жильный агрегат и его соотношения с вмещающей матрицей. При работе использовались крупные фотографии шлифов, на которые наносились результаты измерений кристаллографической ориентировки индивидов с последующим выделением групп зерен близкой ориентировки (метод AVA Зандера). С использованием федоровского столика строились диаграммы ориентировки *c*-осей индивидов и субиндивидов. Для изучения на федоровском столике зон роста индивидов, бразильских двойников, аномального двупреломления, субиндивидов расщепления и скоплений первичных флюидных включений применялись утолщенные шлифы кварца.

Типизация структур кварца и некоторые термины

Макроскопически жильный кварц со структурами первичного роста обычно разделяют по степени замутненности флюидными включениями: молочно-белый, стекловидный и прозрачный [Вертушков и др., 1969], по размерам индивидов (в поперечнике): гигантозернистый, крупнозернистый, среднезернистый и мелкозернистый [Вертушков и др., 1969; Кораго, Козлов, 1988] и по форме индивидов: изометрично- [Суставов, 1976; Горячев, 1992] или субизометрично- [Юргенсон, 1984] зернистый (blocky [Vons, 2000]) и шестоватый [Вертушков и др., 1969; Горячев, 1992] (параллельно-шестоватый [Mugge, 1928; Григорьев, 1961] – из параллельных друг другу шестоватых индивидов, и спутанно-шестоватый [Кораго, Козлов, 1988] – из шестоватых индивидов, располагающихся под разными углами друг к другу).

В изученных районах распространен молочно-белый, реже стекловидный жильный кварц с размерами индивидов (в поперечнике) от тысячных долей миллиметра до первых сантиметров, обладающий как изометрично- или субизометрично-зернистой структурой (мощность жил может достигать нескольких метров), так и шестоватыми структурами (мощность жил обычно не превышает 20 см, составляя чаще всего первые миллиметры или сантиметры).

Под микроскопом *изометрично- или субизометрично-зернистый кварц* можно разделить (таблица) на аллотриоморфнозернистый кварц (АК) – зерна имеют неправильные очертания, и гипидиоморфнозернистый кварц (ГК) – зерна идиоморфны или гипидиоморфны [Петрографический словарь, 1981]; по А. Адамсу [Adams, 1920], АК - «ангедральный», а ГК - «субгедральный» кварц. В ГК в той или иной мере удлиненные по оси *c* индивиды с близкими к прямолинейным ограничениями ориентированы под различными углами друг к другу. К ГК относится и спутанно-шестоватый кварц – он отличается от субизометрично-зернистого ГК более сильной вытянутостью индивидов по оси *c*.

Среди параллельно-шестоватых агрегатов можно, вслед за Д. П. Григорьевым [1961], выделить параллельно-шестоватые агрегаты 1 типа (П1) и 2 типа (П2). *Параллельно-шестоватые агрегаты 1 типа*, подобно АК и ГК, образуются при свободной кристаллизации кварца в открытых полостях [Жабин, 1979; Нардов, 1986; Кораго, Козлов, 1988]. Они характеризуются, по Д. П. Григорьеву, одинаковой (в направлении оси *c*) ориентировкой шестоватых индивидов и присутствием в основании агрегата зоны геометрического отбора. Следует особо подчеркнуть вытянутость всех шестоватых индивидов вдоль оси *c*. Д. П. Григорьевым описаны параллельно-шестоватые агрегаты 1 типа с достаточно сильной преимущественной ориентировкой *c*-осей и характерным внешним обликом, известные также как гребенчатый кварц [Adams, 1920; Юргенсон, 1984; Горячев, 1992], друзы 1 типа [Осинский, 1976], щетки [Попов, 1984], comb [Dong et al., 1995]. Обозначим такие агрегаты П1-1.

Наряду с П1-1 нередко встречаются параллельно-шестоватые агрегаты 1 типа (с одинаковой - в направлении оси *c*, ориентировкой шестоватых индивидов и с зонами геометрического отбора в основаниях агрегатов), которые по своему строению отличаются от типичных П1-1. Они могут быть связаны постепенными переходами с АК и ГК или им может быть свойственна более слабая, чем П1-1, преимущественная ориентировка *c*-осей (степень преимущественной ориентировки *c*-осей в первом приближении оценивается по характеру агрегатного угасания кварца в скрещенных николях при введенной гипсовой пластинке). Такие агрегаты обозначим П1-2.

Таблица

Структуры агрегатов жильного кварца

Форма индивидов	вытянутая						
Оси <i>c</i> в индивидах	изометричная или субизометричная	вдоль удлинения			под разными углами к удлинению		
Взаимное расположение вытянутых индивидов		беспорядочное	параллельное с некоторым разбросом		строго параллельное		
Процесс образования агрегата	свободная кристаллизация в полости			стесненная кристаллизация в постепенно раскрывающейся полости			
Структура	Алло-триоморфно-зернистая (АК)	Гипидиоморфно-зернистая (ГК)	Параллельно-шестоватая-1 (П1)		Параллельно-шестоватая-2 (П2)		
			со слабой ориентировкой <i>c</i> -осей и переходная к АК и ГК (П1-2)	друзы 1 типа (П1-1)	индивиды разобщены между собой (П2-3)	частично упорядоченная ориентировка <i>c</i> -осей (П2-2)	беспорядочная ориентировка <i>c</i> -осей (П2-1)

Индивидам жильного кварца, которые формировались при свободной кристаллизации в полостях (АК, ГК, П1), а также отдельным свободно росшим кристаллам кварца, может быть свойственно в той или иной степени выраженное расщепленное [Григорьев, 1961; Барсуков, 1967; Пунин, 1981] строение (feather и flamboyant кварц [Adams, 1920; Dong et al., 1998], кварц с plumose угасанием [Sander, Black, 1988]) – рис. 1. В соответствии с классификацией Ю. М. Дымкова [1973] можно выделить радиальное расщепление - блоки ориентированы параллельно оси *c* (О-субиндивиды) и нормальное расщепление - блоки ориентированы перпендикулярно граням ромбоэдров (Н-субиндивиды).

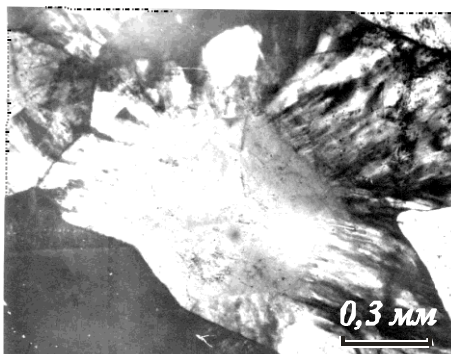


Рис. 1. Индивид кварца с нерасщепленным ядром и периферической каймой расщепления (П1-1, район месторождения Альфа).

Параллельно-шестоватые агрегаты 2 типа возникают при стесненной [Григорьев, 1961; Жабин, 1979; Нардов, 1986] («*crack-seal*» [Ramsay, Huber, 1983]) кристаллизации в постепенно раскрывающихся полостях (параллельно-стебельчатые [Кораго, Козлов, 1988], поперечно-шестоватые [Осинский, 1992], *fibrous* [Ramsay, Huber, 1983; Bons, 2000] агрегаты). По Д. П. Григорьеву, в параллельно-шестоватых агрегатах 2 типа отсутствуют зоны геометрического отбора и индивидам кварца свойственна неупорядоченная ориентировка *c*-осей (обозначим такие агрегаты П2-1).

При стесненной кристаллизации в постепенно раскрывающихся полостях могут образовываться и параллельно-шестоватые агрегаты кварца, обладающие в той или иной степени упорядоченной ориентировкой *c*-осей [Mugge, 1928; Сустанов, 1973, 1989, а; Cox, Etheridge, 1983] (обозначим их П2-2). Д. П. Григорьев называет такие агрегаты параллельно-шестоватыми агрегатами "промежуточного" типа (имея ввиду, что одни их признаки отвечают параллельно-шестоватым агрегатам 1 типа, а другие - 2 типа). П2-2 близки к выделенным А. Г. Жабиным [1979] параллельно-шестоватым агрегатам 3 типа, но отличаются от них по ряду особенностей, в том числе по отсутствию главного, по А. Г. Жабину, признака агрегатов 3 типа – срединной просечки в жилах.

Кроме того, при стесненной кристаллизации в постепенно раскрывающихся полостях могут возникать параллельно-шестоватые агрегаты, сложенные разобщенными между собой шестоватыми индивидами [Петрунь, 1954; Барсуков, 1967; Сустанов, 1989; Henderson et al., 1990; Fisher, Byrne, 1990] (П2-3).

При образовании агрегатов жильного кварца происходит зарождение (на стенках или в объеме полости) и рост индивидов кварца. Зарождение индивидов кварца на бескварцевых участках стенок и в объеме полости будем называть «самопроизвольным», а на зернах кварца матрицы с наследованием кристаллографической ориентировки этих зерен – «регенерационным» [Дымков, 1985] (эпитаксическое дораствание [Дымков, 1985; Hilgers et al., 2001], образование *overgrowths* [Adams, 1920; Bons, 2000]). Образующиеся при регенерационном (*p*-) зарождении индивиды - «регенерационные индивиды» (*p*-индивиды), а зерна кварца матрицы, на которые нарастают эти индивиды – «регенерируемые зерна».

Для характеристики кристаллографической ориентировки индивидов выделим правильно- и неправильно ориентированные индивиды. Правильно ориентированными в АК, ГК, П1 назовем индивиды, оси *c* которых ориентированы под углами не более 25-30° по отношению к нормали к стенке жилы, а в П2 – индивиды, вытянутые под углом не более 25-30° к оси *c*. Индивиды, не обладающие такой ориентировкой, будем называть неправильно ориентированными.

Микропрожилки, мощность которых не превышает размеров заполняющих их индивидов кварца

Перечисленные выше структуры кварца наблюдаются в жилах, мощность которых больше размера индивидов кварца в этих жилах. В кварце микропрожилков (microveins [Onasch, 1990]) мощностью в доли миллиметра, не превышающей размеров заполняющих их индивидов кварца, эти структуры не могут проявиться, как в более крупных жилах. Но так как в этих микропрожилках на первый план выступают особенности зарождения индивидов жильного кварца, и так как некоторые жильные агрегаты представляют собой совокупности таких микропрожилков, перед характеристикой структур кварца в более мощных жилах необходимо рассмотреть строение кварца микропрожилков. Такие микропрожилки встречаются как в горных породах, обычно в тесной связи с жилами, так и внутри жил.

Монокристалльная кварцевая матрица

В достаточно крупных индивидах жильного кварца тонкие трещины заполняются регенерационным кварцем с образованием пересекающих эти индивиды монокристалльных кварцевых прожилков (phantom прожилки [Adams, 1920]). На выклиниваниях эти прожилки могут переходить в совокупности тесно сближенных параллельных «залеченных трещин» (ЗТ), под которыми понимаются [Леммлейн, 1973] заполненные с участием процессов регенерации трещины, фиксируемые располагающимися в их плоскостях флюидными включениями (healed fractures [Wilkins, Barcas, 1978], fluid inclusion planes [Onasch, 1990]). В указанных совокупностях количество ЗТ по мере удаления от выклинивания прожилка нередко постепенно уменьшается и в конце концов на продолжении прожилка остается одна ЗТ, которая также затем выклинивается.

В кварце данных прожилков, имеющем одинаковую с вмещающей монокристалльной матрицей кристаллографическую ориентировку, в некоторых случаях наблюдается неоднородное распределение флюидных включений – иногда в осевой части прожилка *p*-кварц может быть густо насыщен однородно распределенными первичными флюидными включениями, а по краям прожилка он может образовывать отдельные угловатые обособления (с прямолинейными контурами или округленными очертаниями), не содержащие флюидных включений (рис. 2).

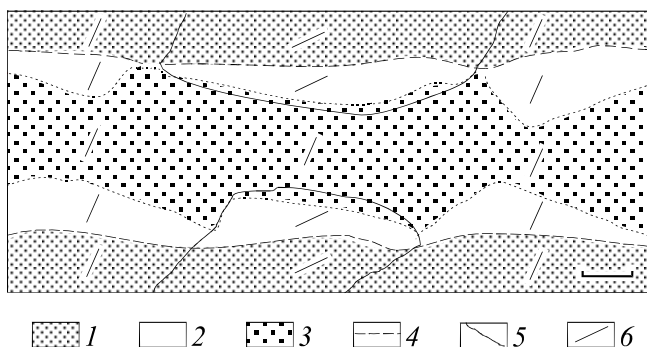


Рис. 2. Кварцевый прожилок в монокристалльной матрице, содержащей зерно кварца другой ориентировки (месторождение Сарылах): 1 – матрица, 2 - регенерационный кварц без флюидных включений, 3 – регенерационный кварц, густо насыщенный первичными флюидными включениями, 4 – стенки прожилка, 5 – границы участков кварца с разной ориентировкой *c*-осей, 6 – оси *c* кварца. Масштабный отрезок 0,1 мм.

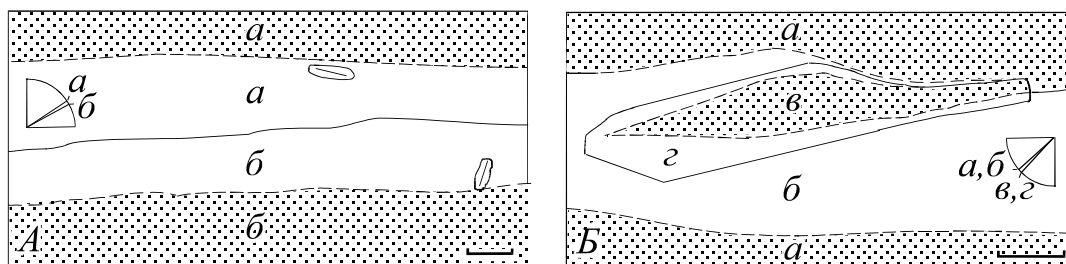


Рис. 3. Кварцевые прожилки в монокристалльной кварцевой матрице: *A* - при некоторой разориентировке кварца матрицы в стенках прожилка, *B* - с обломком матрицы (*в*), окруженным собственной регенерационной каймой (*г*). На диаграммах показана ориентировка *c*-осей в соответствующих участках кварца. Условные обозначения – см. рис. 2; масштабный отрезок 0,1 мм. Районы месторождений Малтан (*A*) и Сентачан (*B*).

В том случае, когда монокристалльная матрица в противоположных стенках прожилка имеет не строго одинаковую кристаллографическую ориентировку, прожилок состоит из двух монокристалльных кварцевых полос, кристаллографическая ориентировка каждой из которых определяется ориентировкой матрицы той стенки, к которой прилегает данная полоса; граница между монокристалльными кварцевыми полосами идет вблизи от оси прожилка (рис. 3, *A*).

Если пересекаемая прожилком монокристалльная кварцевая матрица в той или иной степени неоднородна, например, пластически деформирована, то *p*-кварц в прожилке имеет блочное строение - состоит из несколько разориентированных между собой вытянутых по оси *c* субзерен. Ориентировка *c*-осей субзерен определяется неоднородностями матрицы в регенерируемых участках стенки прожилка. Углы разориентировки субзерен обычно не превышают нескольких градусов, хотя в отдельных случаях могут достигать 20-30°. Нередко субзерна имеют подобие ограненных головок.

Субзерна нарастают на стенки прожилка и приходят в контакт друг с другом в осевой части прожилка. Но иногда линия их соприкосновения располагается ближе к одной из стенок или ориентирована под углом к стенкам. Встречаются отдельные субзерна, непрерывно идущие от одной стенки до другой.

Линия соприкосновения образованных субзернами регенерационных кайм, растущих от противоположных стенок, может быть ровной или зубчатой – зубцы соответствуют головкам отдельных субиндивидов (то же свойственно границам между регенерационными каймами, нарастающими на смежные обломки кварца в песчаниках [Pittman, 1972]). Головки субзерен, растущих от одной стенки, могут цементироваться верхними частями субзерен, растущих от противоположной стенки. Если к одной стенке прожилка прилегает *p*-кварц, состоящий из субзерен, а к другой – монокристалльный *p*-кварц, не содержащий видимых субзерен, то последний иногда занимает основную часть прожилка, цементируя головки субзерен, едва начавших рост от противоположной стенки.

Если в монокристалльной кварцевой матрице имеются включения зерен кварца другой ориентировки, то *p*-индивиды, образующиеся в прожилке на этих зернах (независимо от их кристаллографической ориентировки) обычно «перекрываются» *p*-кварцем, нарастающим на основную монокристалльную матрицу (рис. 2). Тем же *p*-кварцем перекрываются и иногда образующиеся на стенках отдельные мелкие идиоморфные кристаллики кварца отличной от матрицы ориентировки (рис. 4, *A*).

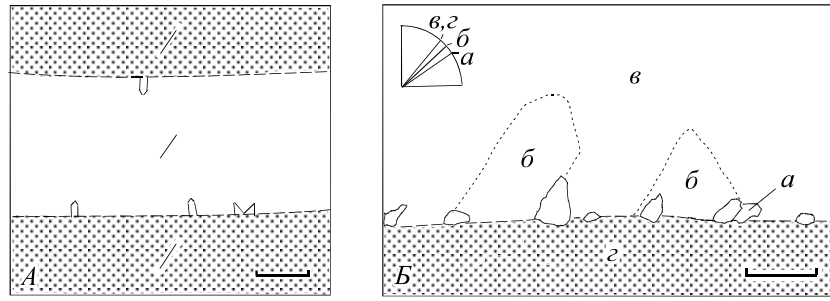


Рис. 4. Мелкие зерна кварца на стенках монокристаллических кварцевых прожилков (условные обозначения – см. рис. 2): *A* – идиоморфные зерна (месторождение Базовское); *B* – неограниченные зерна (месторождение Сана); на диаграмме – ориентировка оси *c* в мелких зернах (*a*), субзернах (*б*), основном *p*-кварце (*в*) и в матрице (*г*). Масштабный отрезок: *A* – 0,3 мм, *B* – 0,05 мм.

Нередко вдоль стенок монокристаллических прожилков располагаются мелкие зерна кварца (неправильной или в той или иной мере ограниченной формы), имеющие близкую между собой ориентировку *c*-осей - оси *c* этих зерен обычно переориентированы относительно матрицы в одну и ту же сторону на угол до 20-30°, изредка до 50° (рис. 4, *B*).

Мелкие зерна обычно сопровождаются субзернами, переориентированными относительно матрицы в ту же сторону, что и мелкие зерна, но на меньшие углы - в первые градусы (*б* на рис. 4, *B*). Субзерна обычно значительно крупнее мелких призальбандовых зерен (хотя иногда могут быть связаны с последними постепенными переходами по размерам, форме и углу разориентировки относительно матрицы) и так же, как и зерна, могут иметь подобие ограниченных головок. Субзерна имеют широкие основания, значительно превосходящие размеры мелких зерен, и во многих случаях перекрывают мелкие зерна. Сами субзерна перекрываются основным монокристаллическим *p*-кварцем, ориентированным в более точном соответствии с матрицей.

Если в прожилке имеются слабо переориентированные фрагменты монокристаллической матрицы, то эти фрагменты сначала обрастают собственными каймами регенерации, а затем цементируются основным *p*-кварцем, нарастающим на монокристаллическую матрицу стенок прожилка (рис. 3, *B*).

Прожилки, целиком сложенные лишь кварцем, регенерационно нарастающим на монокристаллическую матрицу, образуются в том случае, если стенки трещин в монокристаллической матрице чистые, не загрязненные посторонними минеральными примесями. На загрязненных стенках сначала образуются мелкие разноориентированные зерна кварца, затем на них нарастают несколько более крупные разноориентированные кристаллики кварца, преимущественно идиоморфные, и лишь после этого происходит отложение основного *p*-кварца, повторяющего ориентировку матрицы.

Зернистая кварцевая матрица

В кварцевых микропрожилках, образующихся при заполнении тонких трещин в зернистых кварцевых агрегатах, индивиды *p*-кварца распространяются вдоль простирания прожилков на расстояния, определяющиеся размерами зерен кварца пересекаемой матрицы. Основания *p*-индивидов обычно достаточно точно соответствуют зернам кварца матрицы и перекрытия основаниями *p*-индивидов смежных зерен кварца матрицы (тех зерен, на которых зарождаются смежные с данным *p*-индивиды прожилка), в большинстве случаев не происходит. Если в пересекаемой матрице имеются отдельные участки очень мелкозернистого кварца, то в

местах их пересечения микропрожилком регенерации кварца практически не происходит - в этих участках микропрожилков нередко располагаются не заполненные кварцем полости.

Трещины, при заполнении которых образуются прожилки в зернистой кварцевой матрице, обычно пересекают зерна кварца матрицы и редко оказываются локализованными вдоль границ между этими зернами. Если же последнее имеет место, то стенки прожилка оказываются сложенными зернами кварца разной кристаллографической ориентировки. На эти зерна нарастают p -индивиды соответствующей ориентировки, обычно разделенные между собой в прожилке ровной границей, параллельной стенкам (подобно рис. 3, *a*).

Каждый из p -индивидов, прилегающих к той и другой стенке прожилка, чаще всего распространяется на примерно одинаковые расстояния от стенки прожилка. Лишь когда ось c зерна кварца в одной из стенок ориентирована под небольшим углом к стенке, на это зерно p -кварц нарастает меньше, чем на зерно другой ориентировки в противоположной стенке прожилка, и линия соприкосновения p -индивидов в прожилке располагается ближе к первой стенке.

Если ось c зерна кварца, образующего одну из стенок прожилка, располагается строго параллельно стенке, то это зерно подвергается лишь очень слабой регенерации – p -индивид, нарастающий на зерно кварца противоположной стенки, занимает всю мощность прожилка и приходит в контакт со стенкой, образованной первым зерном. Граница этого зерна, служащая стенкой прожилка, нередко строго прямолинейная (рис. 5, *a*).

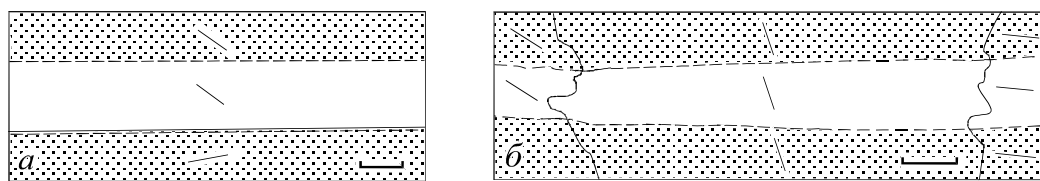


Рис. 5. Кварцевые прожилки в зернистой кварцевой матрице: *a* – отсутствие регенерации кварца стенки, близкой по ориентировке к грани призмы кварца (район месторождения Сентачан), *б* – зубчатые границы между индивидами p -кварца (район Беккемского гранитного массива). Условные обозначения – см. рис. 2. Масштабный отрезок: *a* - 0,05 мм, *б* - 0,1 мм.

Независимо от различий кристаллографической ориентировки смежных p -индивидов границы между ними в прожилках чаще всего прямые. Неровные границы (рис. 5, *б*) встречаются относительно редко. В некоторых случаях границы между p -индивидами в микропрожилках имеют выпуклую форму с максимумом выпуклости в осевой части прожилка [Onasch, 1990]. Это показывает, что некоторые p -индивиды могут в процессе роста несколько увеличиваться в ширину вдоль простирания прожилка за счет смежных p -индивидов; при этом правильно ориентированные p -индивиды могут расширяться за счет менее правильно ориентированных соседей, и наоборот. Неровная форма может быть свойственна границам между достаточно сильно разориентированными между собой p -индивидами, а между слабо разориентированными p -индивидами границы ровные.

Микропрожилки в песчаниках и алевропелитовых породах

В рассматриваемых районах микропрожилки, как и жилы, часто встречаются среди аркозо-граувакковых песчаников. Это обычные для верхоянского комплекса породы [Суставов, 1998], преимущественно мелкозернистые (0,1-0,25 мм), состоящие из обломков кварца (30—80%), плагиоклаза (10—25%), калиевого полевого шпата (0—10%), обломков пород (20—35% — кремнистых, углистых пород, аргиллитов, фельзитов, реже основных и средних вулканиче-

ских пород) и преимущественно пленочного гидрослюдисто-хлоритового цемента. Рассмотрим строение пересекающихся песчаники микропрожилков мощностью в сотые доли миллиметра - меньше размера обломочных зерен в песчаниках.

Микропрожилки сложены главным образом кварцем и альбитом. Индивиды этих минералов регенерационно нарастают на соответствующие обломочные зерна вмещающей породы (рис. 6). Каждый *p*-индивид кварца занимает прожилок на всю мощность и чаще всего распространяется вдоль простирания прожилка на расстояние, соответствующее размеру (в стенке) зерна порообразующего кварца, на которое нарастает данный индивид. Нередки и такие случаи, когда отдельные *p*-индивиды кварца распространяются вдоль простирания прожилка на расстояния, превышающие размеры регенерируемых зерен обломочного кварца [Ramsay, Huber, 1983]. Данные индивиды перекрывают в стенке прожилка прилегающие не кварцевые компоненты породы (рис. 6, *a* - *в*), а иногда – некоторые смежные зерна обломочного кварца (рис. 6, *з*). Иногда с бескварцевой матрицей, обнажающейся в одной стенке прожилка, приходят в контакт *p*-индивиды кварца, росшие от противоположной стенки прожилка.

Если прожилок пересекает присутствующие в песчаниках обломки микрозернистых кварцсодержащих пород (алевропелитовых, кремнистых осадочных пород, основной массы вулканических пород кислого состава и др.), то они в большинстве случаев перекрываются тангенциально разрастающимися смежными *p*-индивидами кварца.

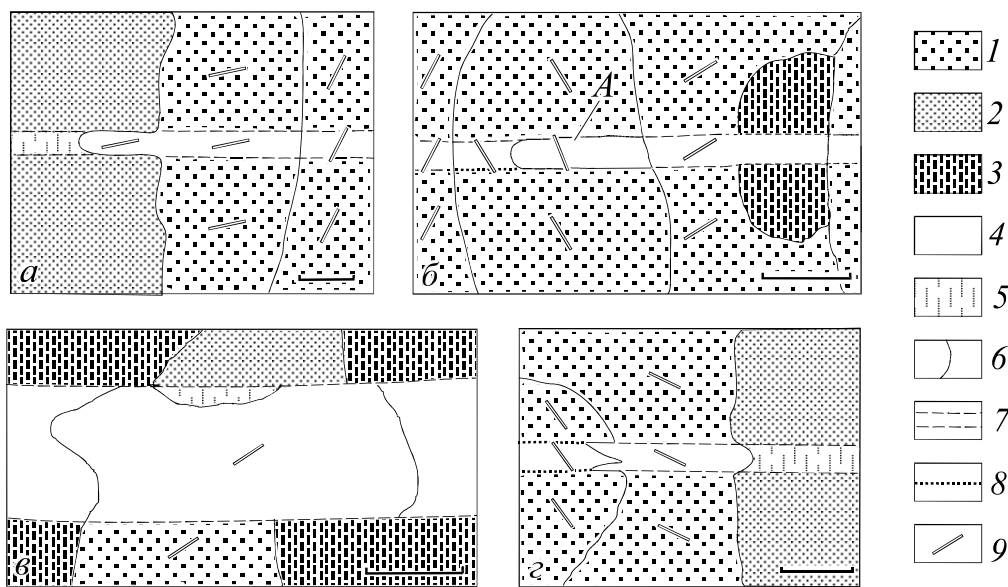


Рис 6. Аркозо-граувакковые песчаники (1- кварц, 2 – плагиоклаз, 3 – прочие компоненты) с кварцевыми (*б*) и альбит-кварцевыми (*a, в, з*) микропрожилками (4 - кварц, 5 - альбит, 6 – границы индивидов и субиндивидов, 7 - стенки прожилков, 8 – полосы флюидных включений вдоль стенок прожилков, 9 – оси *c* кварца). Объяснения в тексте. Масштабный отрезок 0,04 мм. Район Беккемского гранитного массива.



Рис. 7. Кварцевый микропрожилок (штрихи – оси *c* кварца) в не содержащем кварца углеродистом аргиллите (черное). Масштабный отрезок 0,1 мм. К северу от месторождения Кыллах.

Иногда сначала на присутствующих в обломках пород мелких зерна кварца зарождаются отдельные мелкие *p*-индивиды кварца, и уже после этого обломки пород с выросшими на них мелкими *p*-индивидами перекрываются более крупными смежными *p*-индивидами кварца. В отдельных случаях в местах пересечения микропрожилком обломка породы кроме мелких *p*-индивидов на стенках, мелкие зерна кварца возникают и внутри полости, в связи с чем прожилок оказывается в данном участке на всю мощность сложенным мелкозернистым кварцем.

P-индивидам альбита, в отличие от кварца, разрастание шире регенерируемых зерен плагиоклаза не свойственно – *p*-индивиды альбита нередко нарастают лишь на центральные части обнажающихся в стенках зерен породообразующего плагиоклаза, а края этих зерен перекрываются в прожилке кварцем (рис. 6, *a*, *з*). *P*-индивиды альбита могут заполнять прожилок на всю мощность или же образовывать регенерационные идиоморфные «наросты» на выходы зерен породообразующего плагиоклаза (рис. 6, *в*). Затем эти «наросты» перекрываются тангенциально разрастающимися смежными *p*-индивидами кварца. В некоторых случаях зерна плагиоклаза перекрываются *p*-индивидами кварца, не подвергаясь регенерации. В связи с этим альбита в микропрожилках обычно меньше, чем плагиоклаза в породе – микропрожилки имеют существенно более кварцевый состав, чем вмещающая их порода.

Регенерационное нарастание индивидов кварца в микропрожилке на вскрытые в зальбанде зерна породообразующего кварца иногда происходит не совсем точно – с некоторым (до 15°) отклонением оси *c* *p*-индивида от той же оси регенерируемого зерна породообразующего кварца. В этом случае кварц прожилка виден в пересекаемом зерне породообразующего кварца в скрещенных николях под микроскопом в качестве «полосовидного субзерна» (*A* на рис. 6, *б*). Возникновение таких субзерен может быть связано с появлением при трещинообразовании отдельных осколков кварца, несколько повернутых относительно матрицы (см. рис. 3, *Б*; 4, *Б*). Характерно тяготение таких субзерен к местам пересечения прожилками границ между зернами кварца матрицы (рис. 6, *б*).

Вдоль границ между регенерируемыми зернами породообразующего кварца и нарастающими на них *p*-индивидами нередко располагаются полоски флюидных включений – рис. 6, *б*, *з* (полоски флюидных включений встречаются и в основаниях кайм регенерационного кварцевого цемента в песчаниках [Pittman, 1972; Симанович, 1978]). Иногда параллельные стенкам полоски флюидных включений имеются и внутри микропрожилков. Как и микропрожилки в монокристалльной кварцевой матрице, микропрожилки в песчаниках иногда переходят по простирацию в полоски флюидных включений.

В отдельных редких случаях на бескварцевых участках стенок микропрожилков (на зернах плагиоклаза, обломках пород, участках гидрослюдисто-хлоритового цемента) наблюдается самопроизвольное зарождение индивидов кварца. Самопроизвольно зародившиеся на бескварцевой матрице мелкие разноориентированные зерна кварца обычно затем перекрываются, как и мелкие *p*-индивиды, смежными тангенциально разрастающимися более крупными *p*-индивидами (кристаллографическая ориентировка последних может быть менее правильной, чем у перекрываемых мелких кварцевых зерен).

Если бескварцевая матрица (например, почти не содержащая кварца углеродистая алевропелитовая порода) образует в стенке прожилка тонкую полоску, за которой в породе располагается зерно породообразующего кварца, и сплошность этой полоски в какой-то степени нарушена (при образовании жиловмещающих трещин это, по-видимому, происходит часто), то на такой бескварцевой полоске в прожилке образуется индивид кварца, кристаллографическая ориентировка которого соответствует перекрываемому полоской зерну породообразующего кварца. Таким образом, тонкие пленки породы, сплошность которых в какой-то

мере нарушена, обычно не являются препятствием для регенерации зерен кварца, располагающихся под этими пленками (в песчаниках каймы регенерационного кварца также могут быть отделены от обломочных зерен прерывистыми глинистыми пленками [Pittman, 1972]).

Если микропрожилок целиком залегает в бескварцевой матрице, например, располагается среди почти не содержащей кварца алевропелитовой породы, то он, как и микропрожилки в песчаниках, обычно также состоит из длинных, вытянутых вдоль простирания микропрожилка зерен кварца (рис. 7); в данном случае это, по-видимому, обусловлено малым количеством кварцевых зародышей на стенках.

Аллотриоморфнозернистые и гипидиоморфнозернистые агрегаты

Данные агрегаты сложены разноориентированными индивидами, имеющими неправильно-изометричную форму (аллотриоморфнозернистый кварц - АК), или разноориентированными индивидами, вытянутыми по оси *c* и имеющими близкие к прямолинейным ограничения (гипидиоморфнозернистый кварц - ГК). Встречаются также агрегаты, в которых совместно присутствуют индивиды той и другой формы [Adams, 1920], а также агрегаты, состоящие из зерен, форма которых является промежуточной между неправильно-изометричной и вытянутой по оси *c* (те и другие агрегаты будем обозначать АК-ГК). Переходы между АК и ГК иногда наблюдаются в пределах одной и той же жилы. Если ниже приводятся какие-либо данные одновременно об АК и ГК, то эти данные относятся и к АК-ГК.

Нерасщепленный АК и ГК

В данную группу отнесены АК и ГК, сложенные индивидами, не имеющими признаков расщепленного строения, или с расщеплением лишь в наружных зонах роста. Это наиболее широко распространенные разновидности жильного кварца рассматриваемых районов (рис. 8 - 13). Нередко встречающиеся промежуточные разновидности АК-ГК - рис. 11, б; 13; 16, з; переходы от АК до ГК в пределах одной и той же жилы - рис. 10; 11, б.

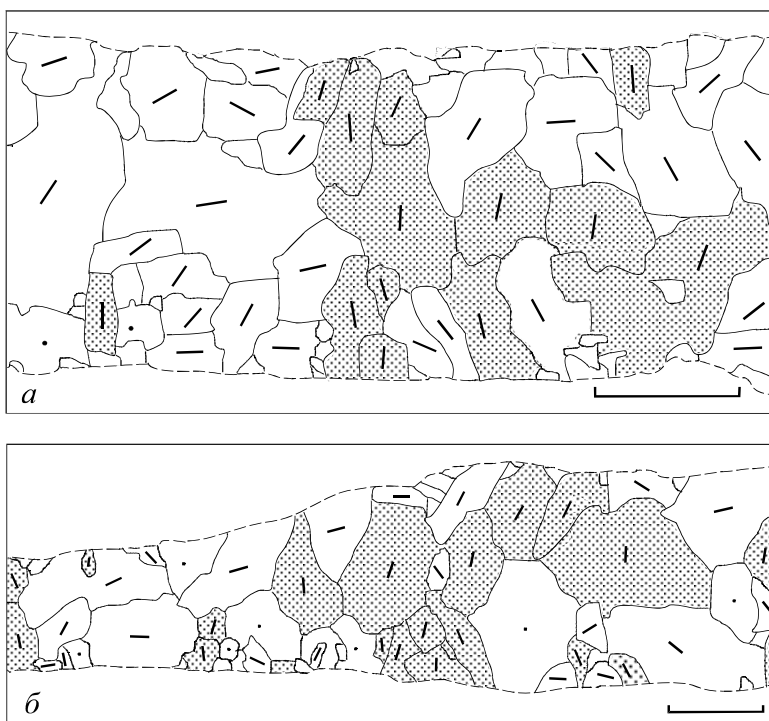


Рис. 8. Жилы аллотриоморфнозернистого кварца (АК): *a* - в березитизированном аркозо-граувакковом песчанике (размер зерен породобразующего кварца близок к размеру наиболее мелких призальбандовых зерен жильного кварца), район месторождения Сарылах; *б* - в алевролите (размер зерен породобразующего кварца 0,04 мм), район Бекемского гранитного массива. Штрихи - оси *c* кварца, точки - оси *c* ориентированы перпендикулярно плоскости шлифа, крап - оси *c* отклоняются от нормали к зальбанду на угол не более 30°, пунктир - стенки жилы (те же обозначения - на всех последующих рисунках, за исключением особо оговоренных случаев). Масштабный отрезок: *a* - 0,5 мм, *б* - 0,2 мм.

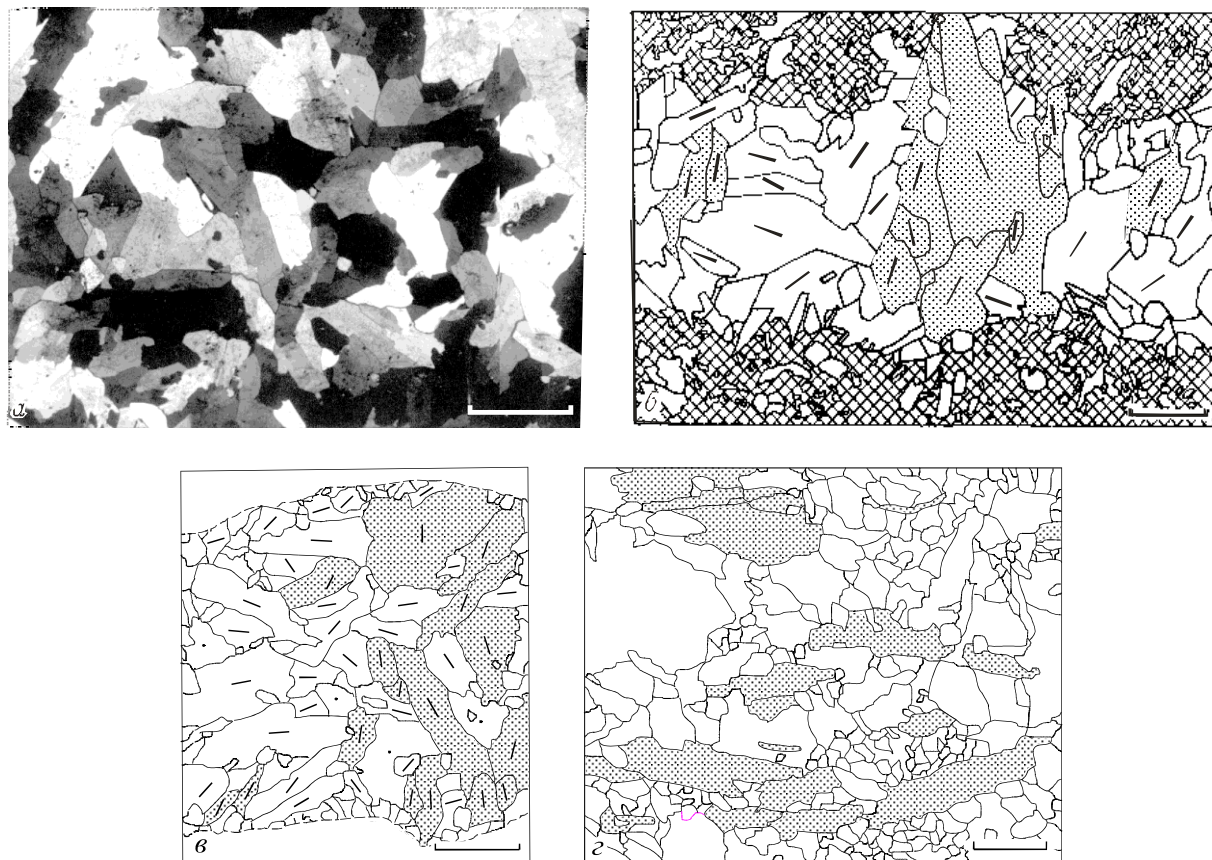


Рис. 9. Гипидиоморфнозернистый жильный кварц (ГК): *а* – район Беккемского гранитного массива (из жилы в аркозо-граувакковом песчанике, николи скрещены); *б, в, з* – к северу от месторождения Кыллах (*б* - в промежутках между обломками адуляризованного песчаника, заштриховано – адуляр; *в, з* – жилы в углеродисто-кварцевых сланцах). Крап: *б, в* - правильно ориентированные индивиды, *з* - вытянутые вдоль оси *с* субпараллельно ориентированные индивиды. Масштабный отрезок: *а* – 1 мм, *б* – 0,2 мм, *в* – 0,5 мм, *з* - 0,3 мм.

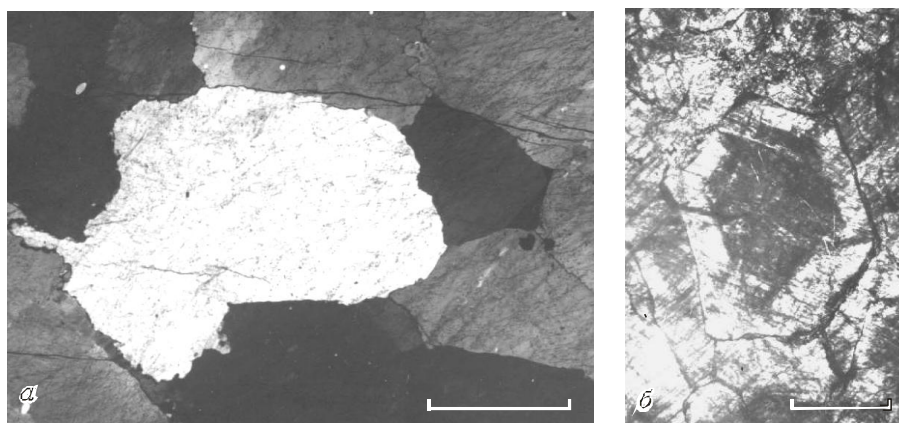


Рис. 10. АК (*а*) и ГК (*б*, угощенный шлиф; индивид с густо замутненным флюидными включениями центральным ядром и слабее замутненной наружной зоной роста) в кварцевой жиле месторождения Сарылах. Масштабный отрезок: *а* – 1 мм, *б* - 2 мм.



Рис 11. АК (*a*) и АК-ГК (*б*) с поперечной к осевым плоскостям жил преимущественной ориентировкой *c*-осей (крап - оси *c* отклоняются от нормали к осевой плоскости жилы на угол не более 30°).

a – жила в алевролите, со сплошной каймой хлорита (темное) вдоль стенок, *б* – жила в березитизированном алевролите со средним размером зерен кварца 0,03 мм. Масштабный отрезок - 1 мм. Месторождения Тан (*a*) и Сентачан (*б*).

В индивидах АК и ГК по распределению первичных флюидных включений иногда видны зоны роста по гексагональной призме и ромбоэдру. В некоторых случаях индивиды состоят из замутненного флюидными включениями ограненного ядра (покрытого гранями призмы, острейших или основных ромбоэдров – наблюдения на федоровском столике) и широкой более прозрачной наружной зоны роста (рис. 10, *б*). Наружные зоны роста (по призме, острейшим и основным ромбоэдрам) могут быть расщепленными (см. рис. 16, *в*).

Ориентировка *c*-осей в агрегатах АК и ГК чаще всего неупорядоченная, хотя в отдельных случаях отмечается преимущественная ориентировка *c*-осей под большими углами к зальбандам (рис. 11). В жилах клиновидной или неправильной формы оси *c* могут быть ориентированы преимущественно перпендикулярно осевым плоскостям жил (рис. 11, *б*). Нередко в агрегатах АК и ГК встречаются отдельные группы смежных близко ориентированных индивидов (сложенные иногда десятком и более индивидов); кристаллографическая ориентировка индивидов этих групп чаще всего правильная – оси *c* ориентированы под большими углами к зальбандам (рис. 11, *б*; 16, *г*).

Зарождение индивидов АК и ГК происходит на стенках и внутри жильных полостей. В тонких прожилках зарождение на стенках преобладает. В достаточно мощных жилах на стенки нередко нарастают лишь призальбандовые индивиды, а индивиды, находящиеся внутри жил на удалении от стенок (рис. 9, *а*; 10), зарождаются в объеме полости.

Зарождение индивидов на стенках полостей

Хотя рассматриваемые жилы АК и ГК залегают главным образом в аркозо-граувакковых песчаниках и в алевропелитовых породах, стенки занимаемых ими полостей в некоторых случаях могут быть и чисто кварцевыми (например, в местах пересечения более ранних кварцевых жил).

Кварцевая матрица

В местах пересечений жилами АК и ГК более ранних кварцевых жил индивиды кварца пересекающей жилы (ограниченные или неограниченные) регенерационно нарастают на обнажающиеся в стенке индивиды кварца пересекаемой жилы. Размеры оснований p -индивидов обычно соответствуют размерам вскрытых стенкой жилы зерен кварца матрицы.

Если стенка сложена мелкозернистым ГК, особенно в той или иной мере загрязненным минеральными примесями, то на этой стенке наряду с мелкими p -индивидами (нередко ограниченными), размеры которых определяются размерами зерен кварца матрицы, образуются также отдельные p -индивиды, которые разрастаются основаниями вдоль стенки шире регенерируемых зерен кварца матрицы. Эти на порядок более крупные p -индивиды (также иногда ограниченные) цементируют мелкие p -индивиды. В последующем многие из них перекрываются еще на порядок более крупными индивидами АК-ГК - зарождающимися внутри объема полости или возникающими за счет дальнейшего разрастания некоторых крупных p -индивидов. Закономерностей в ориентировке c -осей каких-либо из этих индивидов не отмечается. Причины, по которым на одних зернах породобразующего кварца образуются мелкие, а на других – крупные p -индивиды кварца, не ясны.

Жилы в песчаниках и алевропелитовых породах

Стенки жил, залегающих в аркозо-граувакковых песчаниках, сложены зернами породобразующего кварца и располагающимися между ними неокварцевыми компонентами песчаника. Индивиды АК и ГК нарастают как на зерна породобразующего кварца, так и на бескварцевые участки стенок жил. На зернах породобразующего кварца зарождаются p -индивиды жильного кварца, неограниченные (АК) и ограниченные (ГК). В отдельных случаях наблюдается некоторое отклонение ориентировки c -осей p -индивидов от тех же осей регенерируемых зерен породобразующего кварца (ось c p -индивида может отклоняться от оси c регенерируемого зерна как в сторону стенки жилы, так и в сторону нормали к стенке жилы).

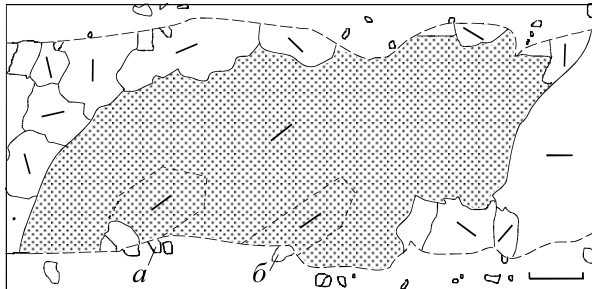


Рис. 12. Индивид кварца (крап), занимающий всю мощность прожилка в серицитизированном алевролите (в породе показаны зерна обломочного кварца); пунктир – стенки прожилка и субиндивиды, регенерационно нарастающие на зерна a и b . Масштабный отрезок 0,1 мм. Месторождение Сарылах.

Как и в микропрожилках, ширина оснований p -индивидов АК и ГК соответствует размерам регенерируемых зерен породообразующего кварца или превышает эти размеры: p -индивиды в некоторых случаях могут разрастаться своими основаниями вдоль стенки, перекрывая бескварцевые участки матрицы, отдельные более мелкие p -индивиды кварца, а иногда и отдельные не подвергшиеся регенерации зерна кварца матрицы. Как и в микропрожилках, разрастающиеся p -индивиды могут иметь как более, так и менее правильную кристаллографическую ориентировку по сравнению с перекрываемыми ими зернами породообразующего кварца. Ширина оснований p -индивидов иногда во много раз превышает размеры регенерируемых зерен породообразующего кварца. Чем протяженнее контакты индивидов со стенкой, тем обычно больше размеры индивидов и в направлении нормали к стенке.

Основания p -индивидов разрастаются тем более широко, чем больше в стенке жилы бескварцевой матрицы между регенерируемыми зернами кварца. Поэтому если матрица содержит достаточно большое количество кварца, то размер призальбандовых p -индивидов обычно близок к размеру зерен породообразующего кварца, а если во вскрываемой стенкой жилы матрицы кварца мало, то p -индивиды крупнее зерен породообразующего кварца.

При наличии в стенке жилы нескольких близко расположенных зерен породообразующего кварца со сходной ориентировкой c -осей, на этих зернах могут образовываться единые крупные p -индивиды жильного кварца. Например, образование индивида, изображенного на рис. 12, связано с присутствием в зальбанде двух одинаково ориентированных зерен обломочного кварца. На этих зернах сначала выросли два разобщенных между собой одинаково ориентированных ограниченных p -индивида. Дальнейший рост в условиях отсутствия других кварцевых зародышей привел к объединению этих индивидов в один крупный p -индивид, занявший прожилок на всю мощность.

На бескварцевой или почти бескварцевой матрице могут возникать индивиды с еще более протяженными контактами со стенкой, чем основания разрастающихся в ширину p -индивидов (рис. 11, *a*). В некоторых жилах среди алевропелитовых пород (в которых мало обломочного кварца, то есть зародышей для образования p -индивидов) отдельные индивиды АК занимают всю мощность жилы, протягиваясь вдоль ее простирания на расстояния, во много раз превышающие мощность (см. рис. 7).

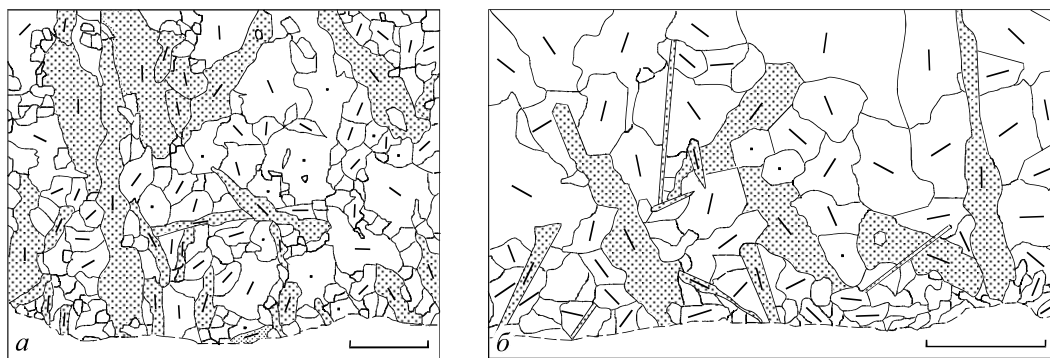


Рис. 13. АК-ГК. Индивиды вытянутой формы (крап) цементируются изометричными индивидами: *a* - месторождение Сарылах (в зальбанде – березитизированный песчаник со средним размером зерен кварца 0,08 мм), *б* - к северу от месторождения Кыллах (в зальбанде - кварц-серицит-углеродистый сланец со средним размером зерен кварца 0,03 мм). Масштабный отрезок: *a* - 1 мм, *б* – 0,5 мм.

На бескварцевой матрице могут зарождаться и отдельные мелкие призматические индивиды, в процессе заполнения полости перекрывающиеся более крупными призматическими индивидами; это перекрытие, подобно отмеченному выше для p -индивидов, обычно не связано с различиями ориентировки оси c в перекрываемых и перекрывающих индивидах – правильно ориентированные индивиды могут перекрывать неправильно ориентированные, и наоборот.

Описанные выше особенности нарастания на кварцсодержащие и бескварцевые стенки свойственны как неправильно-изометричным (АК), так и вытянутым по оси c (ГК) призматическим индивидам. Те и другие индивиды могут быть как регенерационными, так и зарождаться на бескварцевой матрице, иметь широкие основания и перекрывать отдельные мелкие призматические зерна. Нередко призматические индивиды той и другой формы встречаются совместно друг с другом (рис. 11, б; 16, з).

При образовании некоторых разновидностей АК-ГК на стенки сначала нарастают отдельные разобщенные между собой длиннопризматические кристаллы кварца (с возникновением совокупностей кристаллов, близких к друзам 2 типа [Осинский, 1976]), а затем промежутки между этими кристаллами заполняются изометричными индивидами. Вытянутые индивиды при этом сохраняют исходную ограненную форму (рис. 13, б) или же продолжают расти совместно с изометричными индивидами и теряют четко прямолинейные очертания (рис. 13, а). В некоторых случаях промежутки между вытянутыми индивидами заполняются мелкозернистым кварцем.

Зарождение индивидов внутри полостей

Такое зарождение может происходить при образовании жил различной мощности, но наибольшее значение оно имеет при образовании достаточно мощных жил: зарождением в объеме полости обусловлено образование основной массы индивидов таких жил (рис. 8, а; 9, а, в, з; 10; 11, б; 13, б).

Если в кварце, индивиды которого зарождаются в объеме полости (АК или ГК), присутствуют в большом количестве мелкие взвешенные минеральные частицы (например, пылевидные частицы вмещающих пород), то такой кварц часто имеет одинаковую мелкозернистую структуру в жилах различной мощности. Если же в кварце нет значительного количества посторонних минеральных примесей, то зародившиеся внутри жильных полостей индивиды часто тем крупнее, чем больше мощность жилы. Нередко отмечается увеличение размеров зародившихся внутри полости индивидов с удалением от стенки полости (особенно это характерно для АК).

При образовании ГК в объеме заполняющего полость раствора одновременно возникает большое число мелких ограненных индивидов кварца (рис. 9, а). При этом полного срастания индивидов друг с другом в некоторых случаях не происходит и агрегат представляет собой совокупность отчасти сросшихся разноориентированных идиоморфных кристалликов кварца, между которыми имеются пустоты. Наблюдаемая иногда параллельная стенкам жил ориентировка индивидов ГК (рис. 9, з) обусловлена, по-видимому, течением раствора с не до конца выросшими индивидами ГК вдоль плоскости жилы (подобно течению раствора при кристаллизации халцедоновидного кварца с агрегатным угасанием – см. ниже).

Кварцевая матрица

В некоторых случаях зарождение индивидов мелкозернистого ГК происходит в объеме полостей, стенки которых образованы, по крайней мере частично, гранями крупных кристаллов кварца или сколами крупных индивидов кварца.

Наружные зоны роста кристаллов кварца, образующих стенки полости, в этом случае могут нести некоторую информацию о протекании кристаллизации ГК в полости.

Перед кристаллизацией в данной полости ГК в этих зонах роста сначала обычно появляются мелкие чешуйки серицита (подобные, хотя и более крупные, чешуйки серицита имеются и внутри ГК). Чешуйки рассеяны в кварце наружных зон роста беспорядочно, иногда ориентированы своими плоскостями поперек граней ромбоэдра.

В основании самой внешней зоны роста кристаллов кварца, образующих стенки полости, наблюдаются «кварцевые присыпки» (иногда также сопровождаемые серицитом). Они представляют собой совокупности мелких ограненных кристалликов кварца, нарастающих на грань крупного кристалла и затем цементирующихся зоной роста этой грани (рис. 14).



Рис. 14. Кристаллики кварца «присыпки» в основании наружной зоны роста по призме (пунктир) кристалла кварца (сечение поперек оси c), Базовское месторождение. Длина рисунка 3,2 мм.

Идиоморфные кристаллики кварца имеют различную величину (меньшую, чем зерна основного ГК) и ориентированы осью c под разными углами к грани кристалла, на которой они располагаются. В некоторых случаях они нарастают на точечные минеральные включения на грани матрицы. Величина кристалликов не зависит от их кристаллографической ориентировки по отношению к матрице. Независимо от наклона оси c кристалликов к грани, на которой они располагаются, кристаллики нередко имеют плоские основания (в месте прилегания к грани призмы или ромбоэдра матрицы). Следует отметить, что присыпки образуются как на верхних, так и на нижних зонах роста кристаллов кварца матрицы.

После образования присыпок и последующего роста грани кристалла матрицы, приводившего к цементации присыпок самой внешней зоной роста кристалла, начинается массовая кристаллизация ГК в объеме полости. Размеры зерен ГК в объеме полости обычно несколько превышают размеры кристалликов присыпок.

Таким образом, в наружных зонах роста крупных кристаллов перед образованием цементирующего эти кристаллы ГК иногда сначала появляется серицит, затем отдельные мелкие зерна кварца (преимущественно в виде «кварцевых присыпок» по зонам роста), а уже затем начинается кристаллизация ГК в объеме полости.

В ряде случаев отмечаются некоторые отклонения от вышеприведенной схемы. Например, иногда на грани призмы крупного кристалла перед кристаллизацией ГК сначала возникает присыпка из чешуек серицита и очень мелких зерен кварца, а затем образуется наружная зона роста, в основании которой располагается присыпка из достаточно крупных кристалликов кварца, мало отличающихся по размерам от зерен основного ГК.

В некоторых случаях наружные зоны роста грани матрицы, прилегающей к агрегату ГК, имеют расщепленное строение. Перед кристаллизацией ГК в расщепленных зонах роста появляются отдельные беспорядочно разбросанные мелкие разноориентированные призматические зерна кварца, которые зарождались в разных местах и в разное время на поверхности расщепленной грани по мере ее роста. При этом перед образованием расщепленных зон роста в кристаллах кварца матрицы нередко появляются, как и в других отмеченных выше случаях, рассеянные чешуйки серицита, ориентированные беспорядочно или перпендикулярно граням ромбоэдра; иногда такие чешуйки встречаются и в зонах расщепления вместе с мелкими зер-

нами кварца. Зерна ГК, цементирующего кристаллы кварца с расщепленными наружными зонами роста, несколько крупнее мелких зерен кварца, находящихся внутри этих зон роста.

Если стенка полости, в которой кристаллизуется ГК, представлена сколом достаточно крупного монокристалльного индивида кварца, то такая стенка перед кристаллизацией ГК обычно покрывается каймой регенерации – узкой полоской монокристалльного кварца, кристаллографическая ориентировка которого соответствует ориентировке матрицы. Внешняя граница регенерационной каймы неровная, образована границами зерен ГК, сменяющего эту кайму.

При загрязненности ГК мелкими минеральными включениями (обычно это чешуйки серицита и непрозрачные пылевидные зерна) эти включения нередко имеют и в регенерационной кайме. В тонких регенерационных каймах (между сближенными монокристалльными обломками кварца) обычно присутствуют только эти минеральные включения, а в достаточно широких регенерационных каймах вместе с этими включениями наблюдаются также «висящие» в регенерационном кварце отдельные мелкие зерна кварца. Эти зерна несколько мельче зерен ГК, находящегося за пределами регенерационных кайм. Образование регенерационных кайм, по-видимому, происходило вместе с кристаллизацией ГК за пределами кайм и заканчивалось одновременно с окончанием кристаллизации ГК.

В некоторых случаях зародышами появляющихся внутри полостей кристалликов ГК могут служить находящиеся во взвешенном состоянии в растворе разобщенные между собой мелкие обломки молочно-белого кварца. Такие обломки иногда наблюдаются в виде включений внутри отдельных не до конца выросших индивидов ГК и внутри описанных выше кайм регенерации. Индивиды ГК, содержащие обломочные включения молочно-белого кварца, образуются путем регенерационного нарастания прозрачного кварца на обломки молочно-белого кварца.

Появление перед кристаллизацией ГК мелких кристалликов в наружных зонах роста и каймах регенерации крупных индивидов кварца, образующих стенки полости, отмечается не всегда. Иногда монокристалльная кварцевая матрица (грань крупного кристалла или скол крупного индивида) при кристаллизации возле нее ГК лишь несколько подрастает, заполняя промежутки между прилегающими к монокристалльной матрице кристалликами ГК, зарождение которых произошло внутри полости. Строение ГК вблизи и на удалении от матрицы в этом случае одинаково.

В некоторых случаях кристаллизация ГК может происходить так, что прилегающие к крупному кристаллу-матрице кристаллики ГК нарастают на грани кристалла (последние при этом могли вести себя пассивно или расти вместе с основаниями кристалликов ГК). В связи с этим строение ГК в непосредственной близости от матрицы отличается от строения ГК на удалении от матрицы. При пассивном поведении матрицы положение границ между кристалликами ГК и монокристалльной матрицей, как и при образовании «кварцевых присыпок», задается контурами матрицы, и эти границы по отношению к кристалликам ГК в общем случае иррациональны. При росте грани матрицы вместе с нарастающими на эту грань мелкими кристалликами ГК основания последних могут приобретать клиновидную форму, не свойственную подобным кристалликам ГК, зародившимся в объеме полости.

Следует отметить, что во всех случаях близость крупной монокристалльной кварцевой подложки никак не влияет на ориентировку появляющихся в растворе кристалликов ГК – беспорядочная ориентировка, свойственная индивидам ГК, обычно остается таковой и в непосредственной близости от монокристалльной кварцевой матрицы (в отличие от рассматриваемого ниже ориентирующего влияния монокристалльной кварцевой матрицы на кристаллизацию халцедоновидного кварца).

Жилы в песчаниках и алевропелитовых породах

Индивиды кварца, зародившиеся внутри полости, по форме нередко мало отличаются от индивидов, зародившихся на стенках - индивиды ГК, например, в том и другом случае одинаково вытянуты по оси *c*.

В призальбандовых частях жил зародившиеся внутри полости индивиды контактируют с индивидами, зародившимися на стенках, или же непосредственно со стенками (последнее обычно при низком содержании кварца в матрице). Контакты зародившихся внутри полости индивидов со стенками с низким содержанием кварца могут быть достаточно протяженными. Протяженные контакты со стенкой могут быть свойственны зародившимся внутри полости индивидам и при наличии вдоль стенки отдельных призальбандовых индивидов кварца – зародившиеся внутри полости крупные индивиды могут прилегать к стенке, цементируя отдельные мелкие призальбандовые индивиды (рис. 16, в).

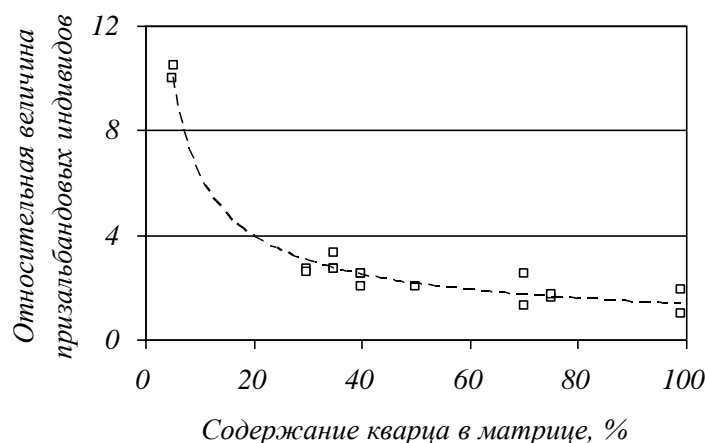


Рис. 15. Относительная величина призальбандовых индивидов (отношение средней длины контактов индивидов со стенкой к среднему размеру зерен кварца матрицы) при различном содержании кварца в матрице (жилы АК и ГК в алевропелитовых породах, песчаниках и в местах пересечения более ранних кварцевых жил; Верхне-Индибирский и Куларский районы).

Таким образом, протяженные контакты индивидов жильного кварца со стенками с низким содержанием кварца могут быть обусловлены не только отмеченными выше тангенциальным разрастанием оснований *p*-индивидов по бескварцевой матрице и самопроизвольным зарождением на бескварцевой матрице индивидов с широким основанием, но и прилеганием к бескварцевой матрице крупных индивидов, зародившихся внутри полости. С совокупным действием перечисленных выше факторов связано возрастание относительной величины призальбандовых индивидов АК и ГК с уменьшением количества кварца в матрице [Fisher, Byrne, 1990] (рис. 15).

Соотношения во времени между зарождением индивидов на стенках и внутри полостей

Зарождение индивидов АК и ГК на стенках и внутри полости могло происходить одновременно или же было несколько смещено между собой во времени.

При одновременном зарождении индивидов АК или ГК на стенках и внутри полости жила может быть на всю мощность заполнена индивидами примерно одинакового размера (рис. 8 а, б; 11, а) или же у стенок кварц имеет более мелкозернистую структуру, чем в центральных частях жил. Последнее, по-видимому, может иметь место в том случае, когда пере-

сыщение раствора и количество зародышей в прилегающей к зальбанду части полости выше, чем в центральных частях полости. Самые крупные индивиды жильного кварца обычно зарождаются не на стенках, а внутри полости.

Если зарождение на стенках происходит несколько раньше, чем внутри полости, то на стенках обычно образуется мелкозернистый кварц (мелкие зерна кварца чаще всего регенерационные и ограненные), а остальная часть полости заполняется зародившимися внутри полости более крупными индивидами. Иногда заполнение полостей начинается с образования на стенках сильно вытянутых (до игольчатых — длиной до 0,3 и поперечником 0,01 — 0,03 мм) разобренных между собой кристалликов кварца гексагонально-призматического облика (рис. 13). После их выделения оставшаяся часть объема полости может заполняться более крупными индивидами АК или ГК, некоторые из которых иногда захватывают в себя в виде включений до десятка ранее образовавшихся мелких кристалликов (подобно рис. 16, в).

На рис. 16 приведены примеры агрегатов, при формировании которых зарождение индивидов на стенках могло, вероятно, происходить несколько позднее, чем зарождение индивидов внутри полости. На рис. 16, а клиновидная форма призальбандовой каймы у нижней стенки прожилка соответствует направлению вытянутости осевого кристалла кварца; это, по-видимому, обусловлено тем, что осевой кристалл (кроме его боковых частей, непосредственно контактирующих с призальбандовыми каймами) зародился в полости прежде, чем возникла мелкозернистая призальбандовая кайма.

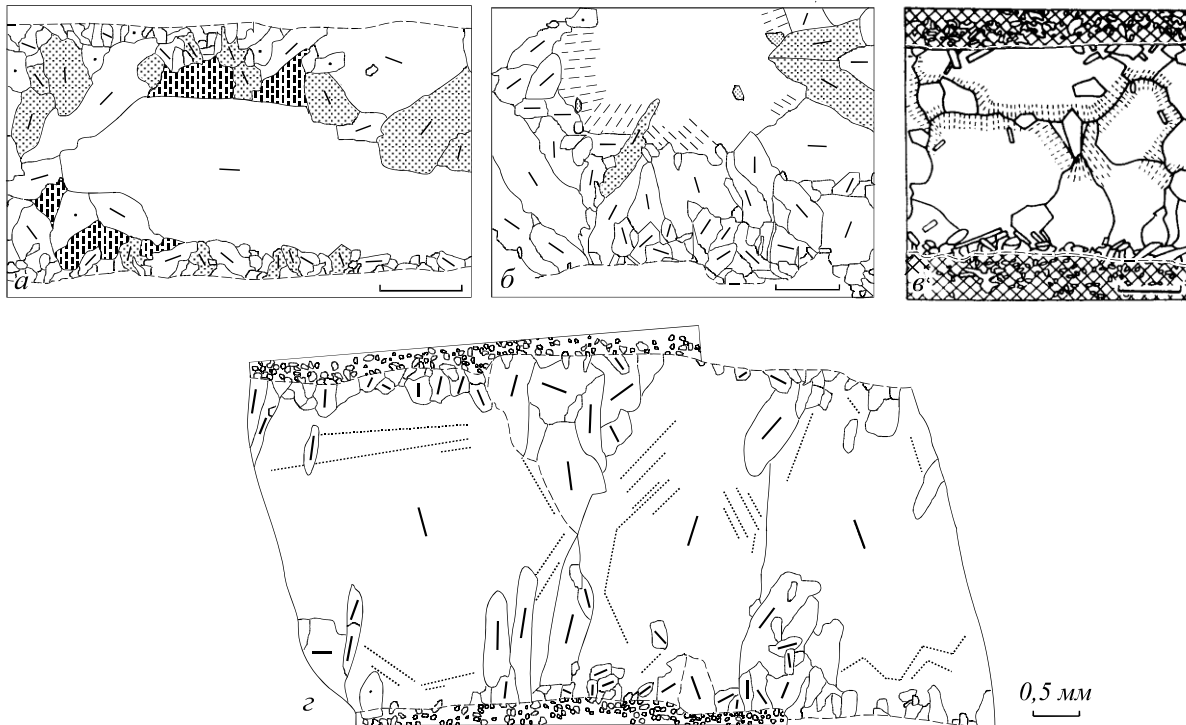


Рис. 16. Крупные индивиды начинают расти в объеме полости до кристаллизации более мелких зерен кварца на стенках полости (объяснения в тексте). Темное (а) — карбонат; б - крапом выделены индивиды, зародившиеся внутри крупного расщепленного индивида; пунктир (б, в) - субиндивиды расщепления; точечный пунктир (z) — зоны роста, фиксируемые распределением первичных флюидных включений.

Пересекаемая матрица: а, z, в - аркозо-граувакковые песчаники (а - средний размер обломочных зерен кварца 0,08 мм, в, z — обломочные зерна изображены на рисунке, штриховка (в) - углеродистое вещество), б — жильный кварцевый агрегат со средним размером зерен 0,03 мм (а, z - месторождение Сана; б, в - к северу от месторождения Кыллах). Масштабный отрезок: а - 1 мм, б — 0,5 мм, в — 0,2 мм;

На рис. 16, б рост мелких зерен на стенках полости, по-видимому, начался в момент появления расщепленной внешней зоны роста крупного индивида, зародившегося внутри полости. Начало расщепления крупного кристалла сопровождалось образованием мелких кристалликов кварца, которые нарастали на нерасщепленное ядро крупного кристалла. Эти кристаллики сначала росли вместе с расщепленной зоной роста крупного индивида, а затем вместе с нараставшими на стенку жилы индивидами призальбандовых агрегатов. Это показывает, что образование призальбандовых агрегатов происходило после начала расщепления крупного индивида, то есть позднее зарождения этого индивида.

На рис. 16, в образование расщепленных наружных кайм крупных индивидов (по крайней мере некоторые из которых зарождались, по-видимому, внутри прожилка) сопровождалось возникновением мелких кристалликов кварца, нараставших на нерасщепленные «ядра» крупных индивидов; не исключено, что в то же время возникли и аналогичные мелкие кристаллики, нараставшие на стенки прожилка и в последующем перекрытые продолжившими свой рост крупными индивидами.

К выводу о зарождении крупных индивидов в осевых частях полостей до зарождения призальбандовых мелких зерен можно прийти и при рассмотрении конфигурации зон роста индивидов кварца в жиле, изображенной на рис. 16, г. В данном случае правильно ориентированные крупные индивиды могли самопроизвольно зародиться внутри полости, а по крайней мере часть мелких призальбандовых зерен начала кристаллизоваться после зарождения крупных индивидов.

Расщепленный микрокристаллический АК и ГК («халцедоновидный» кварц)

Особой мелкозернистой разновидностью жильного кварца аллотриоморфнозернистой и гипидиоморфнозернистой структуры является кварц, выделяемый в данных районах под названием «халцедоновидного» (ХК) [Рудич, 1959; Сустанов, 1976, 1990, а, в; Горячев, 1992]. Он представляет собой агрегат изометричных или вытянутых по оси с расщепленных индивидов размерами до 0,1 - 0,2 мм.

Нами изучался ХК из экзоконтактовых зон Беккемского, Нельканского, Право-Арангаского, Самырского ранне-позднемеловых гипабиссальных гранитоидных массивов, которые залегают среди верхнетриасовых терригенных песчано-глинистых пород, и на месторождении Аид, приуроченном к дацитам раннемелового Тарынского субвулканического интрузива. Этим кварцем сложены системы разнонаправленных прожилков и жилы брекчиевой, реже массивной или полосчатой текстуры.

Расщепление индивидов ХК проявляется в их веерообразном, реже крестоподобном угасании (рис. 17). Фигура угасания в виде креста при повороте столика микроскопа распадается на два гиперболоподобных участка, перемещающихся по мере увеличения угла поворота к краям кристалла [Рундквист, 1958; Волостных, 1967]; полное просветление наступает при повороте индивида на угол, соответствующий наибольшему углу разориентировки субиндивидов (этот угол иногда достигает 40°). Строение индивидов ХК сходно со строением округлых выделений расщепленного кварца, описанных Д. В. Рундквистом [1958].

Рентгеновские дифракционные линии ХК шире, чем у расщепленного кварца П1-1 (см. ниже), что, по-видимому, связано со значительно меньшими размерами субиндивидов расщепления в ХК. Показатель преломления ХК (и связанного с ним регенерационного кварца) ниже, чем у нерасщепленного кварца. Характерно постоянное присутствие в ХК взвешенного обломочного материала различной размерности (рис. 19, в).

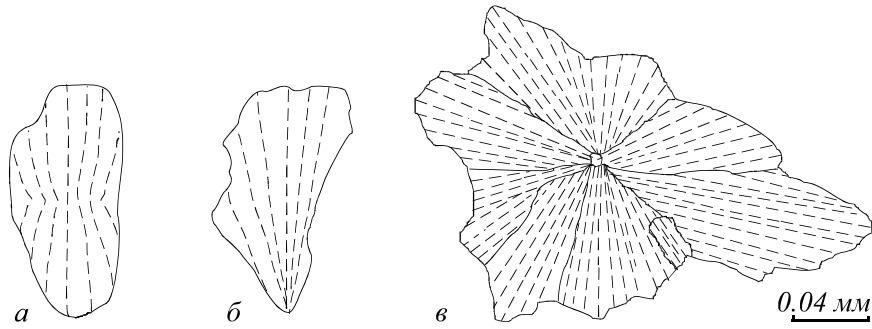


Рис 17. Индивиды (а, б) и сросток индивидов (в) халцедоновидного кварца (пунктиром показана ориентировка оси *c* кварца). Экзоконтакт Нельканского гранитного массива.

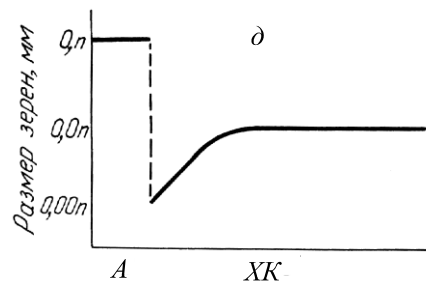
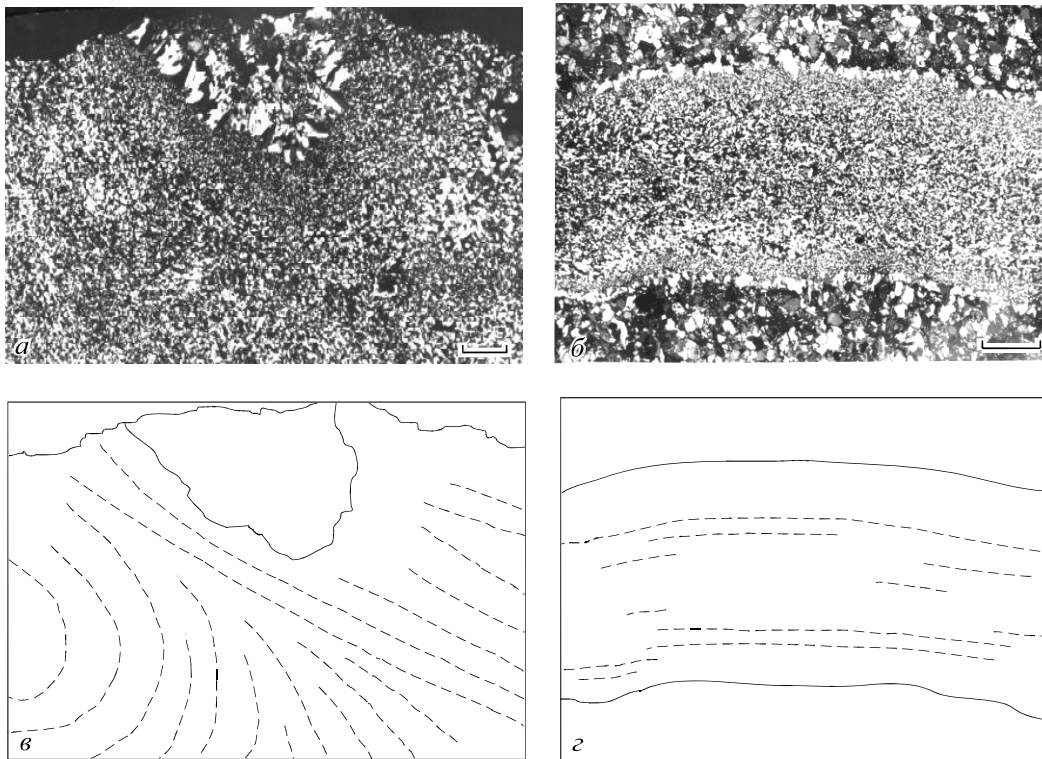


Рис 18. Выступ каймы гребенчатого кварца в ХК (а), прожилок ХК в аркозо-граувакковом песчанике (б), ориентировка струй агрегатного угасания (пунктир) в ХК а и б (в, г) и схема изменения размера зерен кварца с удалением от стенки полости (д; А- приальбандовая гребенчатая кайма); масштабный отрезок 0,5 мм. Экзоконтакт Беккемского гранитного массива.

Перед кристаллизацией относительно чистого (не содержащего большого количества минеральных примесей) ХК на стенках полостей, сложенных горными породами, обычно образуются каймы гребенчатого (П1-1 – см. ниже) кварца (рис. 18), а на стенках, представленных сколами крупных монокристалльных индивидов кварца – каймы регенерационного кварца (рис. 19). Если же ХК во всем объеме густо насыщен минеральными примесями, например, рассеянными глинистыми минералами или мелкими, до пылевидных, обломочными частицами пород, или если стенки загрязнены этими примесями, то приконтактные каймы отсутствуют и ХК непосредственно прилегает к стенкам полостей.

К приконтактным гребенчатым или регенерационным каймам (а при их отсутствии — непосредственно к стенкам полостей) обычно прилегает аллотриоморфнозернистый ХК; с удалением от стенок он сменяется основным несколько более крупнозернистым гипидиоморфнозернистым ХК (рис. 18).

Аллотриоморфнозернистый ХК представляет собой агрегат неправильно-изометричных зерен размерами 5-20 мкм. Он нередко насыщен (во всем объеме или лишь возле зальбандов) большим количеством пылевидных (размерами не более первых микрометров) минеральных включений, иногда сопровождаемых чешуйками слоистых силикатов. Сменяющий его с удалением от стенок полостей гипидиоморфнозернистый ХК состоит из беспорядочно ориентированных удлиненных вдоль оси *c* зерен шириной от 20 до 70 мкм, иногда до 150 мкм, между которыми располагаются отдельные мелкие изометричные зерна. Иногда встречаются клиновидные веерообразно-расщепленные зерна (рис. 17, б) и их сферолитоподобные сростания (рис. 17, в).

По мере удаления от стенок полостей в ХК становится меньше пылевидных минеральных примесей - гипидиоморфнозернистый ХК менее загрязнен такими примесями, чем располагающийся у стенок (прилегающий к призальбандовым каймам) аллотриоморфнозернистый ХК. К отдельным скоплениям пылевидных минеральных примесей, находящимся на удалении от стенок полости, приурочены встречающиеся в гипидиоморфнозернистом ХК глобулы и пятна аллотриоморфнозернистого ХК.

Аллотриоморфнозернистый и гипидиоморфнозернистый ХК нередко связаны между собой постепенными переходами. В участках таких переходов в аллотриоморфнозернистом ХК сначала появляются единичные относительно крупные вытянутые зерна, а затем их количество все более увеличивается вплоть до образования относительно крупнозернистого гипидиоморфнозернистого ХК с небольшим количеством более мелких зерен аллотриоморфнозернистого ХК. В некоторых случаях отмечается пересечение аллотриоморфнозернистого ХК более крупнозернистым гипидиоморфнозернистым ХК (это отмечено К. Н. Рудичем [1959] как цементация раннего серого ХК более крупнозернистым белым "сахаровидным" ХК).

В относительно чистом от минеральных примесей ХК может наблюдаться *агрегатное угасание* (рис. 18, 20), обусловленное субпараллельной ориентировкой зерен, вытянутых вдоль оси *c* (отдельные такие зерна встречаются и в аллотриоморфнозернистом ХК). В гипидиоморфнозернистом ХК участки агрегатного угасания имеют в скрещенных николях вид скелетных монокристаллов (в десятки раз более крупных, чем зерна ХК), с многочисленными включениями мелких изометричных зерен ХК, имеющих преимущественно неупорядоченную кристаллографическую ориентировку (рис. 20, а). По мере перехода от одного участка ХК к другому агрегатное угасание может плавно поворачиваться на угол до 150°.

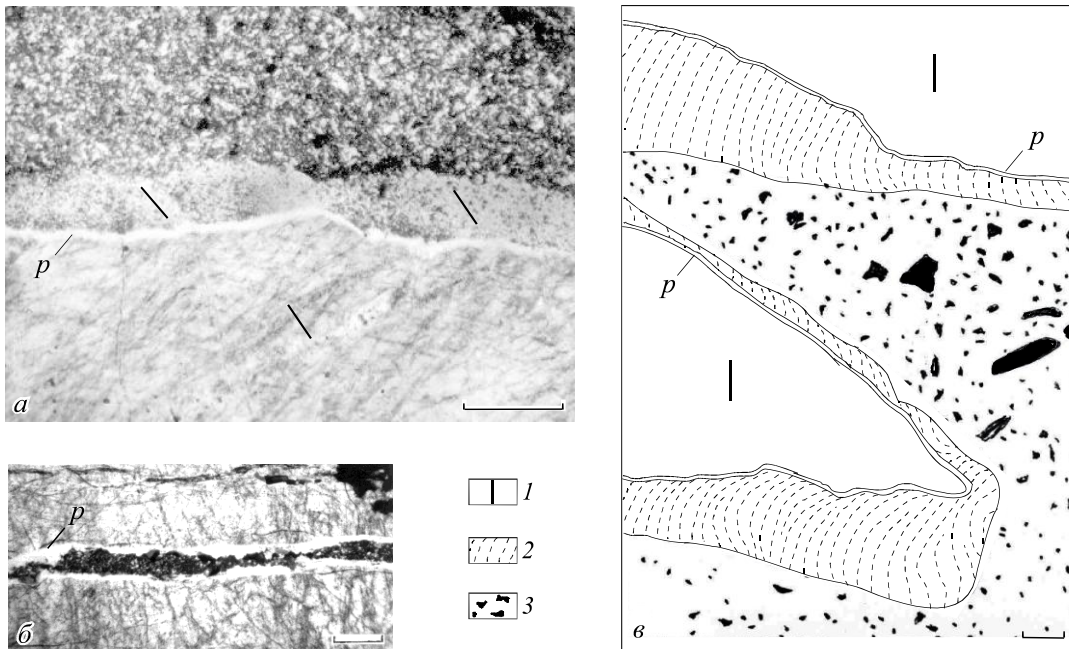
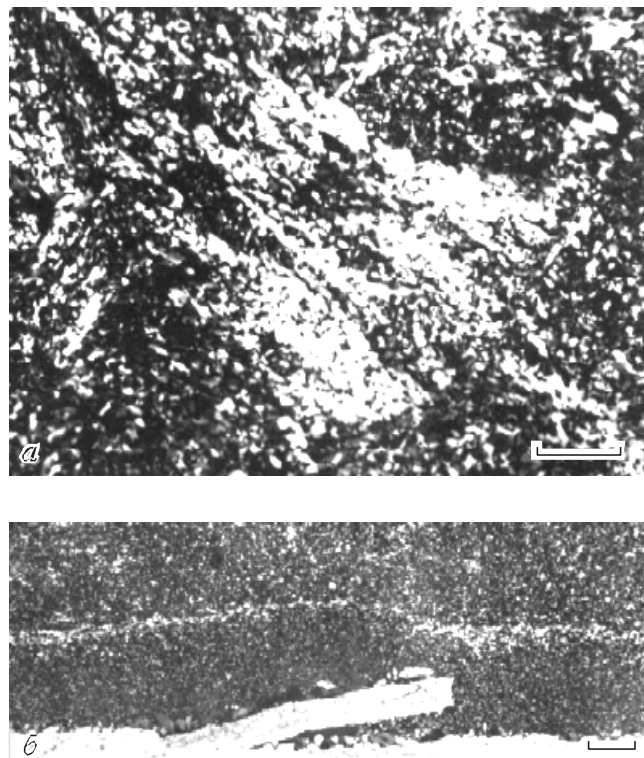


Рис 19. Соотношения ХК и более раннего монокристалльного жильного кварца: *a* –ориентировка оси *c* кварца в в монокристалльном кварце (внизу) и в нарастающем на него агрегатно-гаснущем ХК (вверху – ХК без агрегатного угасания); *б* – прожилок ХК (темное) в монокристалльном кварце (серое); *в* - ХК без агрегатного угасания, с обломками вмещающих углеродистых пород (3) цементирует обломки монокристалльного кварца (белое), окруженные каймами ХК с агрегатным угасанием.

1, 2 – ориентировка оси *c* кварца, *p* – регенерационный кварц; масштабный отрезок 0,3 мм. Экзоконтакт Нельканского гранитного массива.

Рис. 20. Агрегатное угасание в ХК: *a* - участки агрегатного угасания; *б* – тонкая полоска агрегатно гаснущего ХК (ось *c* ориентирована горизонтально) огибает «отщепленный» фрагмент монокристалльной кварцевой матрицы (белое внизу). Масштабный отрезок 0,5 мм. Экзоконтакты Беккемского (*a*) и Нельканского (*б*) гранитных массивов.



Иногда наблюдаются «струи» агрегатного угасания, которые «обтекают» пятна аллотриоморфнозернистого ХК, выделившегося несколько раньше, чем гипидиоморфнозернистый ХК с агрегатным угасанием, или же огибают неровности стенок полости (рис. 20, б; 18). «Струи» агрегатного угасания, по-видимому, фиксируют собой места локализации течения кварцобразующего раствора в ходе кристаллизации ХК – в этих струях течение не полностью закристаллизовавшегося раствора приводило к параллельности друг другу индивидов ХК. Это показывает, что индивиды ХК в процессе своего роста были подвижны и могли перемещаться относительно друг друга.

Вблизи от монокристалльной кварцевой матрицы агрегатное угасание ХК обычно соответствует кристаллографической ориентировке матрицы – направление оси c в агрегатно гаснущем ХК чаще всего ориентировано так же, как ось c в монокристалльной матрице, хотя иногда бывают и отклонения от этого правила (рис. 19, в). Ориентирующее влияние монокристалльной матрицы распространяется на расстояния до десятых долей миллиметра от поверхности матрицы.

В некоторых случаях одинаковая с монокристалльной кварцевой матрицей ориентировка оси c агрегатно-гаснущего ХК наблюдается в участках, несколько удаленных от поверхности матрицы, а в непосредственном контакте с последней агрегатное угасание может значительно (на несколько десятков градусов) отличаться от ориентировки матрицы (рис. 19, в). Особенно велики такие отклонения в агрегатно гаснущем аллотриоморфнозернистом ХК, располагающемся в углублениях на поверхности матрицы. В некоторых случаях в таких углублениях агрегатное угасание ХК очень слабое или отсутствует. Это может быть связано с концентрацией в углублениях кварцевой матрицы пылевидных минеральных примесей - за пределами этих углублений в ХК таких примесей меньше.

Параллельно-шестоватые агрегаты, возникающие при свободной кристаллизации в полостях (П1)

К таким агрегатам относятся выделенные Д. П. Григорьевым [1961] параллельно-шестоватые агрегаты 1 типа - с одинаковой (в направлении оси *c*) ориентировкой шестоватых индивидов и с зоной геометрического отбора в основании агрегата. Среди них нами выделяются П1-1 - с достаточно сильной преимущественной ориентировкой *c*-осей, известные также как друзы 1 типа [Осинский, 1976] и т.д., и П1-2, которые по своему строению отличаются от типичных П1-1, могут быть связаны постепенными переходами с АК и ГК и нередко характеризуются более слабой, чем в П1-1, преимущественной ориентировкой *c*-осей.

П1-1 – друзы 1 типа

В изученных районах П1-1 встречаются преимущественно в наиболее молодых средне- и низкотемпературных кварцевых жилах, в том числе в жилах с золото-серебряным оруденением. Ниже приводятся результаты изучения П1-1 из призальбандовых частей жил халцедоно-видного кварца района Беккемского гранитного массива, из кварцевых жил месторождений Аид, Альфа и Эргелях [Сустанов, 1990, а, б, в; 1991] (рис. 21, 24, 26, 27). Мощность изученных П1-1 - от долей миллиметра до 10 см (наиболее мощные - из месторождения Эргелях).

Агрегаты П1-1 сложены клиновидными кварцевыми индивидами, ориентированными осями *c* поперек обрастаемых поверхностей; при наличии на индивидах остроконечных головок последние образованы одинаково развитыми гранями ромбоэдров. Отношение длины к ширине индивидов обычно достаточно постоянное (7-5, иногда 4). Так как в этих агрегатах всегда имеются отдельные элементы радиально-лучистого строения и в одном том же агрегате нередко наблюдаются постепенные переходы от строго параллельно-шестоватых к радиально-лучистым участкам, переходные разности также отнесены нами к П1-1.

Расщепление индивидов

Характерной особенностью индивидов кварца П1-1 является их расщепленное строение [Adams, 1920]: в мелких индивидах (шириной менее 0,2 мм) наблюдается О-расщепление, а в более крупных (шириной более 0,2 мм) – О- и Н-расщепление.

О-расщепление

В мелких индивидах П1-1 (рис. 24 - 27) О-расщепление преимущественно «плавное», реже «прерывистое». При «плавном» расщеплении (см. рис. 28, *a*) индивид состоит из вытянутых параллельно оси *c* очень тонких веерообразно разориентированных субиндивидов: в скрещенных николях наблюдается плавная волна угасания, параллельная оси *c*, постепенно переходящая при вращении столика микроскопа с одного края индивида на другой (flamboyant кварц [Adams, 1920; Dong et al., 1995]). При "прерывистом" (рис. 27, *б*) расщеплении (свойственно преимущественно более крупным индивидам) наблюдаются аналогично расположенные более широкие субиндивиды. Иногда единичные широкие субиндивиды располагаются в боковых частях плавно расщепленных индивидов. Некоторые индивиды состоят из двух О-субиндивидов, разделенных границей, ориентированной симметрично относительно *c*-осей этих субиндивидов.

В крупных индивидах О-субиндивиды (шириной до 3—4 мм в кристаллах поперечником 3—4 см) приурочены к боковым частям индивидов, нередко единой каймой окружая со всех сторон осевую часть кристалла. Они возникают при зарождении индивидов или появля-

ются по бокам индивидов в процессе их роста (см. рис. 22, б). В ограненных головках индивидов О-субиндивиды имеют собственное огранение, причем их вершины обычно несколько выступают над поверхностью грани ромбоэдра основного кристалла. Оси *c* О-субиндивидов отклоняются от *c*-оси основного кристалла на угол до 10 - 20°, причем этот угол, в связи с веерообразным характером расщепления, возрастает по мере удаления О-субиндивидов от оси основного кристалла. Соответствующее изменение положения граней ромбоэдра О-субиндивидов в головках индивидов приводит к тому, что эти головки нередко имеют в той или иной мере выраженную куполовидную форму.

Индивиды и О-субиндивиды сложены главным образом пирамидами нарастания граней основных ромбоэдров. В осевых ядрах индивидов нередко наблюдаются фиксируемые кварцевыми присыпками зоны роста по ромбоэдру (рис. 23, в), иногда переходящие и в боковые О-субиндивиды. В связи с четко выраженной двуосностью кварца П1-1 контуры пирамид нарастания граней ромбоэдра можно видеть в скрещенных николях в поперечных к оси *c* утолщенных шлифах (рис. 22, в). Иногда наблюдаются и пирамиды нарастания граней гексагональной призмы и острейших ромбоэдров, причем в одном и том же агрегате одни индивиды могут быть целиком образованы пирамидами нарастания граней ромбоэдра, а другие содержат пирамиды нарастания граней призмы и острейших ромбоэдров. В процессе роста индивида пирамиды нарастания граней призмы нередко то появляются, то исчезают.

Н-расщепление

Наблюдается в достаточно крупных индивидах и О-субиндивидах, образуя в их боковых частях так называемое "перистое угасание" (feather [Adams, 1920; Dong et al., 1995] кварц, перистые каймы расщепления [Барсуков, 1967], plumose угасание [Sander, Black, 1988]). Н-субиндивиды имеют остроклиновидную или стержневидную форму, вытянуты поперек граней ромбоэдра [Леммлейн, 1973]. Их оси *c*, как и оси *c* О-субиндивидов, веерообразно отклоняются от оси *c* матрицы в сторону боковых границ индивида на углы до 5-10°.

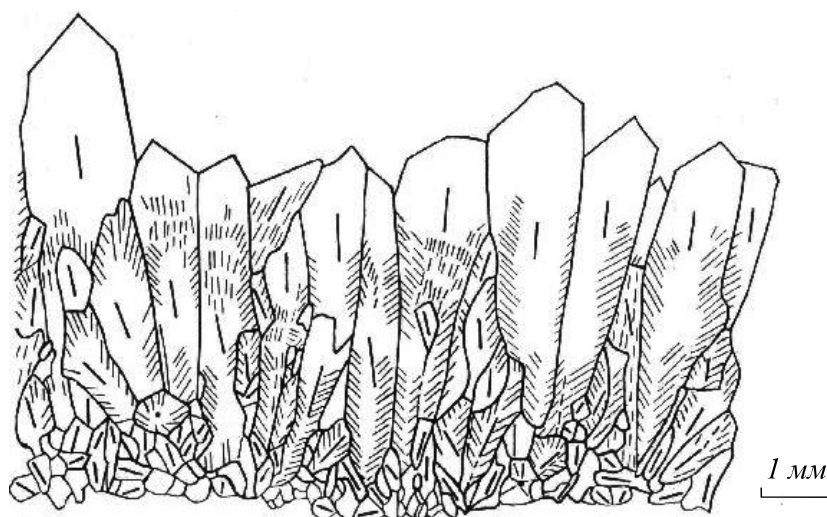


Рис. 21. П1-1 из месторождения Эргелях (толстые штрихи – оси *c* кварца, тонкие штрихи – Н-субиндивиды расщепления, точки – оси *c* перпендикулярны плоскости шлифа).

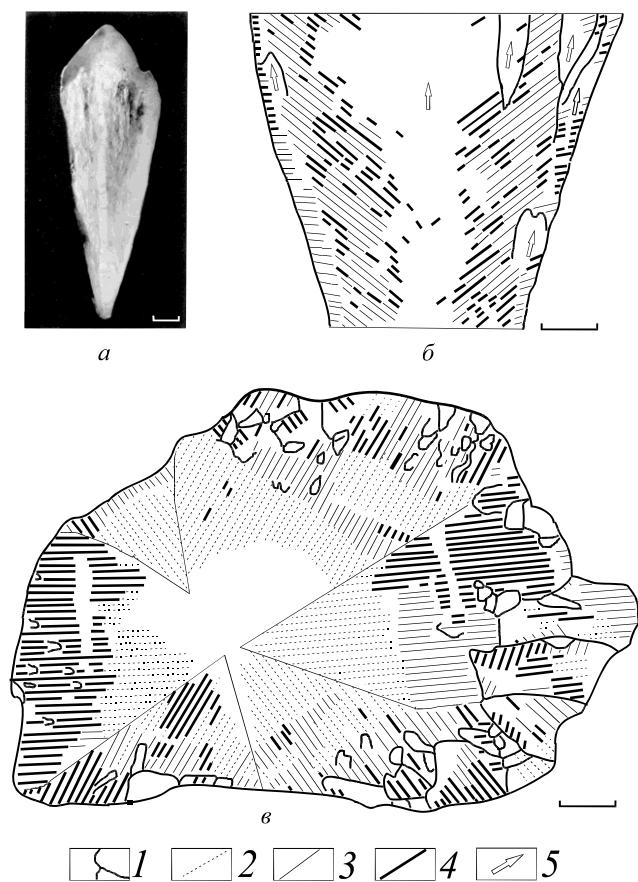


Рис. 22. Индивид кварца П1-1 из месторождения Эргелях : *a* – боковая индукционная поверхность индивида, *б* - сечение параллельно оси *c*, *в* - сечение перпендикулярно оси *c* (видны границы секторов роста граней ромбоэдров).

1 – О-субиндивиды, 2 – бразильские двойники, 3 - Н-субиндивиды, 4 – линии флюидных включений, 5 – направление оси *c* кварца. Масштабный отрезок: *a* – 1 мм, *б, в* – 2 мм.

Вдоль направления вытянутости Н-субиндивидов нередко располагаются прямолинейные полосовидные скопления ("линии") флюидных включений («струйки» включений вдоль стыков субиндивидов [Рундквист, 1958]), которыми обусловлена "перистая" молочно-белая окраска боковых частей индивидов и О-субиндивидов. В осевых частях индивидов, а также О-субиндивидов расщепления и флюидных включений не наблюдается – эти части индивидов и О-субиндивидов сложены нерасщепленным кварцем [Adams, 1920; Барсуков, 1967; Карякина, 1972] (рис. 1, 21, 22).

Нерасщепленные осевые части индивидов и О-субиндивидов по периферии интенсивно sdвойникованы по бразильскому закону: в пирамиде нарастания каждой грани ромбоэдра имеется густая система полисинтетических бразильских двойников, ориентированных поперек данной грани ромбоэдра; их можно видеть в скрещенных николях в ориентированных поперек оси *c* утолщенных шлифах (рис. 22, *в*) и в протравленных плавиковой кислотой сечениях кристаллов (рис. 23, *а*). На периферии индивида или О-субиндивида бразильские двойники переходят в Н-субиндивиды расщепления. Последние, располагаясь на продолжении бразильских двойников, имеют близкие к ним ориентировку, форму и размеры; так, ширина наиболее тонких Н-субиндивидов с четко прямолинейными контурами 0,01-0,03 мм, как и у бразильских двойников.

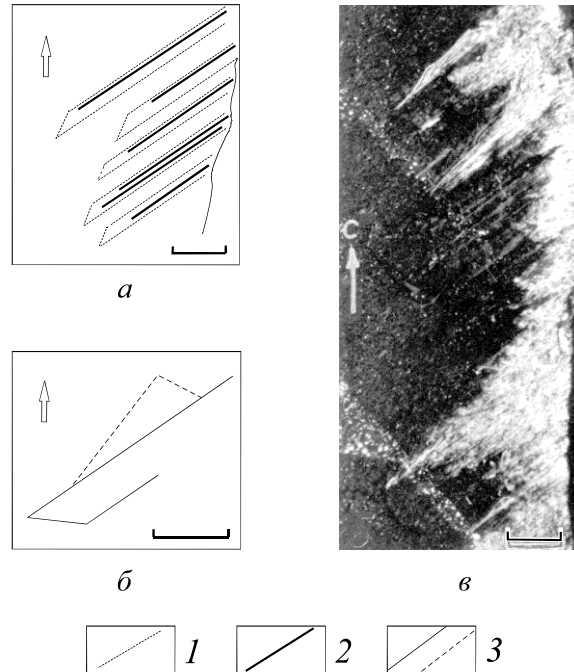


Рис. 23. Индивид П1-1 из месторождения Эргелях, сечение вдоль оси *c* (отмечена стрелкой): *a* - бразильские двойники (1) и линии флюидных включений (2) на протравленном HF срезе, *б* - нормальные и «косые» Н-субиндивиды (3) в утолщенном шлифе на федоровском столике, *в* - зарождение Н-субиндивидов на «присыпках» в основаниях зон роста по ромбоэдру (утолщенный шлиф). Масштабный отрезок: *a* – 0,5 мм, *б* – 0,2 мм, *в* – 2 мм.

В перпендикулярных оси *c* утолщенных шлифах можно видеть, что по мере удаления от монокристалльного ядра индивида у пластинок бразильских двойников (или групп таких пластинок) сначала появляются различия в интерференционной окраске (наблюдаемые при расположении пластинок под 45° к плоскостям колебаний в николях), что, по-видимому, связано с изменениями аномального двупреломления в отдельных пластинках или их группах. Затем у пластинок или групп пластинок бразильских двойников становятся заметными различия в угасании при расположении пластинок параллельно плоскостям колебаний в николях - пластинки или группы пластинок бразильских двойников преобразуются в Н-субиндивиды со свойственной им разориентировкой *c*-осей. В участках перехода бразильских двойников в Н-субиндивиды в сечении перпендикулярно оси *c* наблюдается тонкая зональность роста, поперечная по отношению к вытянутости бразильских двойников и Н-субиндивидов (зоны роста отличаются по различной интерференционной окраске двусосного кварца).

При изучении на федоровском столике устанавливается, что Н-субиндивиды вытянуты по нормали к одной из граней ромбоэдра и имеют уплощенно-призматическую форму, образованную, по крайней мере отчасти, плоскими поверхностями, параллельными другим граням ромбоэдра. От нерасщепленных бразильских двойников, на продолжении которых они находятся, Н-субиндивиды достаточно резко отделяются четкими клиновидными основаниями (рис. 23, б); то же видно на протравленных на значительную глубину плавиковой кислотой параллельных оси *c* срезах кристаллов. На тех же протравленных срезах и при наблюдении параллельных оси *c* утолщенных шлифов на федоровском столике заметно, что к преобладающим *P*-субиндивидам иногда примыкают отдельные субиндивиды, ориентированные под уг-

лом до 30° к первым, в том числе с образованием клиновидных зубцов в основаниях преобладающих субиндивидов (рис. 23, б).

Полосы флюидных включений в зоне расщепления идут строго параллельно продольным границам Н-субиндивидов, перпендикулярно к соответствующим граням ромбоэдров. То же направление они имеют и в зоне бразильских двойников за пределами участков расщепления (рис. 22, в; 23, а), откуда они, не прерываясь и не меняя своего направления, могут переходить в зону развития Н-субиндивидов. На федоровском столике устанавливается, что полосы флюидных включений обычно представляют собой поверхности стержневидной формы, вытянутые перпендикулярно одной грани ромбоэдра и уплощенные перпендикулярно другой грани ромбоэдра, или же уплощенные в плоскости, перпендикулярной к граням ромбоэдра и призмы. Н-субиндивиды, располагающиеся между полосами флюидных включений, представляют собой, по крайней мере в некоторых случаях, так же ориентированные уплощенные стержни с отношением длины к ширине в поперечном сечении не более 3.

Н-субиндивиды и ориентированные перпендикулярно граням ромбоэдра линии флюидных включений могут быть приурочены как к пирамидам нарастания граней ромбоэдра, так и к пирамидам нарастания граней призмы, которые иногда имеются в нижних, реже в средних боковых частях индивидов и крупных О-субиндивидов.

В пирамидах нарастания граней ромбоэдров зарождение Н-субиндивидов и связанных с ними полос флюидных включений происходит в краевых частях граней ромбоэдра, иногда на кварцевых «присыпках» (рис. 23, в) на гранях ромбоэдров (следует отметить, что хотя «присыпки» распределены равномерно по всей поверхности фиксируемой ими головки кристалла, включая и вершину, расщепление начинается лишь на удаленных от вершины участках «присыпок»). Граница между зоной расщепления и внутренним нерасщепленным ядром кристалла в сечении параллельно оси *c* при этом обычно неровная.

В отличие от этого в пирамидах нарастания граней призмы зарождение Н-субиндивидов и линий флюидных включений начинается на призматических гранях, в связи с чем граница между зоной расщепления и внутренним нерасщепленным кварцем в сечении параллельно оси *c* в этом случае четко прямолинейная (соответствует грани призмы) [Осинский, 1968]. Н-субиндивиды и линии флюидных включений, зарождающиеся на гранях призмы, более тесно сближены между собой, чем Н-субиндивиды и линии флюидных включений, зарождающиеся на гранях ромбоэдра.

Осям *c* Н-субиндивидов свойственно стремление все больше отклониться от оси *c* матрицы по мере приближения к границам индивидов. Отдельные группы Н-субиндивидов (как описанных выше пластинчатых, так и широких неправильно-клиновидных, присутствующих в индивидах некоторых П1-1) могут при этом преобразовываться на краях индивидов в О-субиндивиды.

Зарождение и рост индивидов

В изученных нами случаях П1-1 нарастают на кварцевую (монокристалльную или мелкозернистую, представленную кварцевыми агрегатами с размерами зерен в сотые доли миллиметра), кварцсодержащую (измененные аркозо-граувакковые песчаники, содержащие не более 25% кварца) и бескварцевую (аргиллиты, углеродистые породы, крупные кристаллы анкерита) матрицу.

Монокристалльная кварцевая матрица

П1-1 (мощностью в десятые доли миллиметра), нарастающие на границы кристаллов кварца, состоят из отдельных индивидов или пучков индивидов, в промежутках между клино-

видными основаниями которых находится кварц, имеющий кристаллографическую ориентировку, одинаковую с обрастаемой гранью матрицы (рис. 24, *a*). В данном случае рост оснований индивидов П1-1 происходил вместе с ростом грани матрицы в промежутках между основаниями индивидов.

Основания некоторых индивидов представляют собой совокупность двух клиньев (рис. 24, *a*) – по-видимому, два одинаково ориентированных индивида с клиновидными основаниями по мере роста объединяются в один более широкий индивид. Сливаться в один индивид на некотором удалении от стенки могут и смежные одинаково правильно ориентированные индивиды, разведенные в непосредственном контакте со стенкой другим индивидом.

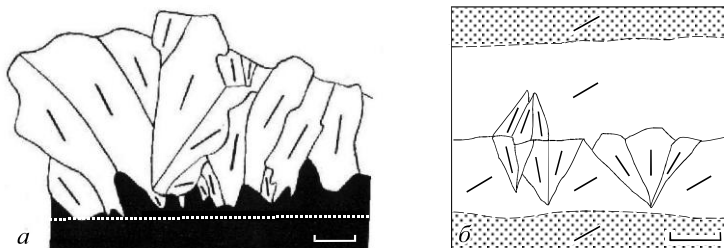


Рис. 24. Пучки индивидов П1-1 на монокристалльной кварцевой матрице: *a* – на грани призмы (точечный пунктир) кристалла кварца (черное – обрастаемый кристалл кварца и зерна жильного агрегата, имеющие ориентировку этого кристалла; месторождение Эргелях); *б* – в регенерационном кварцевом прожилке (пунктир - стенки прожилка); месторождение Аид. Масштабный отрезок: *a* – 0,1 мм, *б* – 0,05 мм.

Индивиды П1-1 нередко образуют "пучки" – группы, состоящие из нескольких смежных веерообразно разориентированных между собой индивидов (рис. 24). Индивиды и их пучки соотносятся между собой так же, как О-субиндивиды и состоящие из таких субиндивидов расщепленные кристаллы, но индивиды в пучках сильнее (на угол до 25-30°) разориентированы между собой, чем О-субиндивиды. При наличии пучков индивидов кварц, имеющий кристаллографическую ориентировку, одинаковую с обрастаемой гранью матрицы, нередко занимает место наиболее близких по ориентировке к матрице боковых неправильно ориентированных индивидов пучков (рис. 24, *б*).

При нарастании на сколы крупных монокристалльных индивидов кварца (наблюдалось нарастание П1-1 мощностью в доли миллиметра на сколы, ориентированные под 15-40° к оси *c* матрицы) образуются П1-1, состоящие, как и в предыдущем случае, из отдельных клиновидных индивидов и пучков таких индивидов, в промежутках между основаниями которых отлагается кварц, регенерационно нарастающий на монокристалльную матрицу (иногда в промежутках между клиновидными основаниями индивидов имеются и отдельные мелкие разноориентированные зерна кварца).

Индивиды и пучки индивидов нередко зарождаются на посторонних минеральных включениях на поверхности монокристалльной матрицы. При этом на смежные чистые, свободные от таких включений, участки поверхности той же монокристалльной матрицы обычно нарастает кайма регенерационного кварца такой же мощности, как П1-1 на загрязненных участках.

При заполнении агрегатами П1-1 трещин в монокристалльной кварцевой матрице индивиды П1-1 растут навстречу друг другу от противоположных стенок и встречаются по оси прожилка. Иногда от одной стенки растут пучки правильно ориентированных расщепленных кристаллов, а на другую стенку одновременно нарастает регенерационный кварц (рис. 24, *б*).

Оси c некоторых индивидов по мере роста могут постепенно поворачиваться в более правильном направлении (иногда на угол в десятки градусов). Если поверхность обрастаемой монокристаллической кварцевой матрицы ориентирована под небольшим углом к оси c матрицы (рис. 24, б), то оси c в основаниях шестоватых индивидов могут быть сначала вытянуты под небольшим углом к стенке, в соответствии с ориентировкой оси c в матрице, а затем по мере роста все более расширяющиеся индивиды (и оси c в них) плавно поворачиваются (на угол до 45°) в направлении нормали к стенке. Поворот кристаллической решетки происходит в основаниях индивидов в ходе совместного роста с регенерационным кварцем.

Повороты c -осей индивидов происходят и при объединении в процессе роста [Осинский, 1976; Kendall, 1978] нескольких разориентированных между собой шестоватых индивидов в один более широкий правильно ориентированный индивид (рис. 25, а). Такая коалесценция происходит за счет плавного поворота в более правильном направлении c -оси одного или нескольких из сливающихся индивидов. На рис. 25, а в группе из трех индивидов более правильно ориентированный индивид резко разрастается в ширину за счет присоединения к себе двух смежных менее правильно ориентированных индивидов. Правильную ориентировку за счет этого могут приобретать как индивиды, самопроизвольно зародившиеся на кварцевой матрице, так и p -индивиды (рис. 25, а).

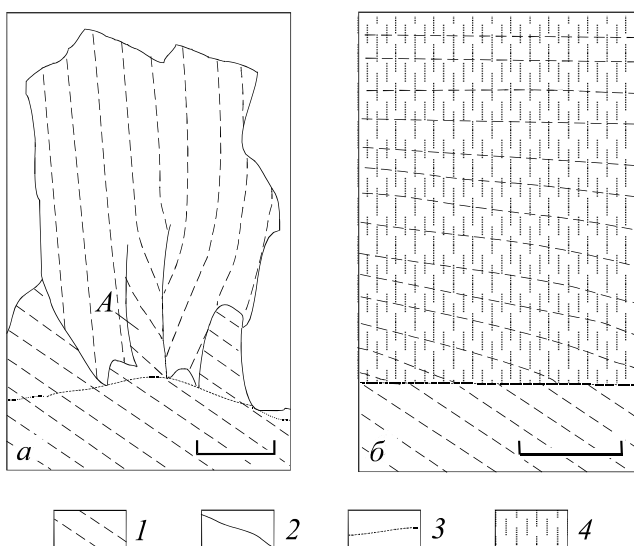


Рис. 25. Изменение ориентировки оси c : а - в индивидах П1-1 (А – p -индивид), нарастающих на поверхность монокристаллического обломка кварца и сливающихся в один более крупный индивид (экзоконтакт Нельканского гранитного массива); б – в агрегате прямолинейных волокон халцедона, нарастающих на грань ромбоэдра кристалла кварца (месторождение Аид).

1 – оси c кварца, 2 – границы зерен П1-1, 3 - граница между кварцевой матрицей (внизу) и нарастающим агрегатом, 4 – халцедон (направление штриховки соответствует вытянутости волокон халцедона). Масштабный отрезок 0,03 мм.

Подобная постепенная переориентировка оси c иногда отмечается и при нарастании на монокристаллическую кварцевую матрицу халцедона. На рис. 25, б ориентировка оси c в волокнах халцедона сначала соответствует ориентировке той же оси в обрастаемой монокристаллической кварцевой матрице и лишь в процессе дальнейшего роста ось c в волокнах постепенно принимает обычное для халцедона положение – перпендикулярно вытянутости волокон (постепенно

ный поворот оси c в волокнах происходит без изменения направления вытянутости последних).

При образовании П1-1 на монокристалльной стенке иногда наряду с правильно ориентированными индивидами самопроизвольно возникают и отдельные неправильно ориентированные зерна, иногда достаточно крупные. На них затем могут нарастать другие неправильно ориентированные зерна, и в результате между правильно ориентированными шестоватыми индивидами П1-1 возникает поперечная по отношению к зальбандам полоса неправильно ориентированных зерен.

При цементации монокристалльных кварцевых обломков гипидиоморфнозернистым ХК на поверхностях обломков нередко образуются тонкие каемки П1-1, толщина которых соответствует длине зерен цементирующего ХК. Индивиды П1-1 в этих каемках подобны зернам окружающего ХК как по размерам, так и по форме.

Мелкозернистая кварцевая матрица

Рассмотрим нарастание П1-1 мощностью 0,2-4 мм на кварцевые или почти чисто кварцевые жильные агрегаты с размером зерен 0,01-0,08 мм (в том числе на ХК).

Зарождение индивидов

На мелкозернистом кварцевом субстрате обычно происходит регенерационное зарождение индивидов П1-1. Ширина оснований p -индивидов, как и в ранее рассмотренных агрегатах, нарастающих на подобную матрицу, чаще всего соответствует размеру регенерируемых зерен кварца матрицы. Так как зернам кварца матрицы обычно свойственна неупорядоченная ориентировка c -осей, такую же ориентировку обычно имеют и p -индивиды.

Иногда при зарождении p -индивидов отмечаются некоторые отклонения от вышеотмеченной схемы. К таким отклонениям относится наблюдаемая в некоторых случаях «выборочная» регенерация – зарождение индивидов преимущественно на правильно ориентированных зернах кварца матрицы. Возникающие при этом правильно ориентированные p -индивиды имеют более широкие основания, чем p -индивиды неправильной ориентировки, и перекрывают своими основаниями по несколько смежных неправильно ориентированных зерен матрицы и отдельные мелкие неправильно ориентированные p -индивиды.

Иногда данные правильно ориентированные шестоватые p -индивиды с широким основанием (в несколько раз превосходящим размер зерен кварца обрастаемой матрицы) состоят из O -субиндивидов, положение и ширина которых определяется зернами матрицы. При этом один из O -субиндивидов (обычно наиболее правильно ориентированный) регенерационно нарастает на одно из зерен кварца матрицы, а остальные причленяются к нему с боков, несогласно нарастая на смежные зерна кварца матрицы.

Кроме того, в некоторых случаях может происходить самопроизвольное зарождение правильно ориентированных индивидов на неправильно ориентированных зернах кварца субстрата.

В других случаях поверхность мелкозернистого кварцевого субстрата перед кристаллизацией П1-1 сначала покрывается каймой мелкозернистого АК (зернистость АК в этой кайме с удалением от зальбанда несколько возрастает), а затем на кайме мелкозернистого АК зарождаются индивиды П1-1, преимущественно правильно ориентированные (см. отдельные участки основания П1-1 на рис. 21). Такого рода кайма мелкозернистого АК, находящаяся в основании агрегата П1-1, не является зоной геометрического отбора.

Зарождение отдельных индивидов П1-1 может происходить и в процессе роста агрегата на ранее выделившихся индивидах кварца. Такое зарождение может быть неоднократным, и

при этом могут возникать как правильно, так и неправильно ориентированные индивиды кварца (см. рис. 21).

Рост индивидов вблизи от стенки

В результате геометрического отбора из зародившихся на стенке индивидов выживают правильно ориентированные (оси *c* которых располагаются под большими углами к стенке), а неправильно ориентированные индивиды (оси *c* которых располагаются под небольшими углами к стенке), прекращают свой рост, образуя призальбандовые мелкие зерна П1-1.

Нередко как только разноориентированные индивиды, зародившиеся на поверхности субстрата, начинают соприкасаться между собой, правильно ориентированные индивиды резко разрастаются в ширину, перекрывая выклинивающиеся неправильно ориентированные индивиды, и на расстоянии от стенки, равном размеру призальбандовых мелких зерен, в агрегате остаются лишь правильно ориентированные индивиды (см. рис. 27, а). Зона призальбандовых мелких зерен имеет в этом случае толщину в 1-2 зерна. Неблагоприятно ориентированные мелкие зерна располагаются между основаниями расширяющихся правильно ориентированных индивидов и имеют в связи с этим клиновидно выклинивающуюся вверх форму.

В отдельных случаях (в относительно маломощных жилах) мелкие разноориентированные зерна развиты не только вдоль зальбандов параллельно-шестоватых агрегатов, но и образуют полосовидные скопления между шестоватыми индивидами, прерывающие по простиранию параллельно-шестоватый агрегат на всю мощность жилы.

В некоторых П1-1 в основаниях замутненных флюидными включениями индивидов кварца с *H*-расщеплением видны контуры кристалликов прозрачного нерасщепленного кварца, на грани призмы и ромбоэдра которых нарастает замутненный расщепленный кварц, слагающий основной объем индивидов. В данном случае образование П1-1 начиналось с появления в отдельных точках обрастаемой стенки не касающихся друг друга мелких призматических кристалликов прозрачного нерасщепленного кварца (иногда игольчатых), в последующем обраставших расщепленным кварцем. В других случаях отложение расщепленного кварца происходит лишь на гранях призмы кристалликов прозрачного кварца, а на гранях ромбоэдра этих кристалликов в это время продолжается отложение прозрачного нерасщепленного кварца.

Рост индивидов на удалении от стенки

Совокупность располагающихся у стенки правильно ориентированных шестоватых индивидов характеризуется довольно значительным разбросом *c*-осей, особенно при наличии неровностей зальбанда и развитии пучков индивидов. Разориентировка отдельных шестоватых индивидов, находящихся в разных местах призальбандовой части жильного агрегата иногда достигает, при развитии пучков индивидов, 90-120° (особенно значительно отклоняются от нормали к общему направлению зальбанда оси *c* индивидов, находящихся в краевых частях пучков).

По мере удаления от стенки преимущественная ориентировка *c*-осей шестоватых индивидов в результате геометрического отбора усиливается и в верхней части агрегата оси *c* индивидов разориентированы между собой на меньшие углы (нередко не более 10-15°), чем в основании агрегата (см. рис. 21), и по своему направлению более близко приближаются к нормали к общему направлению зальбанда.

Клиновидная форма индивидов П1-1 обусловлена тем, что рост индивидов вдоль оси *c* сопровождается и их максимально возможным расширением в направлении перпендикулярно оси *c* (по В. А. Попову [1984], образующим П1-1 кристаллам свойственен изометричный облик). Стремление расти не только в длину, но и в ширину, приводит к тому, что сразу у стенки

смежные индивиды приходят в контакт друг с другом и этот контакт сохраняется в процессе всего последующего роста. Выжившие индивиды характеризуются не только правильной ориентировкой *c*-осей, но и максимальной шириной в вершинах индивидов.

В некоторых случаях не все индивиды П1-1 контактируют в процессе роста со всех сторон со смежными индивидами. Отмечаемое иногда на значительных расстояниях от стенки нарастание кварца с Н-расщеплением на грани призмы нерасщепленных осевых частей индивидов показывает, что в процессе роста агрегата П1-1 в нем могли быть щелевидные полости, ограниченные гранями призмы индивидов (в последующем на этих гранях отлагался расщепленный кварц).

Скорости роста смежных шестоватых индивидов одинаковы - псевдограницы на поверхностях совместного роста индивидов и О-субиндивидов плоские (рис. 22, *a*), границы раздела между смежными индивидами в веерообразных сростках двух индивидов располагаются по нормали к стенке симметрично относительно *c*-осей индивидов. При нарастании на противоположные стенки жилы агрегаты шестоватых индивидов сталкиваются друг с другом по оси жилы.

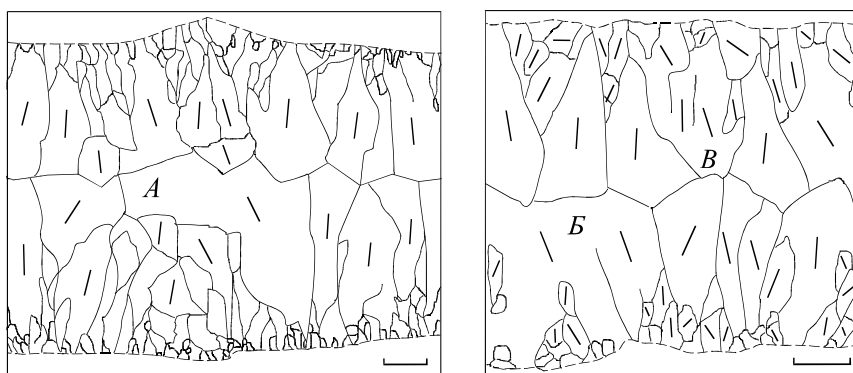


Рис. 26. Увеличение ширины отдельных индивидов П1-1: *A* - в месте нарушения параллельно-шестоватой структуры у одного из зальбандов при изменении мощности жилы, *B*, *B* - за счет слияния смежных близкоориентированных индивидов. Жила в ХК, размер зерен которого близок к поперечнику мелких призальбандовых зерен жильного кварца. Масштабный отрезок 0,05 мм; месторождение Аид.

Из индивидов кварца, образующих пучки, в ходе геометрического отбора нередко выживают лишь центральные правильно ориентированные индивиды. Клиновидно расширяясь, они на некотором удалении от стенки приходят в контакт с подобными правильно ориентированными индивидами, выжившими при росте смежных пучков. Боковые менее неблагоприятно ориентированные индивиды пучков при этом сохраняются лишь в промежутках между основаниями правильно ориентированных индивидов (рис. 27, *a*). При росте отдельных расщепленных индивидов с боковыми резко разориентированными О-субиндивидами подобным образом в ходе геометрического отбора подавляются О-субиндивиды и выживают лишь ориентированные по нормали к стенке жилы осевые части индивидов.

Отдельные индивиды П1-1 могут значительно сильнее, чем смежные индивиды, расширяться в осевых частях жил, перекрывая до 10 и более смежных шестоватых индивидов. Это может происходить, например, в участках локального изменения мощности жилы и нарушения параллельно-шестоватой структуры у одного из зальбандов (рис. 26, *A*). Образование необычно широких индивидов может быть связано и с объединением в один более крупный и более правильно ориентированный индивид смежных близко ориентированных индивидов; это объединение происходит, как на рис. 25, *A*, путем постепенного поворота осей *c* смежных

индивидов (рис. 26, Б). Если два одинаково ориентированных индивида первоначально были у стенки разделены зерном другой ориентировки, то при слиянии образуется крупный правильно ориентированный шестоватый индивид с вытяженным основанием, перекрывающий неправильно ориентированный индивид (обычно имеющий клиновидно-выклинивающую форму). В один индивид могут объединяться и два одинаково ориентированных индивида, растущих навстречу друг другу от противоположных стенок.

Жилы в песчаниках

Рассмотрим П1-1 мощностью 0,2-0,4 мм, нарастающие на измененные аркозо-граувакковые песчаники (содержащие до 25% кварца) в зальбандах жил ХК (см. рис. 18). В этих агрегатах зона развития прекращающих свой рост у зальбандов неправильно ориентированных мелких зерен обычно имеет толщину в 1-2 зерна и на расстоянии от стенки, равном размеру призальбандовых мелких зерен, агрегат обычно сложен только правильно ориентированными индивидами (рис. 27, а, б).

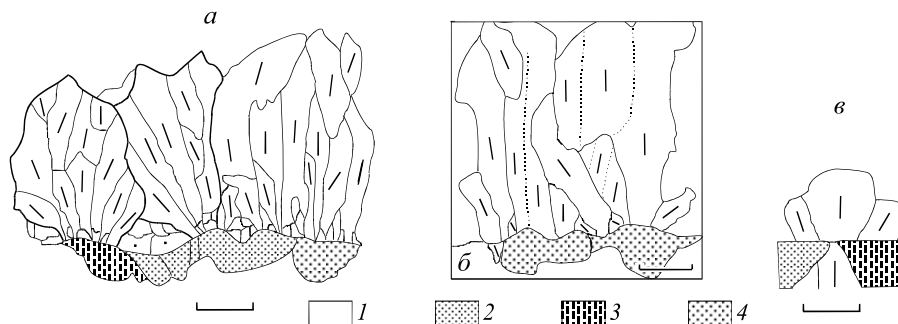


Рис. 27. П1-1 из призальбандовых частей жил ХК. Индивиды с плавным О-расщеплением (точечный пунктир – границы крупных субиндивидов). Субстрат – аркозо-граувакковый песчаник (1 – кварц, 2 – плагиоклаз, 3 – хлорит, 4 – обломки пород). Масштабный отрезок: а, б – 0,1 мм, в – 0,05 мм. Район Беккемского гранитного массива. Объяснения в тексте.

Зарождение индивидов П1-1 происходит самопроизвольно на бескварцевых участках матрицы (скоплениях зерен плагиоклаза, хлорита, обломках различных пород) и регенерационно на зернах кварца матрицы. На бескварцевых участках матрицы зарождаются преимущественно правильно ориентированные индивиды - последних здесь обычно значительно больше, чем должно быть при случайном распределении ориентировки зародышей. Это видно, например, из ориентировки *c*-осей индивидов кварца (проекций *c*-осей на плоскость шлифа) на рис. 27: на рис. 27, а количество зародившихся на стенке правильно ориентированных индивидов соизмеримо с числом зародившихся здесь же индивидов неправильной ориентировки, на рис. 27, б исходную правильную ориентировку имеет большая часть зародившихся индивидов. Подобные случаи отмечаются достаточно часто.

На обнажающихся в стенках трещин зернах кварца обычно происходит регенерационное зарождение индивидов П1-1 (при этом другие, кроме кварца, минералы обрастаемой П1-1 матрицы, например, альбит, хлорит, серицит, регенерации обычно не подвергаются). Ширина оснований *p*-индивидов обычно соответствует размеру регенерируемых зерен кварца матрицы и лишь в редких случаях несколько превышает эти размеры (рис. 27, в).

Так как зернам кварца матрицы свойственна неупорядоченная ориентировка *c*-осей, такую же ориентировку обычно имеют и *p*-индивиды кварца. Длина вдоль оси *c* правильно ориентированных *p*-индивидов заметно не отличается от длины правильно ориентированных ин-

дивидов, нарастающих на смежные бескварцевые участки матрицы. Зародившиеся на стенке полости *p*-индивиды неправильной ориентировки в силу большей ширины своих оснований обычно сначала приобретают более крупные размеры, чем мелкие зерна неправильной ориентировки, возникшие на бескварцевой матрице, но затем также выклиниваются, перекрываясь правильно ориентированными индивидами, зародившимися на смежных бескварцевых участках матрицы.

К выступам обрастаемой П1-1 стенки обычно приурочены пучки индивидов. Образующие пучок индивиды могут иметь как узкие, так и достаточно широкие основания, иногда индивиды одного пучка зарождаются рядом друг с другом вдоль достаточно протяженной поверхности (рис. 27, а). Осевые линии наиболее хорошо развитых пучков обычно определяются положением индивидов, оси *c* которых ориентированы перпендикулярно стенке. Пучки индивидов могут постепенно переходить в участки параллельно-шестоватого агрегата, состоящие из более строго параллельных индивидов. При переходе от пучков индивидов к участкам параллельно-шестоватого агрегата количество прекративших свой рост в основании агрегата мелких неправильно ориентированных зерен обычно увеличивается (рис. 27, а).

Образование пучков иногда контролируется *p*-индивидами кварца: боковые индивиды пучков, в том числе имеющие протяженное основание, могут возникать по краям *p*-индивидов (рис. 27, в). В изображенном на этом рисунке случае причлениющиеся боковые индивиды пучка возникают на некварцевых участках стенки (плаггиоклаз, хлорит).

Боковые индивиды пучков могут возникать как одновременно с зарождением *p*-индивидов, так и после некоторого роста последних: если в основании агрегата наряду с *p*-индивидами имеются мелкие разноориентированные призальбандовые зерна кварца, то боковые индивиды пучка таким же образом, как на рис. 27, в, могут нарастать на зону призальбандовых мелких зерен, прилегающую к основанию *p*-индивида. Если последний косо ориентирован осью *c* по отношению к зальбанду, то боковые индивиды пучка могут возникать в тупом углу между боковой стороной *p*-индивида и зальбандом (нарастая на бескварцевую матрицу или на неблагоприятно ориентированные мелкие призальбандовые зерна кварца).

Бескварцевая матрица

Нами наблюдались П1-1 мощностью 0,2-1,5 мм, нарастающие на бескварцевую матрицу, представленную серицитизированными аргиллитами, углеродистыми породами и крупными кристаллами анкерита.

В основании агрегата обычно располагается тонкая (толщиной в 1-2 зерна) зона мелких разноориентированных зерен кварца. В ходе геометрического отбора правильно ориентированные зерна разрастаются в ширину и продолжают рост в виде шестоватых индивидов. Растущих непосредственно от стенки правильно ориентированных индивидов обычно значительно больше, чем должно было быть при беспорядочной ориентировке зародышей.

Некоторые правильно ориентированные индивиды имеют широкие основания (как на рис. 27, б). Группы правильно ориентированных индивидов с широкими основаниями могут чередоваться вдоль простирания жилы с группами правильно ориентированных индивидов с узкими основаниями (между узкими основаниями индивидов располагаются мелкие выклинивающиеся неправильно ориентированные зерна).

В расщепленных индивидах П1-1, нарастающих на бескварцевую матрицу, нередко наблюдаются узкие нерасщепленные осевые стержни с четко прямолинейными боковыми границами – при образовании этих индивидов сначала, по-видимому, возникали нерасщепленные кристаллы кварца игольчатой формы, а затем на их грани призмы нарастали широкие каймы

расщепленного кварца (то же отмечено выше для П1-1, нарастающих на мелкозернистую кварцевую матрицу).

П1-2 – со слабой преимущественной ориентировкой с-осей индивидов и переходные к АК и ГК

Как и П1-1, П1-2 (рис. 28-30) характеризуются вытянутостью индивидов вдоль оси *c*, преимущественной ориентировкой этих осей, наличием зон геометрического отбора в зальбандах. Их отличие от П1-1 состоит в нередко более слабой преимущественной ориентировке *c*-осей, менее выраженной клиновидности индивидов, иногда их слабой вытянутости по оси *c*, в отсутствии четкой осевой линии соприкосновения индивидов, растущих навстречу друг другу от противоположных стенок жилы. Расщепление индивидов нередко слабое или отсутствует, пучки индивидов также развиты значительно слабее или отсутствуют.

Расщепленный П1-2

Связан постепенными переходами с П1-1 и иногда сменяет его вдоль стенок одной и той же жилы.

Зарождение индивидов расщепленного П1-2 сходно с зарождением индивидов П1-1. На зернах кварца матрицы зарождаются *p*-индивиды; их протяженность в контакте со стенкой соответствует размерам регенерируемых зерен кварца матрицы (рис. 28, *в*) или превышает эти размеры, иногда в несколько раз (рис. 28, *а, б*).

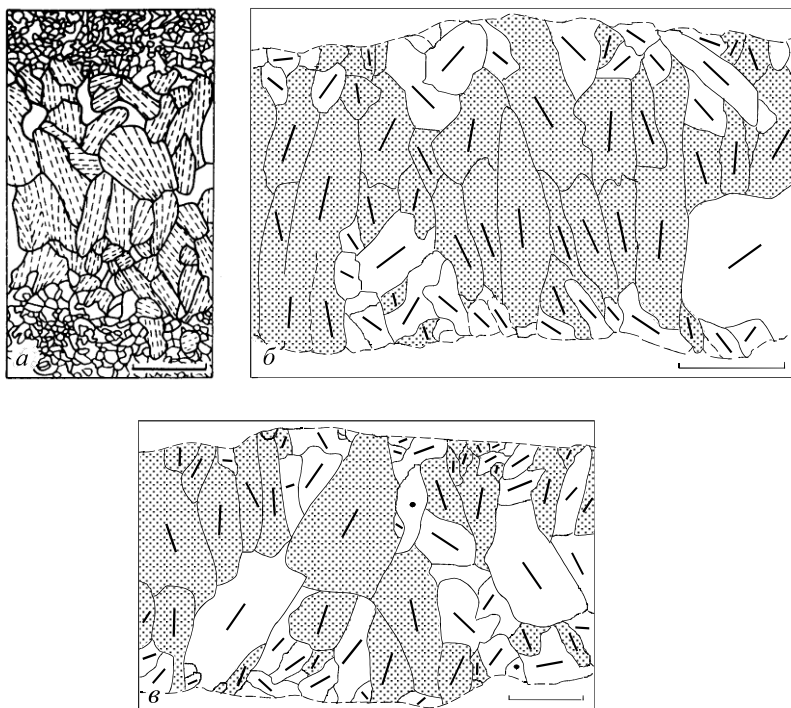


Рис. 28. Расщепленный П1-2: *а* – экзоконтакт Солурского гранитного массива, *б* – месторождение Аид, *в* – район месторождения Кинясь-Юрях. Пунктир (*а*) – направление удлинения О-субиндивидов; масштабный отрезок 0,2 мм.

Пересекаемый субстрат: *а* – мелкозернистый кварц, *б* – ХК (размер зерен меньше поперечника мелких призальбандовых зерен жильного кварца), *в* – аркозо-граувакковый песчаник (размер зерен породобразующего кварца близок к поперечнику мелких призальбандовых зерен жильного кварца, в зальбанде преимущественно бескварцевая матрица).

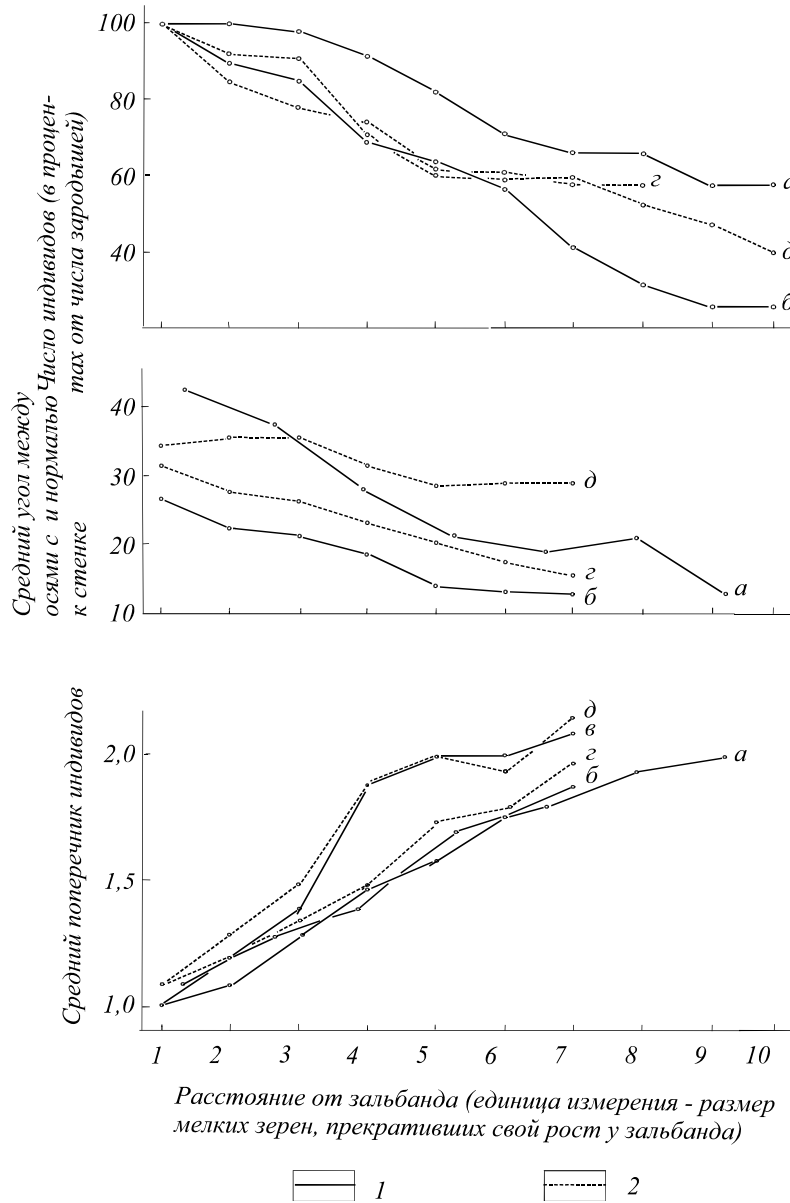


Рис. 29. Изменение некоторых параметров П1-1 (а, б, в - 1) и расщепленного П1-2 (г, д - 2) по мере удаления от стенки жилы: а, в, г – агрегаты из относительно узких индивидов (а – рис. 21; в – рис. 27; а; г – рис. 28, б), б, д – агрегаты из относительно широких индивидов (б – рис. 26; б; д – рис. 28, в); измерено в сечениях, перпендикулярных стенкам жил.

Регенерации других, кроме кварца, минералов породы, как и в случае П1-1, обычно не происходит (П1-1 и П1-2 – преимущественно чисто кварцевые агрегаты [Осинский, 1992]). Неправильно ориентированные *p*-индивиды образуют мелкие призальбандовые зерна, а более правильно ориентированные – в той или иной мере вытянутые шестоватые индивиды с широким основанием.

На бескварцевой (карбонатной, углеродистой и т.п.) матрице также могут зарождаться мелкие призальбандовые зерна кварца и шестоватые индивиды П2-1, имеющие широкое основание. Шестоватые индивиды обычно более правильно ориентированы, чем основная часть мелких зерен, но «правильность» их ориентировки выражена слабее, чем у подобных индивидов П1-1. В некоторых случаях среди мелких призальбандовых зерен доля правильно ориентированных, по-видимому, заметно больше, чем должно быть при беспорядочной ориентировке зародышей. По бокам правильно ориентированных *p*-индивидов на бескварцевой матрице могут образоваться боковые индивиды пучков, близкие по ориентировке к соответствующим *p*-индивидам (подобно рис. 27, в).

При росте индивидов П1-2 обычно нет столь сильного, как в П1-1, подавления сразу у стенки неправильно ориентированных индивидов правильно ориентированными; нередко при росте неправильно ориентированные индивиды не опережаются правильно ориентированными индивидами (рис. 28). Кроме того, нарастание индивидов П1-2 на стенки обычно сопровождается зарождением новых индивидов внутри полости. При этом растущие от стенок правильно ориентированные индивиды могут перекрываться зарождавшимися внутри полости индивидами неправильной ориентировки (см. рис. 28). Размеры индивидов, зародившихся внутри полости, нередко не уступают размерам индивидов, росших от стенок.

Графики изменения числа индивидов, их среднего поперечника и среднего угла отклонения *s*-осей от нормали к стенке по мере удаления от зальбанда жилы, построенные для П1-2, сходны с подобными графиками, построенными для призальбандовых частей П1-1 (рис. 29).

Нерасщепленный П1-2

Нередко связан постепенными переходами с АК и ГК и может образовывать отдельные участки в АК и ГК (рис. 30, 31).

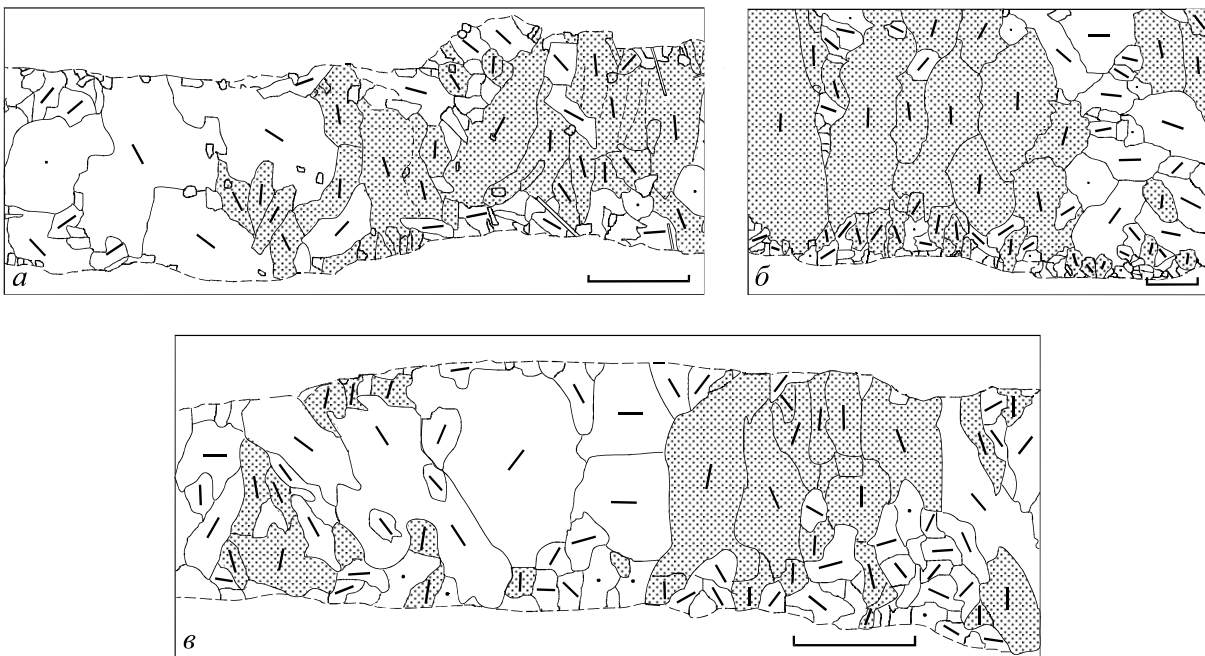


Рис. 30. Нерасщепленный П1-2, с переходами к АК (*a* – к северу от месторождения Кыллах; *b* – район месторождения Сана; *v* – район месторождения Кинясь-Юрях). Пересекаемая матрица и средний размер зерен кварца в ней: *a* – углеродсодержащий жильный кварцевый агрегат (0,05 мм), *b*, *v* – аркозо-граувакковый песчаник (*b* – 0,13 мм, *v* – 0,19 мм). Масштабный отрезок: *a* – 0,5 мм, *b*, *v* – 1 мм.

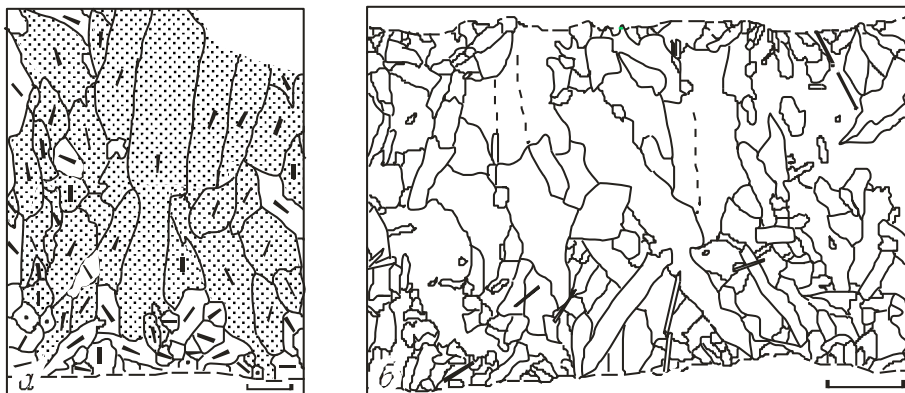


Рис. 31. Нерасщепленный П1-2, переходный к АК (*a*, месторождение Сарылах) и к ГК (*б*, экзоконтакт Солурского гранитного массива; пунктир – границы субиндивидов; оси *c* ориентированы вдоль направления вытянутости индивидов). Пересекаемая матрица и средний размер зерен кварца в ней: *a* – аркозо-граувакковый песчаник (0,08 мм), *б* – углеродсодержащий жильный кварцевый агрегат (0,05 мм). Масштабный отрезок: *a* – 0,5 мм, *б* – 0,2 мм.

В АК нередко встречаются отдельные группы смежных правильно ориентированных вытянутых индивидов, которые можно рассматривать как участки П1-2 в АК (рис. 30). Образование таких участков иногда, по-видимому, связано со случайным присутствием в данном месте стенки большего, чем обычно, числа правильно ориентированных зародышей – зерен породообразующего кварца правильной ориентировки или самопроизвольно возникших зародышей правильной ориентировки. Для образования на таком участке стенки группы смежных правильно ориентированных шестоватых индивидов достаточно лишь небольшого проявления геометрического отбора у стенки жилы.

В других случаях роль геометрического отбора при образовании отдельных участков П1-2 может быть, по-видимому, более значительной, на что указывает большее количество мелких разноориентированных зерен в основаниях участков П1-2 по сравнению с основаниями участков нормального АК в тех же жилах (рис. 30). Однако в основаниях участков П1-2 нередко наблюдается перекрытие правильно ориентированных мелких зерен кварца неправильно ориентированными мелкими зернами кварца. Это показывает, что образование зон мелкозернистого кварца в основании участков П1-2 не всегда связано с геометрическим отбором - образование групп правильно ориентированных шестоватых индивидов может быть, по-видимому, обусловлено и самопроизвольным зарождением таких индивидов.

П1-2 возникают и при росте от стенки совокупностей разобщенных между собой вытянутых по оси *c* разноориентированных длиннопризматических индивидов (рис. 31, *б*). При таком росте индивиды, широкие в основании, растут быстрее мелких индивидов и вырастают крупными даже будучи ориентированы под углом к стенке. Строение совокупностей таких индивидов (до того, как они начинают сталкиваться между собой) соответствует друзам 2 типа [Осинский, 1976]. Ориентированные под разными углами к зальбанду длиннопризматические шестоватые индивиды растут от обеих стенок навстречу друг другу и могут идти от одной стенки до другой. Своими вершинами они могут упираться в призальбандовый мелкозернистый кварц противоположного зальбанда.

По мере роста разноориентированных длиннопризматических индивидов некоторые из неправильно ориентированных индивидов прекращают свой рост, сталкиваясь между собой или упираясь в несколько быстрее выросшие более правильно ориентированные индивиды. Те индивиды, которые ориентированы под небольшими углами к зальбанду, могли сталкиваться ближе к стенке, а те, которые были ориентированы под несколько большими углами к зальбанду, - дальше от стенки. Чем под большим углом по отношению к стенке ориентирована ось c индивида, тем меньше вероятность того, что его рост будет остановлен другим индивидом. За счет взаимных столкновений индивидов с удалением от стенки происходит некоторое увеличение относительного количества более правильно ориентированных индивидов, то есть в агрегате появляется некоторая преимущественная ориентировка c -осей перпендикулярно стенкам (хотя и значительно более слабая, чем, например, в П1-1). Промежутки между сталкивающимися между собой длиннопризматическими индивидами позднее могут заполняться более мелкими разноориентированными зернами кварца.

Отличие данного агрегата П1-2 (рис. 31, б) от сходного с ним по строению ГК (рис. 9) состоит в том, что при образовании последнего кристаллизация начиналась одновременно на стенках и из большого числа зародышей внутри полости, а в данном случае зарождение индивидов внутри полости было проявлено слабее и начиналось несколько позднее, чем зарождение кристаллов на стенках. Поэтому от стенок могли расти и в последующем сталкиваться между собой длиннопризматические кристаллы, чему при образовании ГК препятствовала протекавшая одновременно с нарастанием на стенки кристаллизация внутри полости.

Параллельно-шестоватые агрегаты, возникающие при стесненной кристаллизации в постепенно раскрывающихся полостях (П2)

При стесненной кристаллизации в постепенно раскрывающихся полостях [Григорьев, 1961; Жабин, 1979; Нардов, 1986] могут возникать параллельно-шестоватые агрегаты с неупорядоченной (П2-1) или в той или иной мере упорядоченной (П2-2) ориентировкой *c*-осей, а также агрегаты разобщенных шестоватых индивидов (П2-3).

П2-1 и П2-2 связаны между собой постепенными переходами. Условимся относить к П2-1 агрегаты, в которых более половины от общего числа индивидов являются неправильно ориентированными (вытянутыми под углом более 25-30° к оси *c*), а к П2-2 - агрегаты, в которых более половины от общего числа индивидов являются правильно ориентированными (вытянутыми под углом не более 25-30° к оси *c*). В первом приближении П2-1 и П2-2 можно отличать между собой по агрегатному угасанию в скрещенных николях при введенной гипсовой пластинке. Иногда П2-1 и П2-2 сменяют друг друга вдоль простирания одной и той же жилы.

В изученных районах, сложенных пермо-триасовыми песчано-сланцевыми толщами верхоянского комплекса, П2-1, П2-2 и П2-3 наблюдаются в жилах среднетемпературного молочно-белого кварца, залегающих преимущественно в пластах относительно жестких пород, представленных главным образом песчаниками [Сустанов, 1989, а].

П2-1 - с неупорядоченной ориентировкой *c*-осей индивидов

Рассмотрим П2-1 из жил, залегающих в аркозо-граувакковых песчаниках (содержание кварца 30-80%; особенно часты жилы П2-1 в песчаниках с повышенным количеством кварца), а также из участков пересечения этими жилами более ранних кварцевых жил.

Жилы в песчаниках

Нами изучено 40 залегающих в аркозо-граувакковых песчаниках жил П2-1 мощностью от 0,2 до 4 мм. Жилы сложены шестоватыми индивидами кварца, которые вытянуты параллельно друг другу поперек стенок и имеют по всей длине (от одного зальбанда до другого) примерно постоянную ширину; оси *c* индивидов ориентированы под разными углами по отношению к вытянутости индивидов (рис. 32).

Шестоватые индивиды кварца в жилах П2-1 главным образом регенерационные. При небольшом количестве в матрице некварцевых компонентов ширина *p*-индивидов чаще всего соответствует размерам зерен обломочного кварца [Cox, Etheridge, 1983]. При наличии же в матрице значительного количества некварцевых компонентов (в аркозо-граувакковых песчаниках – зерен плагиоклаза, обломков бескварцевых пород, скоплений хлорита, углеродистого вещества) бескварцевые участки матрицы могут перекрываться боковыми частями тангенциально разрастающихся *p*-индивидов кварца, и ширина этих индивидов превышает размер обломочных зерен вмещающих песчаников [Ramsay, Huber, 1983] – иногда в 1,5-2 раза (рис. 32). Если в жилах П2-1 присутствует альбит, то его *p*-индивиды шире обломочных зерен плагиоклаза не разрастаются и поэтому обычно имеют меньшую ширину, чем *p*-индивиды кварца.

Как и при образовании рассмотренных выше микропрожилков в песчаниках, на бескварцевых участках матрицы перед тангенциальным разрастанием смежных *p*-индивидов иногда происходит самопроизвольное зарождение мелких призальбандовых зерен кварца.

Эти зерна затем перекрываются основаниями тангенциально разрастающихся смежных *p*-индивидов вместе с участками бескварцевой матрицы, на которых они образовались.

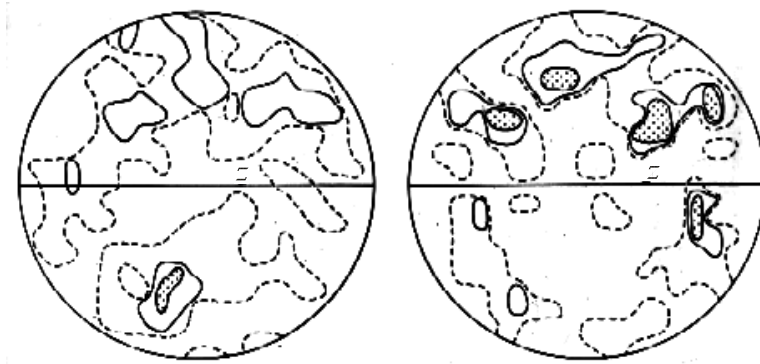
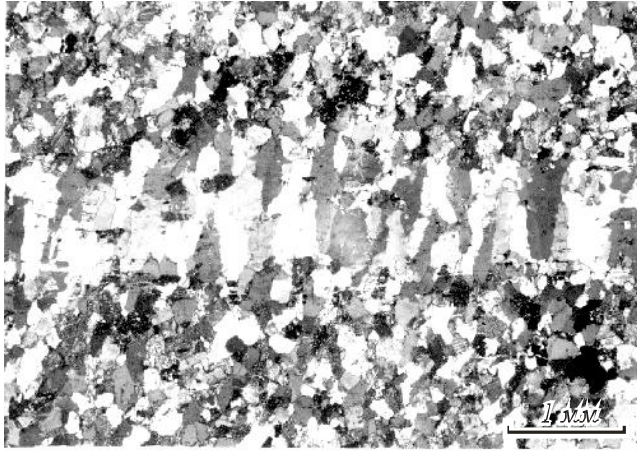


Рис. 32. Жила П2-1 в песчанике и ориентировка c -осей кварца (контуры 1-2-3-4%, z - направление зальбанда) в подобных жилах (200 и 150 зерен); район месторождения Сарылах.

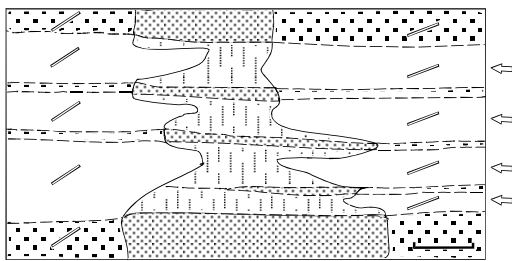


Рис. 33. Индивид альбита с зубчатыми контурами в жилке П2-1, образованной четырьмя сближенными микрожилками (стрелки). Условные обозначения – см. рис 6. Масштабный отрезок 0,04 мм. Район Самырского гранитного массива.

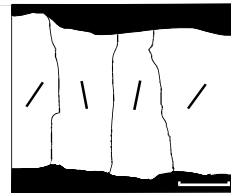


Рис. 34. П2-1 в трещине в кристалле пирита (черное); штрихи – оси c кварца. Масштабный отрезок 0,1 мм. Район месторождения Сентачан.

Тангенциальное разрастание шестоватых p -индивидов кварца с перекрытием бескварцевых участков стенок жил приводит к более высокому содержанию кварца в жилах по сравнению с вмещающими породами. Во многом за счет этого в песчаниках, содержащих не более 50% кварца, жилы П2-1 могут иметь почти чисто кварцевый состав. Более высокому, чем в матрице, содержанию кварца в жилах способствует и то, что индивиды П2-1 иногда самопро-

извольно зарождаются на скоплениях зерен плагиоклаза и обломках пород (индивиды П2-1 могут возникать и на матрице, представленной пиритом - рис. 34; Дж. Рэмзи [Ramsay, Huber, 1983] приводит пример нарастания жильного тонковолокнистого гипса с различной кристаллографической ориентировкой волокон на породобразующий кальцит).

Как и в рассмотренных выше микропрожилках, имеющиеся в аркозо-граувакковых песчаниках обломки микрозернистых кварцосодержащих пород в стенках жил в большинстве случаев перекрываются основаниями тангенциально разрастающихся *p*-индивидов, зародившихся на зернах обломочного кварца. Хотя в некоторых случаях на таких обломках сначала зарождаются отдельные мелкие *p*-индивиды, а уже затем обломки пород с выросшими на них мелкими *p*-индивидами перекрываются более крупными *p*-индивидами. Иногда к местам пересечения обломков микрозернистой кварцевой породы в маломощных жилах П2-1 приурочены подобные отмеченным выше в П1-1 полосы мелких неправильных зерен кварца, идущих поперек зальбандов между шестоватыми индивидами.

В некоторых жилах наиболее широко тангенциально разрастаются *p*-индивиды, оси *c* которых ориентированы под небольшим углом к зальбанду, а *p*-индивиды, вытянутые вдоль оси *c*, узкие. В других жилах подобной связи между шириной индивидов и ориентировкой в них оси *c* не отмечается. Некоторые широкие шестоватые индивиды образуются за счет регенерационного нарастания на разобщенные между собой близко ориентированные зерна породобразующего кварца (подобно рис. 12, б).

Иногда в агрегате П2-1 встречаются отдельные группы из 2-4 шестоватых индивидов с близкой (в том числе правильной) ориентировкой *c*-осей. Их образование обычно происходит при наличии в стенке жилы нескольких смежных близко ориентированных зерен породобразующего кварца или отдельных крупных деформированных зерен породобразующего кварца (состоящих из несколько разориентированных между собой частей), на которые и нарастают близко ориентированные индивиды этих групп.

Нередко шестоватые *p*-индивиды связывают между собой находящиеся в противоположных стенках части одного и того же зерна породобразующего кварца. Ряд авторов [Дерни, Рамсей, 1976; Vons, 2000] подобные шестоватые индивиды, которые «имеют постоянную ширину через всю жилу и идут от одной стенки до другой, связывая между собой находящиеся в противоположных стенках фрагменты одного и того же породобразующего зерна», называют «растянутыми кристаллами» («stretched» crystals). Следует отметить, что в одних и тех же жилах вместе с «растянутыми кристаллами» встречаются и шестоватые *p*-индивиды, нарастающие на зерна породобразующего кварца в одной стенке и упирающиеся в противоположной стенке в некварцевые компоненты породы.

Хотя продольные границы шестоватых индивидов нередко зубчатые (рис. 32, 36), в целом их ширина от одной стенки жилы до другой обычно остается примерно постоянной. Лишь в некоторых случаях перекрытие прилегающими к стенкам частями шестоватых индивидов отдельных мелких призальбандовых зерен кварца (регенерационных или самопроизвольно зародившихся) приводит к некоторой клиновидности прилегающих к стенкам частей шестоватых индивидов.

В индивидах П2-1 нередко наблюдаются продольные субиндивиды (см. рис. 38). Их границы обычно начинаются на отдельных неоднородностях стенки, перекрываемой основаниями шестоватых индивидов.

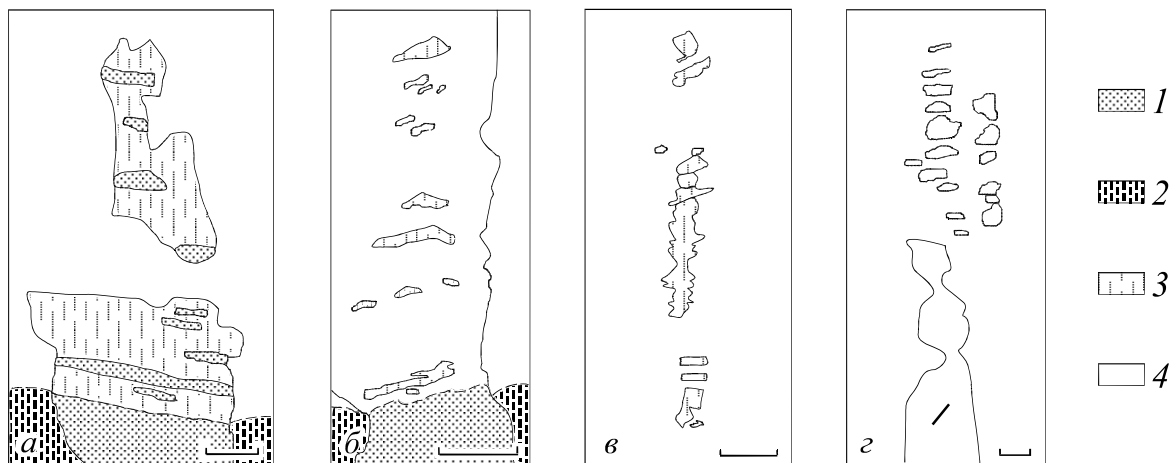


Рис. 35. Цепочки зерен альбита (а, б, в) и кварца (г, штрих – ориентировка оси *c* в выклинивающемся индивиде кварца и в зернах кварца цепочек) в осевых частях шестоватых индивидов кварца П2-1.

1 – породообразующий плагиоклаз, 2 – прочие компоненты песчаника, 3 – жильный альбит, 4 – жильный кварц. Масштабный отрезок: а, б, г – 0,03 мм, в – 0,1 мм (а – район Беккемского гранитного массива, б, в – район месторождения Сарылах, г – район месторождения Кыллах).

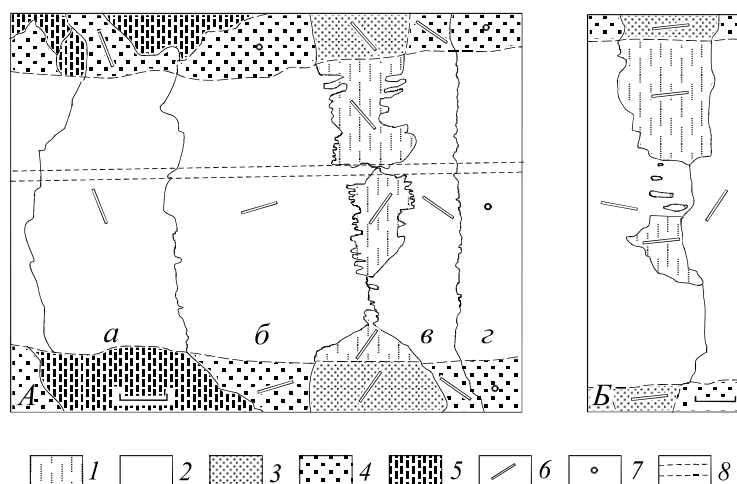


Рис. 36. Зерна альбита (1) в жилах П2-1 (2 – кварц в аркозо-граувакковом песчанике (3-плагиоклаз, 4 – кварц, 5 – прочие компоненты песчаника); 6 – оси *c* кварца и *n_p* плагиоклаза, 7 – ось *c* перпендикулярна плоскости шлифа, 8 – вероятное положение первого микропрожилка; а-г – см. объяснения в тексте (А- район месторождения Кинясь-Юрях, Б – к северу от месторождения Кыллах). Масштабный отрезок 0,05 мм.

Кроме того, в индивидах П2-1 часто отмечается поперечная блочность (briquette-like elements [Ramsay, Huber, 1987]) – разориентированные между собой субиндивиды, вытянутые поперек удлинения индивидов (параллельно стенкам жил), а также полоски флюидных включений такой же ориентировки. По крайней мере некоторые из параллельных зальбандам полосок флюидных включений располагаются в соответствии с краями зубцов на границах шестоватых индивидов.

Иногда в П2-1 наблюдаются параллельные стенкам тонкие (обычно толщиной в сотые доли миллиметра) полосовидные включения ("пленки" [Сустанов, 1989, б] призальбандовой

породы (inclusion bands [Ramsay, Huber, 1987]), отстоящие друг от друга преимущественно на 0,01 – 0,02 мм. Расстояния между полосовидными включениями породы соответствуют величине зубцов на границах индивидов [Ramsay, Huber, 1987], ширине многих поперечных субиндивидов и расстояниям между некоторыми параллельными зальбандам полосками флюидных включений. Этим полосовидным включениям породы соответствуют вытянутые параллельно стенкам жилы фрагменты зерен породообразующего плагиоклаза, наблюдаемые в некоторых шестоватых индивидах альбита (рис. 33).

В индивидах П2-1 нередко присутствуют ориентированные вдоль вытянутости индивидов цепочки одинаково гаснущих в скрещенных николях под микроскопом зерен альбита (рис. 35), карбоната, кварца (inclusion trails [Ramsay, Huber, 1987]). Цепочки зерен обычно идут от зерна того же минерала в стенке жилы (см. рис. 35); оптическая ориентировка зерен в цепочке соответствует оптической ориентировке зерна в стенке жилы. Положение отдельных зерен в цепочках отвечает положению пленок породы [Ramsay, Huber, 1983] и некоторых параллельных зальбандам полосок флюидных включений.

Ширина зерен альбита в цепочках обычно меньше регенерируемых обломочных зерен плагиоклаза. В некоторых случаях зерна альбита в цепочках содержат в своем основании вытянутые параллельно зальбанду фрагменты зерен породообразующего плагиоклаза. В ряде случаев зерна альбита в цепочках имеют ориентированные в одну сторону ограненные головки (рис. 35, б).

Таким образом, П2-1 в жилах среди песчаников свойственны зубчатость границ шестоватых индивидов, нередкое наличие в индивидах вытянутых параллельно зальбандам полосовидных субзерен и полосок флюидных включений, а также ориентированных вдоль вытянутости шестоватых индивидов цепочек мелких зерен альбита и других минералов; кроме того, иногда имеются системы параллельных стенкам жил тонких пленок породы. В тонких (мощностью менее 1 мм) жилах эти особенности строения отмечаются по всей мощности жил, а в более мощных жилах пленки породы и цепочки зерен во многих случаях приурочены лишь к призальбандовым частям жил.

Жилы в чисто кварцевой матрице

При чисто кварцевом составе матрицы (в местах пересечения жилами П2-1 более ранних кварцевых жил) ширина индивидов П2-1 обычно отвечает размерам зерен кварца пересекаемой матрицы. Тангенциального разрастания оснований *p*-индивидов шире регенерируемых зерен обычно не происходит. Если пересекаемая матрица неоднороднозернистая, на крупных ее зернах возникают широкие *p*-индивиды П2-1, на мелких – узкие *p*-индивиды.

Но так бывает не всегда. При неоднороднозернистой кварцевой матрице на мелких ее зернах иногда возникают мелкие *p*-индивиды, которые затем перекрываются (как и в описанных выше других агрегатах кварца) более широкими *p*-индивидами, нарастающими на крупные зерна кварца матрицы. Крупные *p*-индивиды могут также разрастаться вдоль стенки, перекрывая своими основаниями вскрытые трещиной мелкие зерна кварца матрицы, имеющие другую кристаллографическую ориентировку. Поэтому в местах пересечения неоднороднозернистой кварцевой матрицы жилы П2-1 иногда сложены лишь широкими индивидами, зародившимися на достаточно крупных зернах кварца матрицы, и не содержат тонких индивидов, соответствующих своей шириной мелким зернам кварца пересекаемой матрицы.

Если жила П2-1 пересекает монокристалльный участок матрицы с включениями мелких разноориентированных зерен кварца, то в стенке жилы на эти зерна (как и в описанных выше микропрожилках – см. рис. 2, 4) иногда сначала нарастают мелкие призальбандовые *p*-индивиды. Затем последние перекрываются крупными клиновидными блоками, близкими по

ориентировке к монокристалльной матрице, а эти блоки, в свою очередь, перекрываются основным индивидом, регенерационно нарастающим на монокристалльную матрицу.

Когда зерна кварца матрицы имеют блочное строение, нарастающие на эти зерна шестоватые индивиды наследуют эту блочность – в них возникают разориентированные на первые градусы продольные субиндивиды, вытянутые вдоль удлинения индивидов (см. рис. 38). Ширина продольных субиндивидов определяется размерами блоков в кварце матрицы, а оптическая ориентировка отвечает оптической ориентировке блоков матрицы.

Как и в жилах среди песчаников, один и тот же шестоватый индивид П2-1 может регенерационно нарастать на находящиеся в противоположных стенках жилы разобщенные жилонмещающей трещиной части одного и того же зерна кварца матрицы («растянутые кристаллы»), или же шестоватый индивид может в одной стенке регенерационно нарастать на зерно кварца матрицы, а в противоположной стенке контактировать с зерном кварца матрицы другой ориентировки.

В жилах П2-1 на чисто кварцевой матрице может происходить не только регенерационное, но и самопроизвольное зарождение индивидов. Например, на монокристалльных участках матрицы могут самопроизвольно зарождаться отдельные мелкие разноориентированные индивиды кварца, которые затем (как на рис. 4) перекрываются *p*-индивидами. Иногда на монокристалльной матрице могут зарождаться отдельные шестоватые индивиды, ориентированные осью *c* под небольшим (до 15°) углом к оси *c* матрицы.

Как и в местах пересечения матрицы, представленной песчаником, агрегатам П2-1 на чисто кварцевой матрице также обычно свойственна зубчатость продольных границ шестоватых индивидов, внутри индивидов нередко наблюдаются параллельные стенкам полосовидные субзерна и вытянутые вдоль шестоватости цепочки одинаково гаснущих мелких зерен кварца. Иногда шестоватые индивиды П2-1, нарастающие на кварцевую матрицу, могут иметь и ровные границы, причем в таких индивидах, как и в индивидах с зубчатыми границами, могут присутствовать поперечные субзерна и цепочки мелких кварцевых зерен.

Тени давления возле кристаллов пирита

По Дж. Рэмзи [Ramsay, Huber, 1983], тени давления (pressure shadows) – участки слабой деформации породы, приуроченные к краям находящегося в пластически деформируемой породе жесткого объекта. В области тени давления матрица часто отходит от объекта по механически слабому контакту и образовавшиеся вдоль границ жесткого объекта трещины растяжения заполняются параллельно-шестоватыми (fibrous) агрегатами. Нами изучено 20 теней давления возле метакристаллов пирита в верхнепермских терригенно-осадочных породах (песчаниках и углеродистых алевропелитовых породах) Куларского района [Бушмакин, 1995].

Трещины растяжения в изученных тенях давления заполнены П2-1 (мощностью от 0,2 до 2 мм), образованным шестоватыми индивидами кварца шириной 0,02 до 0,25 мм, ориентированными по нормали к стенке трещины. Индивиды нарастают на вмещающую породу и растут в сторону пирита (рис. 37).

При наличии во вмещающей породе зерен кварца на них в стенке трещины нарастают *p*-индивиды кварца: на крупные зерна породообразующего кварца обычно нарастают широкие *p*-индивиды, на мелкие зерна кварца – тонкие *p*-индивиды. Регенерационное нарастание иногда не совсем точное (наблюдалось отклонение *c*-оси *p*-индивида от *c*-оси регенерируемого зерна на 7° в более правильном направлении).

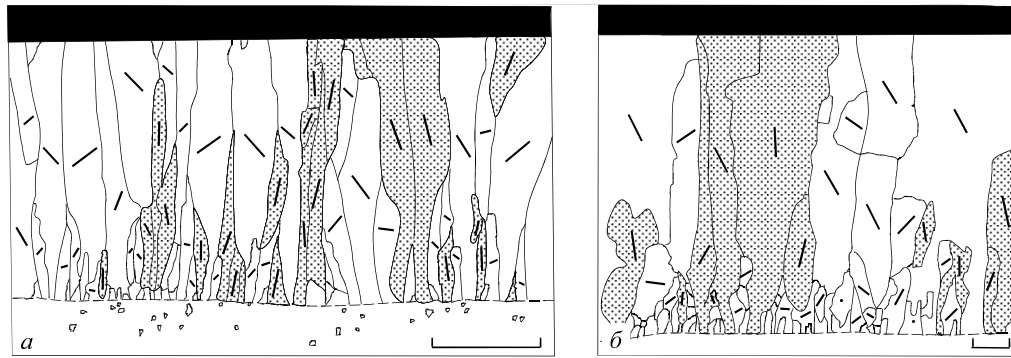


Рис. 37. П2-1 в тенях давления возле метакристаллов пирита (черное) в углеродистых алеропелитовых породах туогучанской свиты верхне-пермского возраста (белое внизу, а – показаны обломочные зерна кварца в породе). Масштабный отрезок 0,4 мм.

Нередко отмечается, как и в других жильных агрегатах, разрастание оснований шестоватых *p*-индивидов шире регенерируемых зерен обломочного кварца. Основания этих *p*-индивидов могут перекрывать не только не кварцевые участки матрицы (в алеропелитовых породах – углеродистое вещество, серицит, хлорит), но и вскрытые стенкой мелкие зерна кварца другой ориентировки (как менее, так и более правильно ориентированные по сравнению с перекрывающим *p*-индивидом). В местах клиновидных выклиниваний П2-1 шестики нередко тоньше, чем в более мощных частях П2-1. Границы шестоватых индивидов ровные.

Если обнажающееся в стенке зерно кварца крупное и неоднородное (например, деформированное), то на разные части этого зерна могут нарастать несколько разориентированные между собой *p*-индивиды (ориентировка каждого из них отвечает ориентировке того участка кварцевого зерна матрицы, на которой нарастает данный *p*-индивид). За счет этого на достаточно крупном неоднородном зерне кварца матрицы может образоваться группа из 2-3 шестоватых индивидов с близкой ориентировкой *c*-осей. На сколы достаточно крупных «грязных» (густо насыщенных мелкими минеральными включениями, в том числе углеродистым веществом) зерен кварца также могут нарастать группы тонкошестоватых индивидов с преимущественной ориентировкой *c*-осей, близкой к ориентировке оси *c* зерна кварца матрицы.

Подобные группы близко ориентированных индивидов могут возникать и при случайном нахождении в стенке жилы рядом друг с другом зерен породообразующего кварца близкой ориентировки, на которые регенерационно нарастают шестоватые индивиды.

На не кварцевых участках матрицы (например, на углеродистом веществе и зернах плагиоклаза вмещающей породы) также могут зарождаться шестоватые индивиды кварца, в том числе имеющие в основании достаточно протяженный контакт со стенкой (рис. 34, 37). Иногда отмечается самопроизвольное зарождение на бескварцевой подложке групп правильно ориентированных индивидов кварца.

Рядом с *p*-индивидом кварца на не кварцевую матрицу могут нарастать отдельные шестоватые индивиды с кристаллографической ориентировкой, близкой к *p*-индивиду. Так может образоваться группа близкоориентированных индивидов, одни из которых нарастают на кварцевый, а другие – на бескварцевый участок матрицы.

В краевых частях некоторых достаточно широких шестоватых индивидов кварца (как регенерационных, так и зарождающихся на бескварцевой матрице) иногда наблюдаются слабо разориентированные продольные блоки. Положение границ этих блоков, как и в П2-1 в жилах среди песчаников, задается неоднородностями поверхности стенки. Такими неоднородностями могут быть, например, отдельные чешуйки серицита в стенке, или же границы между кварце-

вой затравкой шестоватого p -индивида и прилегающим углеродистым веществом (перекрываемым боковой частью шестоватого p -индивида, тангенциально разрастающегося шире затравки). В клиновидно расширяющихся индивидах продольные блоки могут начинаться в местах перекрытия этими индивидами мелких призальбандовых индивидов. Особенно характерна продольная блочность для индивидов правильной ориентировки.

Кроме кварца, в стенке трещины могут подвергаться регенерации и другие минералы вмещающей породы - альбит, серицит, хлорит. В отличие от кварца, p -индивидам этих минералов тангенциальное разрастание вдоль стенки шире соответствующих пороодообразующих зерен не свойственно.

Трещины в тенях давления возле кристаллов пирита при чисто кварцевом составе матрицы (пирит в деформированных кварцевых жилах) заполняются p -индивидами кварца; при этом тангенциального разрастания оснований одних p -индивидов за счет соседних p -индивидов не происходит.

В наиболее мощных П2-1 в тенях давления (наблюдаются возле метакристаллов пирита в углеродистых алевропелитовых сланцах - в песчаниках, как более жестких породах, трещины растяжения возле метакристаллов пирита имеют малую мощность) зародившиеся на стенке шестоватые индивиды по мере удаления от стенки расширяются [Ramsay, Huber, 1983] - в основании агрегата располагается зона мелких шестоватых зерен, сменяемая зоной более широких (постоянной ширины или все более расширяющихся) шестоватых индивидов с различной ориентировкой c -осей.

Расширение одних шестоватых индивидов сопровождается прекращением роста других индивидов. В отличие от обычного геометрического отбора [Григорьев, 1961], в данном случае могут выживать индивиды как с правильной, так и с неправильной ориентировкой c -осей (в том числе ориентированные осью c под небольшим углом к зальбандам); прекращать свой рост также могут как правильно, так и неправильно ориентированные индивиды (см. рис. 37). Преимущественной ориентировки c -осей индивидов кварца в П2-1 с расширяющимися от основания к вершине индивидами и зоной мелких зерен в основании агрегата, как и в П2-1 с индивидами постоянной ширины, обычно не отмечается.

При наличии в основании П2-1 p -индивидов альбита (если матрица представлена песчаником) с удалением от стенки эти зерна перекрываются боковыми частями разрастающихся в ширину смежных кварцевых шестов и параллельно-шестоватый агрегат приобретает чисто кварцевый состав.

Таким образом, строение П2-1 в тенях давления возле кристаллов пирита сходно с П2-1 в жилах среди песчаников: шестоватые индивиды нередко идут непрерывно от одной стенки полости до другой; при отсутствии преимущественной ориентировки c -осей иногда наблюдаются отдельные группы близкоориентированных (в том числе правильно ориентированных) индивидов; отмечается продольная блочность индивидов. В то же время в П2-1 теней давления нет свойственных П2-1 в жилах среди песчаников зубчатых границ индивидов, систем параллельных стенкам полосовидных субиндивидов, полосок флюидных включений, полосовидных включений породы (inclusion bands), а также «цепочек зерен» (inclusion trails), ориентированных вдоль вытянутости шестоватых индивидов.

П2-2 - с упорядоченной ориентировкой c -осей индивидов

Образуюсь, как и П2-1, путем заполнения постепенно раскрывающихся трещин (П2-1, развитые на выклиниваниях жил, могут постепенно сменяться П2-2 в более мощных участках тех же жил), П2-2 отличаются от П2-1 частично упорядоченной ориентировкой c -осей индивидов (рис. 40 - 43).

Характер упорядоченности *c*-осей П2-2 отличается от такового в П1. Если в П1 все шестоватые индивиды вытянуты строго вдоль оси *c*, то в правильно ориентированных индивидах П2-2 ось *c* обычно располагается под некоторым переменным углом к вытянутости индивидов (как отмечено выше, к правильно ориентированным индивидам П2 отнесены такие, в которых этот угол не превышает 30°). Нередко наблюдается чередование групп правильно и неправильно ориентированных индивидов (рис. 40, 42), хотя встречаются и П2-2, почти нацело сложенные правильно ориентированными шестоватыми индивидами, среди которых имеются лишь единичные индивиды неправильной ориентировки (рис. 41, 43).

Шестоватые индивиды П2-2 могут быть несколько изогнутыми и (или) наклоненными к зальбандам под углом до 60° (рис. 41, 42). В некоторых случаях в основании агрегата шестики располагаются перпендикулярно зальбандам, а затем постепенно изгибаются, иногда вытягиваясь почти параллельно стенкам жилы [Суставов, 1989, а].

Жилы в чисто кварцевой матрице

Если залегающая среди песчаников жила П2-1 пересекает более раннюю кварцевую жилу, то в месте такого пересечения в параллельно-шестоватом агрегате нередко появляются группы близко ориентированных индивидов, которых нет в той части жилы, которая залегает среди песчаников. Группы близко ориентированных шестоватых индивидов обычно образуются там, где в зальбанде обнажаются принадлежащие пересекаемой жиле крупные неоднородные индивиды кварца или участки зернистого кварца с близкой ориентировкой *c*-осей зерен.

В местах пересечения достаточно однородных крупных индивидов кварца в П2-1 возникают широкие *p*-индивиды, состоящие из слабо разориентированных между собой субиндивидов, вытянутых поперек стенок жилы (см. рис. 38). Если ориентировка оси *c* в разных частях монокристалльной матрицы изменяется на значительные углы (в пластически деформированных индивидах кварца матрицы эти углы могут достигать 30°), то в месте пересечения такой матрицы в П2-1 возникают группы шестоватых индивидов, повторяющих ориентировку пересекаемых участков матрицы.

Совокупности этих индивидов представляют собой участки параллельно-шестоватого агрегата с сильной преимущественной ориентировкой *c*-осей (в наблюдавшихся нами случаях оси *c* ориентированы вдоль или под небольшим углом к удлинению шестоватых индивидов). В основаниях групп таких шестоватых индивидов иногда располагаются нарастающие на монокристалльную матрицу мелкие сильно разориентированные по отношению к матрице зерна кварца, в последующем перекрываемые разрастающимися в ширину шестоватыми индивидами. Поперечник шестоватых индивидов в данном случае определяется неоднородностями монокристалльных участков матрицы и размерами мелких неправильно ориентированных зерен кварца матрицы.

Границы шестоватых индивидов могут быть зубчатыми и ровными, внутри индивидов наблюдаются параллельные зальбандам полосовидные субзерна и ЗТ такой же ориентировки.

Нередко отмечаются постепенные повороты кристаллической решетки индивидов по мере их роста, приводящие к более правильной ориентировке *c*-осей индивидов. Например, в жиле, пересекающей монокристалльную матрицу, ось *c* шестоватого индивида, регенерационно нарастающего на монокристалльную матрицу одной стенки, может по мере роста постепенно поворачиваться в более правильном направлении (причем на форме индивида это не отражается), и в той части индивида, которой он утыкается в монокристалльную матрицу противоположной стенки, ось *c* может быть разориентирована по отношению к матрице на угол до 30°.

Если матрица представлена зернистым кварцем с близкой ориентировкой c -осей зерен, агрегат шестоватых p -индивидов, нарастающих на зерна кварца матрицы, наследует преимущественную ориентировку c -осей матрицы (в наблюдаемых нами случаях c -оси ориентированы под большими углами к зальбандам). Значительного тангенциального разрастания оснований близкоориентированных шестоватых индивидов относительно регенерируемых зерен кварца матрицы обычно не происходит. Такое разрастание отмечается лишь в местах пересечения стенкой жилы имеющихся в матрице отдельных зерен кварца другой ориентировки – эти зерна могут перекрываться основаниями смежных шестоватых индивидов с преобладающей ориентировкой c -осей.

Продольная блочность в широких шестоватых индивидах правильной ориентировки обычно проявлена сильнее и разориентировка блоков более значительна, чем в неправильно ориентированных шестоватых индивидах. Границы между шестоватыми индивидами с близкой ориентировкой c -осей обычно более ровные, чем границы между шестоватыми индивидами, оси с которых резко разориентированы между собой.

Жилы в песчаниках

Как и при образовании П2-1 в жилах среди песчаников, индивидам П2-2 свойственно преимущественно регенерационное зарождение на зернах кварца матрицы. P -индивиды П2-2, как и p -индивиды П2-1, могут разрастаться своими основаниями вдоль зальбанда шире регенерируемых зерен кварца матрицы, перекрывая бескварцевые участки матрицы, самопроизвольно зародившиеся на этих участках мелкие разноориентированные зерна кварца и отдельные мелкие p -индивиды (отдельные крупные p -индивиды могут перекрывать своими основаниями до десятка и более мелких p -индивидов).

Разрастание оснований в ширину вдоль стенок жил может быть свойственно как правильно-, так и неправильно ориентированным p -индивидам. Регенерируемые зерна, на которых образуются шестоватые p -индивиды с широкими основаниями, по размерам нередко не отличаются от тех, на которых образуются перекрываемые основаниями этих шестоватых индивидов мелкие p -индивиды.

Наряду с регенерационным зарождением на зернах кварца матрицы, иногда, по видимому, происходит и самопроизвольное зарождение шестоватых индивидов на бескварцевых участках матрицы. Индивиды, зародившиеся на бескварцевых участках матрицы, как и p -индивиды, могут иметь в контакте со стенкой широкие основания, перекрывающие отдельные мелкие призальбандовые зерна кварца.

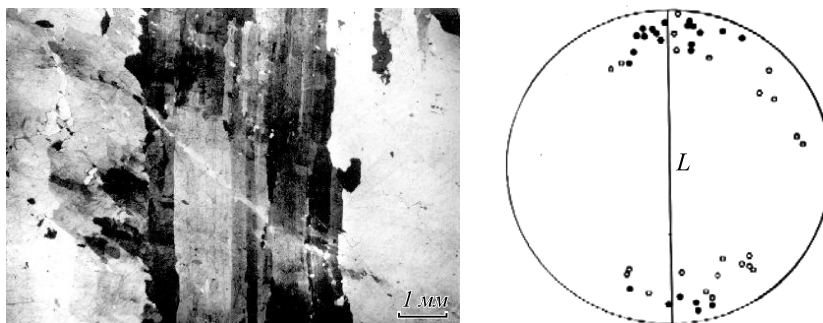
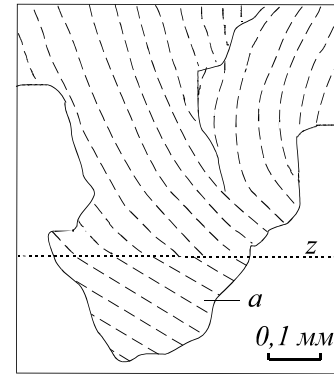


Рис. 38. Продольная блочность в индивиде П2-2 (ось c кварца ориентирована вертикально) и ориентировка c -осей индивидов, содержащих (черные кружки) и не содержащих (пустые кружки) продольные блоки (разрез перпендикулярно зальбандам прожилка, L - направление вытянутости индивидов). Район Беккемского гранитного массива.

Рис. 39. Поворот кристаллической решетки в основании *p*-индивида П2-2 (*a* – регенерируемое зерно породообразующего кварца, *z* – стенка жилы, пунктир – направление оси *c* кварца). Масштабный отрезок 0,1 мм. Район месторождения Тан.



Как и в П2-1, от отдельных неоднородностей перекрываемой основаниями индивидов стенки могут идти границы присутствующих в индивидах П2-2 продольных (вытянутых вдоль шестоватости) субиндивидов. Например, если шестоватый *p*-индивид разрастается вдоль стенки жилы в ширину, перекрывая присутствующий в песчанике обломок породы, то в этом индивиде может образоваться продольный субиндивид, граница которого начинается на краю обломка породы. Образование продольных субиндивидов может быть связано и с объединением на некотором удалении от стенки в единые блочные индивиды отдельных близко ориентированных шестоватых индивидов (например, росших на близко ориентированных зародышах).

Продольная блочность особенно характерна для правильно ориентированных индивидов (вытянутых вдоль или под небольшими углами к оси *c* кварца - рис. 38). Она отмечается и в сложенных другими минералами параллельно-шестоватых агрегатах, обладающих преимущественной ориентировкой индивидов – например, отдельные шестоватые индивиды селенита состоят из сотен подобных субиндивидов [Sherman, 1972].

Как и в ранее рассмотренных агрегатах, в некоторых случаях *p*-индивиды П2-2 нарастают на обнажающиеся в стенке жилы зерна породообразующего кварца не в строгом соответствии с их кристаллографической ориентировкой, а отклоняясь от последней на некоторый угол (иногда до 45°). При этом ось *c* в шестоватом индивиде чаще всего ориентирована ближе к нормали к стенке жилы, чем в зерне породообразующего кварца - шестоватый индивид в этом случае чаще всего имеет более правильную кристаллографическую ориентировку, чем регенерируемое зерно обломочного кварца (рис. 39). Переход от зерна породообразующего кварца к нарастающему на него индивиду с несколько другой ориентировкой происходит путем плавного поворота (изгиба) кристаллической решетки (нередко без изменения направления вытянутости индивида). Подобные плавные повороты кристаллической решетки (на угол до 15°) в более правильном направлении (без изменения направления вытянутости индивида) могут происходить и при росте шестоватых индивидов на удалении от стенок жил.

Встречаются группы из нескольких смежных шестоватых *p*-индивидов, каждый из которых нарастает на регенерируемое зерно таким образом, что ось *c* в шестоватом индивиде имеет более правильную (на 15-20°) ориентировку, чем в регенерируемом зерне, в результате чего шестоватые индивиды этой группы имеют близкую между собой правильную ориентировку *c*-осей. В других случаях, как и в П2-1, образование групп смежных правильно ориентированных *p*-индивидов связано со случайным нахождением в данных участках жил (в том числе на противоположных стенках) нескольких смежных правильно ориентированных зерен породообразующего кварца, на которые и нарастают образующие группу правильно ориентированные индивиды.

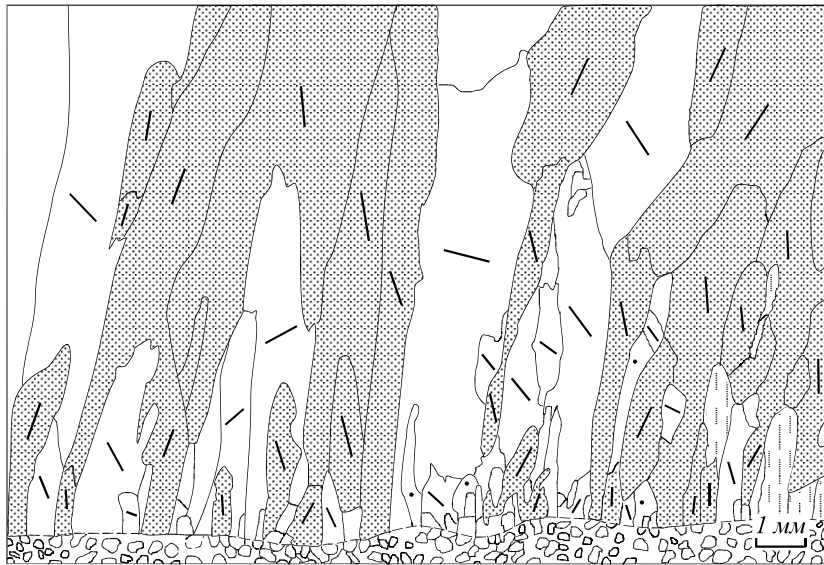


Рис. 40. Призальбандовая часть жилы П2-2 в аркозо-граувакковом песчанике (в породе показаны зерна кварца; вертикальная штриховка – жильный альбит). Район месторождения Сентачан.

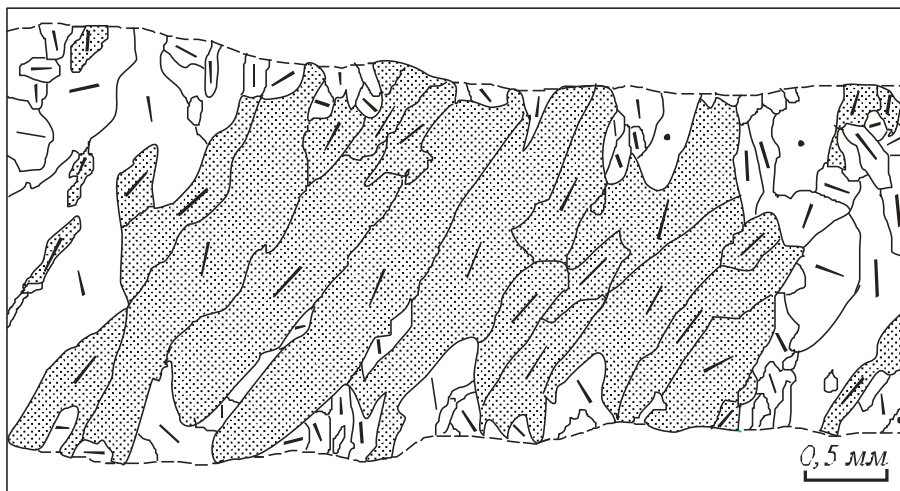


Рис. 41. П2-2 с наклонными шестоватыми индивидами. Размер мелких призальбандовых зерен жильного кварца близок к размеру зерен обломочного кварца вмещающего аркозо-грауваккового песчаника. Район Беккемского гранитного массива.

В процессе призальбандового роста П2-2 правильно ориентированные шестоватые *p*-индивиды нередко все более увеличиваются в ширину, перекрывая отдельные неправильно ориентированные (ограниченные и неограниченные) *p*-индивиды (геометрический отбор), в силу чего агрегат в процессе роста приобретает все более правильную ориентировку *c*-осей. Нередко правильную ориентировку имеют главным образом шестоватые индивиды, а неправильную – преимущественно мелкие призальбандовые зерна между основаниями шестоватых индивидов. В отличие от геометрического отбора при образовании П1, в данном случае (подобно тому, как это отмечено выше для П2-1 теней давления возле кристаллов пирита) в процессе роста наряду с правильно ориентированными выживают и отдельные неправильно ориентированные шестоватые индивиды - возникает параллельно-шестоватый агрегат, в котором наряду с

преобладающими правильно ориентированными шестоватыми индивидами имеются и отдельные неправильно ориентированные шестоватые индивиды (рис. 40, 41).

Некоторые П2-2 в жилах среди песчаников состоят из шестоватых индивидов правильной ориентировки, идущих непрерывно от одной стенки жилы до другой, в том числе под углом к зальбандам. Ширина таких индивидов по мере удаления от стенок жил нередко остается примерно постоянной, причем одинаковую ширину на всем их протяжении могут иметь как правильно ориентированные индивиды, так и отдельные неправильно ориентированные индивиды (рис. 41).

Жилы в углеродистых алевропелитовых породах

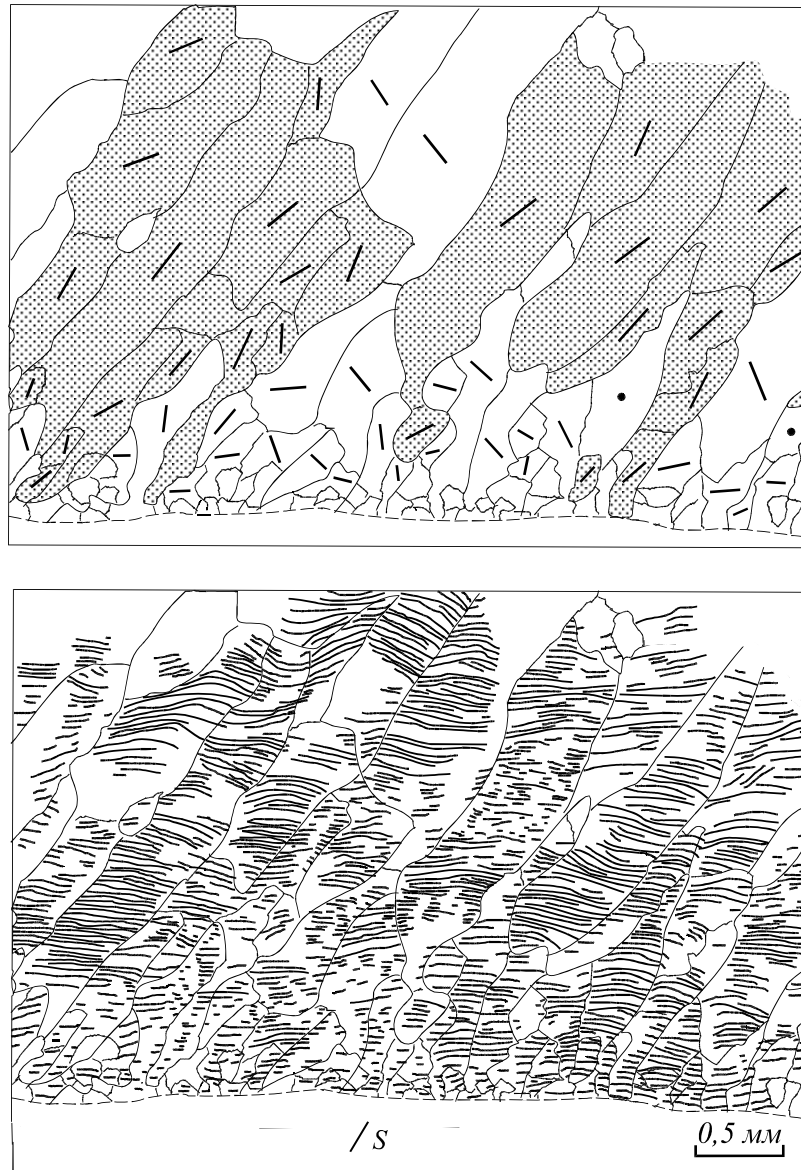


Рис. 42. П2-2 с наклонными шестиками: вверху - ориентировка *c*-осей индивидов, внизу - расположение пленок вмещающей углеродистой алевропелитовой породы (*S* – направление сланцеватости в породе). К северу от месторождения Кыллах.

Образование жил П2-2 в углеродистых алевропелитовых породах нередко сопровождается захватом в жилы, при прерывистом раскрытии жильовмещающих трещин, особенно многочисленных, тонких и протяженных пленок вмещающей породы (в жилах, секущих сланцеватость вмещающих пород, последняя наблюдается и в пленках внутри жилы, где имеет то же направление, что во вмещающей породе [Суставов, 1989]. Кварц, в котором присутствуют такие пленки породы, имеет в образцах черную или темно-серую окраску. Пленки породы располагаются параллельно стенкам жил и могут проходить в одном и том же направлении через большое число индивидов жильного кварца, независимо от их формы, кристаллографической ориентировки и направления вытянутости по отношению к зальбандам (рис. 42).

Число пленок породы в пределах одного и того же шестоватого индивида может достигать нескольких сотен, при расстояниях между пленками от 0,01 до 0,2 мм, редко 0,3 мм. В индивидах кварца одной и той же жилы эти расстояния обычно примерно одинаковы; иногда по длине шестиков чередуются зоны сгущения и некоторого (в 1,5—2 раза) разрежения пленок. Нередко пленки породы тяготеют к стенкам жил, а центральные части жил свободны от таких пленок.

Призальбандовые пленки породы своей формой обычно повторяют неровности стенки жилы [Петрунь, 1954]. Иногда они имеют в той или иной степени выраженную волнообразную форму, особенно на удалении от стенок [Fisher, Burne, 1990] (рис. 46, б, в). Выпуклости пленок породы обычно приурочены к осевым частям индивидов и обращены в сторону роста шестов (о направлении роста можно судить по положению зоны геометрического отбора, располагающейся в основании агрегата). На границах между индивидами пленки породы иногда испытывают резкий перегиб или прерываются. Вдоль границ индивидов иногда располагаются единичные линзовидные включения породы (подобные изображенному на рис. 46, г).

Отмечается строгая прямолинейность точек нахождения одного и того же характерного элемента рельефа стенки жилы (например, резкой неровности стенки) в серии последовательно располагающихся пленок породы. Это направление обычно параллельно удлинению шестоватых индивидов, в том числе при их косо́й ориентировке по отношению к стенке жилы. В том же направлении ориентированы в шестоватых индивидах П2-2 и прямолинейные цепочки мелких зерен карбоната и кварца, аналогичные описанным выше в П2-1; положение зерен в цепочках отвечает отдельным пленкам породы.

Как и в жилах П2-2 среди песчаников, в процессе роста шестоватых индивидов происходит увеличение ширины правильно ориентированных индивидов и возрастание степени преимущественной ориентировки *c*-осей индивидов. Причем в процессе роста, как и при образовании П2-2 в жилах среди песчаников, наряду с правильно ориентированными выживают и отдельные неправильно ориентированные шестоватые индивиды (см. рис. 42). При росте слагающих П2-2 шестоватых индивидов может, по-видимому, происходить и зарождение новых индивидов, причем на правильно ориентированные индивиды могут нарастать индивиды неправильной ориентировки.

Жилы в бескварцевой матрице

Агрегаты параллельно-шестоватого кварца в жилах среди карбонатных пород, единичные маломощные линзы которых изредка встречаются в песчано-сланцевых толщах рассматриваемых районов, почти нацело сложены правильно ориентированными шестоватыми индивидами, среди которых имеются лишь единичные неправильно ориентированные индивиды. Достаточно четкая преимущественная ориентировка *c*-осей в таких жилах отмечается как в осевых частях жил, так и в непосредственном контакте жильного агрегата с карбонатной матрицей (рис. 43).

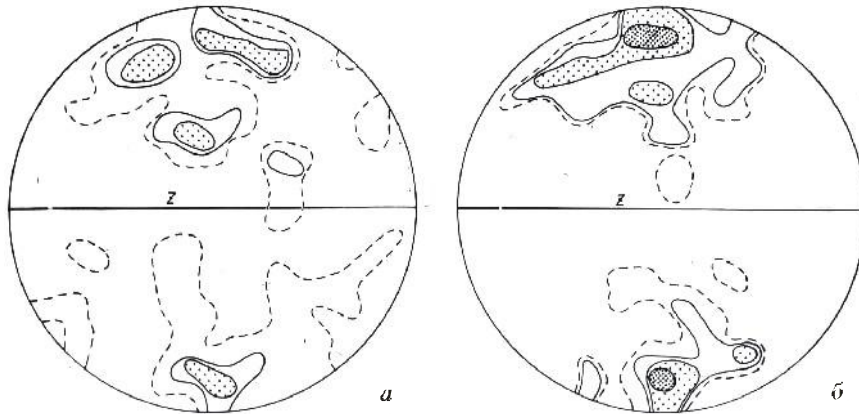
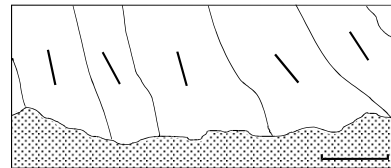


Рис. 43. Жила П2-2 в карбонатной породе (черное, николи скрещены) и ориентировка *c*-осей кварца в при-зальбандовой (*a*, 153 зерна) и осевой (*б*, 140 зерен) части жилы (*z* – зальбанд); контуры 7,5-6,0-4,5-3,0-1,5%. Район месторождения Сарылах.

Рис. 44. Основания шестоватых индивидов кварца (штрихи – оси *c*) П2-2 на контакте с карбонатной матрицей (крап). Масштабный отрезок 0,05 мм. Район месторождения Сарылах.



На карбонатной матрице происходит самопроизвольное зарождение преимущественно правильно ориентированных индивидов кварца (перпендикулярных или наклонных к стенкам жил), обычно имеющих широкие основания (рис. 44). Отдельным неправильно ориентирован-

ным шестоватым индивидам, зарождающимся на карбонатной матрице вместе с преобладающими правильно ориентированными индивидами, также свойственны преимущественно широкие основания. Основания шестоватых индивидов кварца могут перекрывать отдельные нарастающие на карбонатную матрицу мелкие разноориентированные изометричные зерна кварца.

Зародившиеся на карбонатной матрице шестоватые индивиды по мере удаления от стенок сначала имеют ту же толщину, что и у зальбандов. Этот относительно тонкошестоватый призальбандовый агрегат содержит большое число тонких параллельных стенкам прерывистых полосок («пленок») карбонатной породы. На этих пленках местами происходит некоторое изменение толщины шестоватых индивидов – те индивиды, торцы которых оказывались перекрытыми пленками карбоната, нередко прекращали расти, а индивиды, торцы которых хотя бы частично не были перекрыты такими пленками, тангенциально разрастались по карбонатным пленкам и этим увеличивали свою толщину.

Пленки карбонатной породы, параллельные стенкам, имеются лишь в призальбандовых частях жилы, а шестоватый агрегат основной части жилы не содержит таких пленок. В месте перехода от параллельно-шестоватого агрегата с пленками карбонатной породы к параллельно-шестоватому агрегату, не содержащему таких пленок, происходит особенно сильное разрастание шестоватых индивидов в ширину (рис. 43). После этого по мере удаления от стенок (в кварце, не содержащем пленок карбонатной породы) заметного изменения ширины индивидов не наблюдается. Возрастание степени преимущественной ориентировки *c*-осей при переходе от тонкошестоватого призальбандового кварца к более толстошестоватому кварцу осевой части жилы (рис. 43) показывает, что разрастались в ширину на карбонатных пленках преимущественно наиболее правильно ориентированные индивиды.

П2-3 – с разобщенными между собой шестоватыми индивидами

В данных агрегатах шестоватые индивиды (или группы таких индивидов) разобщены между собой, а промежутки между ними сложены кварцем с менее выраженным шестоватым строением - параллельно-шестоватые агрегаты 4 типа [Попов, 1984; Нардов, 1986]: сначала возникают шестоватые индивиды, а затем происходит заполнение промежутков между ними. А. В. Нардовым [1986] подобные агрегаты получены при экспериментальной кристаллизации гипса.

Разобщенные между собой шестоватые индивиды особенно хорошо заметны, если они сложены темно-серым или черным кварцем и цементируются молочно-белым кварцем (рис. 45). Такие индивиды встречаются в призальбандовых частях кварцевых жил, залегающих среди углеродистых алевропелитовых пород [Сустанов, 1989]. Индивиды черного кварца вытянуты вдоль оси *c* и ориентированы преимущественно под большими углами к стенкам жил. Их продольные ограничения, параллельные оси *c*, нередко четко прямолинейны; поперечные сечения могут иметь форму правильных шестиугольников, иногда зональных.

Темно-серая или черная окраска шестоватых индивидов обусловлена присутствием в кварце этих индивидов многочисленных параллельных зальбандам тонких пленок вмещающей углеродистой алевропелитовой породы (рис. 46), аналогичных описанным выше в черном П2-2. Нередко на некотором удалении от стенок пленки породы в осевых частях шестоватых индивидов приобретают обращенную вверх волнообразную форму (рис. 46, б, в), еще более четко выраженную, чем в П2-2 среди тех же пород (рис. 42). Среди тонких пленок иногда встречаются отдельные линзовидные фрагменты вмещающей углеродистой алевропелитовой породы (рис. 46, г).

Находящийся в промежутках между черными шестоватыми индивидами молочно-белый кварц регенерационно (рис. 46, *а*) нарастает на боковые поверхности этих индивидов (иногда регенерационное нарастание предваряется образованием на боковых поверхностях черных индивидов отдельных мелких идиоморфных кристалликов кварца), а также образует зарождающиеся на стенках и внутри полости отдельные вытянутые и изометричные зерна различной ориентировки (АК).

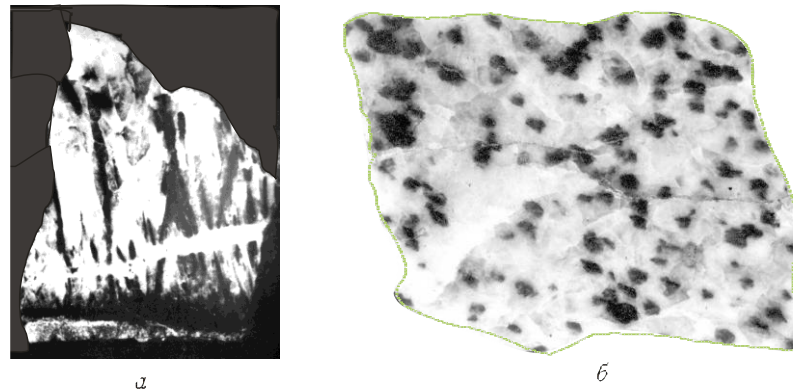


Рис. 45. П2-3 с разобщенными черными шестиками (натур. велич): *а* – перпендикулярно зальбанду (район месторождения Сарылах), *б* – параллельно зальбанду (к северу от месторождения Кыллах).

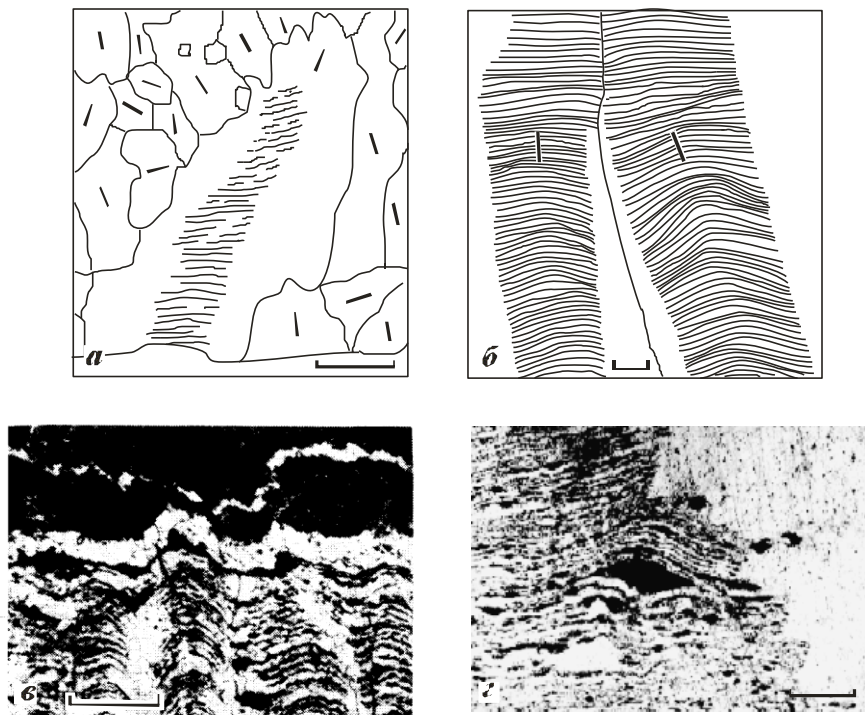


Рис. 46. Пленки углеродистой алевропелитовой породы в черных шестиках П2-3: *а* – призальбандовый индивид, *б* - два смежных индивида на удалении от стенки, *в* - изогнутость пленок породы в кварце отражает неровности верхней стенки прожилка, *г* – линзовидный фрагмент породы среди пленок породы (*а, б* - район месторождения Сарылах, *в* - район Беккемского гранитного массива, *г* – к северу от месторождения Кыллах). Масштабный отрезок: *а* - 0,2 мм, *б-г* – 0,5 мм.

Наряду с П2-3, в которых разобщенные между собой шестоватые индивиды сложены черным кварцем, встречаются также П2-3 (в жилах среди песчаников), в которых шестоватые индивиды отличаются от кварца, располагающегося между ними, более густой насыщенностью флюидными включениями. Такие агрегаты подобны «кварцам с белой полосой» [Леммлейн, 1973], но, в отличие от последних, из-за своей мелкозернистости и более слабой контрастности распределения флюидных включений, выделяются лишь под микроскопом.

В этих агрегатах обычно наблюдаются разобщенные между собой группы из 3-5 густо замутненных флюидными включениями шестоватых индивидов. Последние аналогичны шестоватым индивидам П2-1 и П2-2 – могут иметь зубчатые границы, содержат вытянутые вдоль шестоватости цепочки зерен альбита, а также параллельные стенкам субзерна и полосы флюидных включений. Шестоватые индивиды зарождаются регенерационно на зернах породообразующего кварца, группы таких индивидов могут располагаться в местах выхода в стенке жилы отдельных крупных кварцевых затравок.

Как и в П2-3 с черными шестоватыми индивидами, в данном случае шестоватые индивиды также нередко имеют правильную кристаллографическую ориентировку. Как в П2-1 и П2-2, ширина оснований индивидов и их толщина на удалении от стенки может отвечать размерам зерен регенерируемого кварца или превышать эти размеры. Широкие основания правильно ориентированных индивидов могут перекрывать отдельные мелкие разноориентированные призальбандовые зерна (регенерационно и самопроизвольно возникшие на бескварцевых участках матрицы). В индивидах нередко отмечается продольная блочность. В местах нарастания шестоватых индивидов на регенерируемые зерна породообразующего кварца иногда наблюдаются аналогичные отмечающимся в П2-1 и П2-2 случаи постепенного поворота кристаллической решетки шестоватого индивида в более правильном направлении, не сопровождающегося соответствующим изменением направления вытянутости индивида. Иногда в жилах наблюдаются постепенные переходы от П2-3 к П2-2.

Промежутки между группами шестоватых индивидов заполнены кварцем, слабее замутненным флюидными включениями, не имеющим четко выраженного параллельно-шестоватого строения и состоящим преимущественно из изометричных или вытянутых разноориентированных зерен (АК, ГК). Зерна этого кварца, находящиеся возле шестоватых индивидов, как и в вышеописанном случае черного кварца, регенерационно нарастают на боковые поверхности шестоватых индивидов, а на удалении от последних зарождаются самопроизвольно внутри объема полости или регенерационно на стенках полости.

Генетические аспекты структурообразования жильного кварца

Настоящий раздел посвящен обсуждению приведенных выше данных и рассмотрению некоторых вопросов генезиса изученных структур кварца.

Зарождение индивидов

Регенерация чисто кварцевой матрицы

Особенности регенерации чисто кварцевой матрицы можно наблюдать в кварцевых жилах и прожилках, пересекающих более ранние кварцевые жилы.

По А. М. Асхабову [1979], регенерация монокристалльной кварцевой матрицы начинается с образования на регенерируемой поверхности отдельных выступающих над этой поверхностью субиндивидов регенерации («холмистого рельефа»), которые по мере роста объединяются в единую регенерационную поверхность. К субиндивидам регенерации, по-видимому, относятся наблюдаемые в некоторых кварцевых прожилках, пересекающих монокристалльную кварцевую матрицу, отдельные разобщенные между собой угловатые обособления регенерационного кварца (ограниченной формы, иногда с округленными очертаниями), нарастающие на стенки этих прожилков (рис. 2). Сплошные каймы регенерации, возникающие на поверхностях обломков крупнокристаллического кварца при их цементации мелкозернистым ГК и ХК (рис. 19) образуются, по-видимому, в результате объединения между собой подобных субиндивидов регенерации.

Если подвергающийся регенерации монокристалльный кварц в той или иной степени неоднороден, например, пластически деформирован, то отдельные субиндивиды регенерации должны быть несколько разориентированы между собой в соответствии с разориентировкой обрастаемых ими отдельных участков матрицы. Рост таких несколько разориентированных субиндивидов регенерации приводит к образованию регенерационного кварца, состоящего из разориентированных между собой субзерен [Ernst, Blatt, 1964] («шестоватые» пирамиды регенерации [Асхабов, 1979]).

При заполнении кварцем трещины в монокристалльной матрице субиндивиды регенерации, возникшие на стенках трещины, растут навстречу друг другу и объединяются в заполняющий трещину на всю мощность единый индивид кварца, кристаллографическая ориентировка которого соответствует матрице (рис. 2). Заполнение трещины путем нарастания на обе ее стенки называют «битаксиальным» [Vons, 2000].

Если смыкание нарастающих на противоположные стенки трещины регенерационных кайм происходит в осевой части прожилка, то при некоторой разориентировке монокристалльной матрицы в противоположных стенках трещины битаксиальный прожилок состоит из двух регенерационных полос, кристаллографическая ориентировка которых определяется ориентировкой матрицы соответствующей стенки, а граница между полосами располагается вблизи от оси прожилка (рис. 3, А).

При образовании битаксиальных монокристалльных прожилков блочного строения навстречу друг другу от противоположных стенок прожилков растут субзерна. Скорость их роста от противоположных стенок может быть как одинаковой (субзерна сталкиваются в осевой части прожилка), так и различной (субзерна сталкиваются ближе к одной из стенок). Цементация ограниченных головок субзерен, росших от одной стенки, верхними частями субзерен, рос-

ших от противоположной стенки, показывает, что субзерна, росшие от одной стенки, могут заканчивать свой рост несколько раньше субзерен, росших навстречу им от другой стенки.

Если на одну стенку прожилка нарастает p -кварц, состоящий из субзерен, а на противоположную - однородный монокристалльный p -кварц, не содержащий видимых субзерен, то скорость роста однородного монокристалльного p -кварца может значительно превосходить скорость роста p -кварца, состоящего из субзерен: однородный монокристалльный p -кварц в этом случае занимает почти всю мощность прожилка и цементирует головки субзерен, едва начавших рост от противоположной стенки. Таким образом, характер регенерационного нарастания кварца на разные стенки одной и той же трещины при ее битаксиальном заполнении может быть неодинаковым.

Нередко с разной скоростью растут субзерна и от одной и той же стенки; в этом случае линия столкновения субзерен, нарастающих на противоположные стенки, может быть резко неровной или ориентированной под углом к зальбанду. За счет коалесценции одинаково ориентированных блоков, росших навстречу друг другу от противоположных стенок, могут образовываться однородные блоки, идущие непрерывно от одной стенки до другой; такие блоки могут возникать и путем нарастания на одну стенку и роста до другой стенки («унитаксиальное» заполнение [Vons, 2000]). В одном и том же монокристалльном прожилке может наблюдаться как битаксиальное, так и унитаксиальное заполнение (причем последнее может идти как от одной и той же стенки, так и одновременно от разных стенок).

Регенерационное заполнение трещин, возникающих вдоль границ между зернами исходного кварца, обычно битаксиальное. Ширина монокристалльных полосовидных p -частей прожилка, прилегающих к той и другой его стенкам в участке прохождения прожилка вдоль границы между зернами исходного кварца, чаще всего примерно одинакова. Лишь когда ось c зерна кварца в одной из стенок ориентирована под небольшим углом к стенке, полоса p -кварца, нарастающего на это зерно, имеет меньшую толщину, чем полоса p -кварца, нарастающего на зерно кварца другой ориентировки в противоположной стенке прожилка. Это обусловлено малой скоростью роста кварца в направлении, перпендикулярном оси c [Асхабов, 1979].

По той же причине, если ось c зерна кварца в одной из стенок ориентирована достаточно строго параллельно границе зерна, вдоль которой образуется прожилок, то регенерации кварца этого зерна обычно не происходит и прожилок заполняется лишь за счет регенерации зерна, образующего другую стенку (унитаксиальное заполнение прожилка - рис. 5, *a*). Нередко отмечаемая строгая прямолинейность границы первого зерна в стенке прожилка обусловлена, по-видимому, образованием на этом зерне (в результате начавшейся регенерации) грани призмы, которая дальше не растет.

При образовании П2, пересекающих монокристалльную кварцевую матрицу, регенерация происходит в каждой из последовательно образующихся тонких трещин в монокристалльной матрице, то есть имеет место многократная последовательная регенерация монокристалльной матрицы.

Если зерна кварца матрицы имеют блочное строение, то нарастающие на эти зерна шестоватые индивиды П2 наследуют эту блочность – в них возникают разориентированные на первые градусы продольные субиндивиды, вытянутые вдоль удлинения индивидов (рис. 38). Ширина субиндивидов определяется размерами блоков кварца матрицы, а кристаллографическая ориентировка субиндивидов отвечает ориентировке этих блоков.

Если ориентировка оси c в разных частях достаточно протяженного участка монокристалльной матрицы изменяется на значительные углы (например, если монокристалльная матрица сильно пластически деформирована), то на этом участке матрицы возникает П2, состоящий из шестоватых индивидов, оси c которых повторяют ориентировку обрастаемых участков мат-

рицы. Группы шестоватых индивидов с преимущественной ориентировкой c -осей, близкой к ориентировке оси c зерна кварца матрицы, образуются в П2-1 и в местах пересечения последним сколов «грязной» (густо насыщенной мелкими минеральными включениями и углеродистым веществом) монокристалльной кварцевой матрицы (в тенях давления возле кристаллов пирита).

Регенерация зерен порообразующего кварца в жилах среди песчаников

При образовании кварцевых жил в аркозо-граувакковых песчаниках стенками полостей вскрываются зерна кварца и некварцевые компоненты песчаника. На зернах кварца матрицы при образовании всех рассмотренных разновидностей жильных агрегатов обычно происходит регенерационное зарождение индивидов жильного кварца. Минералы некварцевых участков матрицы, например, альбит, хлорит, серицит, при образовании П1 регенерации не подвергаются, а при образовании П2, АК и ГК нередко подвержены регенерации, хотя и более слабой, чем регенерация кварца.

P -индивиды кварца обычно имеют такую же кристаллографическую ориентировку, как регенерируемые зерна кварца матрицы, поэтому агрегаты p -индивидов кварца в жилах среди песчаников (например, П2-1) повторяют неупорядоченную ориентировку c -осей зерен обломочного кварца песчаников [Григорьев, 1961; Сустанов, 1973; Cox, Etheridge, 1983] (рис. 32).

Ширина оснований p -индивидов кварца во всех изученных разновидностях жильных агрегатов может как соответствовать размеру регенерируемых зерен кварца матрицы (рис. 26, б; 27, б; 28, з), так и превышать эти размеры [Ramsay, Huber, 1983] (рис. 27, в; 28, а, б; 32), иногда во много раз. Основания присутствующих в жилах p -индивидов альбита шире соответствующих регенерируемых зерен обычно не разрастаются. Степень тангенциального разрастания p -индивидов АК, ГК, П2 обычно не зависит от ориентировки в них оси c .

Чаще всего основания p -индивидов тангенциально разрастаются по стенке в стороны от регенерируемого кварцевого зерна, перекрывая некварцевые участки матрицы (в аркозо-граувакковых песчаниках - зерна плагиоклаза, хлорита, обломки пород). Поэтому разрастание p -индивидов в ширину в первую очередь определяется количеством бескварцевой матрицы в стенке – чем больше бескварцевой матрицы, тем шире разрастаются основания p -индивидов. При отсутствии в стенке участков бескварцевой матрицы, например, в кварцевых прожилках в зернистых кварцевых агрегатах, основания p -индивидов обычно достаточно точно соответствуют зернам кварца матрицы и перекрытия основаниями p -индивидов смежных зерен кварца матрицы в большинстве случаев не происходит.

В ряде случаев рядом с p -индивидами кварца на некварцевую матрицу могут нарастать отдельные шестоватые индивиды с кристаллографической ориентировкой, близкой к p -индивиду. В П2 за счет этого могут образоваться группы близко ориентированных индивидов, в каждой из которых одни индивиды нарастают на кварцевый, а другие – на некварцевый участок матрицы. Иногда в П2 встречаются группы из нескольких смежных шестоватых p -индивидов, каждый из которых нарастает на регенерируемое зерно таким образом, что ось c в шестоватом индивиде имеет более правильную (на $15-20^\circ$) ориентировку, чем в регенерируемом зерне, в результате чего шестоватые индивиды этой группы имеют близкую между собой правильную ориентировку c -осей.

В П1-1 рядом с p -индивидами кварца на некварцевую матрицу могут нарастать отдельные шестоватые индивиды, веерообразно разориентированные по отношению к p -индивиду (рис. 27, в). В данном случае p -индивидами контролируется образование пучков индивидов - по краям p -индивидов возникают боковые индивиды пучков, в том числе имеющие

протяженное основание. На рис. 27, в причлениющиеся боковые индивиды пучка возникают на некварцевых участках стенки, сложенных плагиоклазом и хлоритом. Образование причлениющихся веерообразно разориентированных индивидов можно, по-видимому, связывать с иницированным некварцевой матрицей О-расщеплением стремящегося расшириться *p*-индивида кварца. Как показано ранее, зарождение боковых индивидов пучков может происходить одновременно с зарождением *p*-индивидов и после некоторого роста последних, как на некварцевой матрице, так и на отдельных неблагоприятно ориентированных мелких призальбандовых зернах кварца.

Зарождение преимущественно правильно ориентированных индивидов

При образовании всех рассматриваемых агрегатов (П1, П2, АК, ГК) зарождение индивидов кварца может происходить как на кварцсодержащей, так и на бескварцевой матрице (углеродистой, карбонатной, скоплениях зерен плагиоклаза, хлорита, обломков пород в аркозограувакковых песчаниках, и т.п.). Кристаллографическая ориентировка зарождающихся на бескварцевой матрице индивидов может быть как неупорядоченной, так и упорядоченной – в некоторых случаях, особенно при образовании П1 и П2, на бескварцевой матрице зарождаются преимущественно правильно ориентированные индивиды кварца.

Как отмечено выше, среди индивидов П1-1, возникающих на бескварцевой матрице, правильно ориентированных нередко значительно больше, чем должно быть при случайном распределении ориентировки зародышей. Число растущих непосредственно от зальбанда правильно ориентированных индивидов нередко близко к числу прекративших свой рост у стенки неблагоприятно ориентированных зерен или превышает это число (рис. 27).

При нарастании П1-1 на грани крупных кристаллов кварца среди зародившихся индивидов правильно ориентированных также обычно значительно больше, чем должно было бы быть при образовании П1-1 из беспорядочно ориентированных зародышей (рис. 24, а). На сколах крупных индивидов кварца нередко также происходит зарождение преимущественно правильно ориентированных индивидов (рис. 24, б).

При нарастании П1-1 на субстрат, представленный мелкозернистым кварцем, возникновение преимущественно правильно ориентированных индивидов проявляется в «выборочной» регенерации – зарождении индивидов преимущественно на правильно ориентированных зернах кварца матрицы. В связи с этим правильно ориентированные *p*-индивиды нередко имеют на мелкозернистой кварцевой матрице более широкие основания, чем неправильно ориентированные *p*-индивиды. Один из О-субиндивидов расщепления (обычно наиболее правильно ориентированный) в таких индивидах является регенерационным, а остальные причлениются к нему с боков, несогласно нарастая на зерна кварца матрицы. В данном случае в результате «выборочной» регенерации возникают широкие расщепленные кристаллы правильной ориентировки, которые не могли бы образоваться при регенерационном нарастании индивидов П1-1 на все зерна кварца мелкозернистой матрицы.

Таким образом, изучение строения П1-1 показывает, что среди зарождающихся в основании П1-1 кристаллов нередко сразу преобладают кристаллы с правильной кристаллографической ориентировкой (оси *c* которых ориентированы под большими углами к поверхности субстрата). Это противоречит представлениям о том, что образование П1-1 начинается с возникновения на поверхности субстрата беспорядочно ориентированных кристаллов [Григорьев, 1961; Осинский, 1976].

Зарождение преимущественно правильно ориентированных индивидов, в том числе в виде пучков, может быть связано с высоким [Осинский, 1976] пересыщением растворов при образовании П1-1 – преимущественное зарождение таких индивидов увеличивает скорость

кристаллизации по сравнению с той, которую может обеспечить протекание обычного геометрического отбора. Подобная возникающая без геометрического отбора закономерная ориентировка шестоватых индивидов отмечена в радиальнолучистых кальцитовых сталактитах [Kendall, Broughton, 1978].

Образование преимущественно правильно ориентированных индивидов П1-1 может быть связано как с их преимущественно правильным зарождением на поверхности матрицы, так и с «правильным» нарастанием на матрицу зародышей, образовавшихся в растворе вблизи от матрицы. В тонких каемках П1-1 на поверхностях монокристалльных кварцевых обломков, цементируемых гипидиомофнозернистым ХК, индивиды П1-1 по размерам и форме нередко соответствуют зернам окружающего ХК, то есть могут быть зернами ХК, нарастающими на обломки монокристалльного кварца своей вытянутостью (осью *c*) перпендикулярно поверхности обломков. По-видимому, зародившиеся вблизи от стенки индивиды ХК могли поворачиваться и присоединяться к стенке осью *c* перпендикулярно стенке, образуя индивиды П1-1 (возможность поворотов индивидов ХК в кристаллообразующей среде отмечена ранее при рассмотрении агрегатного угасания в ХК).

Зарождение преимущественно правильно ориентированных индивидов на бескварцевой матрице отмечается и при образовании АК (рис. 11, *a*) и П2. Отдельные группы правильно ориентированных индивидов, зародившихся на бескварцевых участках матрицы (на углеродистом веществе), имеются в П2-1 тени давления возле метакристаллов пирита. Зародившиеся на бескварцевых участках стенок группы правильно ориентированных индивидов встречаются и в жилах П2-2 среди аркозо-граувакковых песчаников.

Особенно характерно зарождение преимущественно правильно ориентированных индивидов в жилах П2-2 в карбонатных породах (рис. 43). В этих жилах основание параллельно-шестоватого агрегата на контакте с карбонатной матрицей нередко представляет собой совокупность располагающихся рядом друг с другом правильно ориентированных шестоватых индивидов с широкими основаниями (рис. 44). Зарождение на карбонатной матрице преимущественно правильно ориентированных шестоватых индивидов кварца приводит к четко выраженной правильной преимущественной ориентировке *c*-осей кварца в жилах П2 среди карбонатных пород (см. рис. 43). Возникающая без геометрического отбора достаточно сильная преимущественная кристаллографическая ориентировка всех или значительной части шестоватых индивидов отмечена и в параллельно-шестоватых агрегатах других минералов [Малеев, 1971; Жабин, 1979].

Рост индивидов

Геометрический отбор

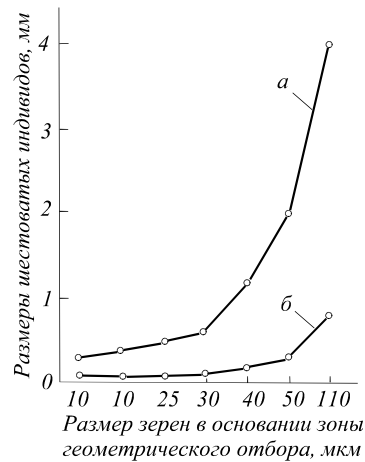
По Г. Г. Леммлейну [1973], геометрический отбор при росте параллельно-шестоватых агрегатов состоит в том, что из числа случайно ориентированных исходно зародившихся кристаллов в процессе роста сохраняются только те, направление наибольшей скорости роста которых (ось *c* для кварца) ориентировано по нормали к обрастаемой поверхности. Из рассматриваемых разновидностей жильных агрегатов наиболее четко геометрический отбор проявлен при образовании П1-1.

Как отмечено А. В. Осинским [1976], в основании П1-1 располагается зона наиболее активного геометрического отбора, которая имеет незначительную мощность и в которой прекращают рост около 80% слагающих ее кристаллов. В этой зоне выживают кристаллы, ориентированные по нормали к поверхности субстрата. Затем идет составляющая основной объем агрегата зона параллельно-шестоватого роста, в которой идет менее интенсивный геометриче-

ский отбор, сопровождающийся постепенным убыванием количества кристаллов в процессе роста.

В изученных нами П1-1 как только разноориентированные зерна, зародившиеся на поверхности субстрата, начинают соприкасаться между собой, правильно ориентированные зерна нередко резко разрастаются в ширину, перекрывая неправильно ориентированные зерна, и на расстоянии от стенки, равном размеру призальбандовых мелких зерен, в агрегате остаются лишь правильно ориентированные индивиды (рис. 27, а). Зона нарастающих на стенку полости призальбандовых мелких зерен имеет в этом случае толщину в 1-2 зерна (рис. 27, а, б). По мере дальнейшего удаления от стенки геометрический отбор приводит к усилению преимущественной ориентировки *c*-осей шестоватых индивидов - в верхней части параллельно-шестоватого агрегата оси *c* выживших индивидов более близко приближаются к нормали к стенке.

Рис. 47. Длина (*a*) и ширина (*б*) шестоватых индивидов в П1-1 с различным размером неблагоприятно ориентированных зерен в основании зоны геометрического отбора.



Размеры шестоватых индивидов кварца в П1-1 изменяются в соответствии с величиной неблагоприятно ориентированных мелких зерен, прекративших свой рост в основании зоны геометрического отбора: в П1-1, состоящих из крупных кристаллов, неправильно ориентированные зерна в основании зоны геометрического отбора крупнее, чем в основаниях маломощных П1-1 (рис. 47). Эти данные соответствуют положению Г. Г. Леммлейна [1973] о том, что чем реже зародыши, ориентированные удобно для роста, распределены на поверхности трещин, тем крупнее в конечном счете вырастут из них кристаллы. По-видимому, при наличии слишком мелких зерен в основании зоны призальбандового геометрического отбора крупные индивиды П1-1 не образуются. Соответствие размеров шестоватых индивидов и мелких зерен в основании зоны геометрического отбора может быть обусловлено влиянием степени пересыщения растворов кремнеземом: образование друз с мелкими кристаллами может быть связано с более высокими пересыщениями растворов по сравнению с образованием друз с крупными кристаллами.

Г. Г. Леммлейн [1973], А. В. Осинский [1976] и другие авторы рассматривают геометрический отбор при одновременном росте множества кристаллов, беспорядочно ориентированных по отношению к поверхности стенки. Но как показано выше, при образовании П1-1 зародыши кристаллов нередко ориентированы не беспорядочно, и среди них значительно большая часть, чем следует из случайного распределения, может приходиться на правильно ориентированные кристаллы. По А. В. Нардову [1986], если исходная ориентация зародышей такова, что направления максимальной скорости роста перпендикулярны к подложке, то возникают агрегаты с плохо проявленной, узкой зоной геометрического отбора; то же наблюдается в П1-1.

Правильная ориентировка индивидов П1-1 обусловлена как геометрическим отбором при росте из разноориентированных зародышей, так и самопроизвольным преимущественно правильным зарождением индивидов. Чаще всего совместно наблюдается то и другое. При переходе от пучков индивидов к участкам параллельно-шестоватого агрегата, состоящим из более строго параллельных друг другу шестоватых индивидов, количество прекративших свой рост в основании агрегата мелких неправильно ориентированных зерен обычно увеличивается (рис. 27, а). Это связано с большей ролью геометрического отбора при образовании агрегатов достаточно строго параллельных индивидов по сравнению с образованием пучков индивидов.

Вдоль простирания жил группы правильно ориентированных индивидов с широкими основаниями могут чередоваться с группами правильно ориентированных индивидов с узкими основаниями (между узкими основаниями индивидов располагаются мелкие выклинивающиеся неправильно ориентированные зерна). Это связано, по-видимому, с тем, что на одних участках стенки возникают лишь редкие правильно ориентированные зародыши, а на других участках той же стенки образуется большое количество разноориентированных зародышей.

Следует отметить, что в единичных локальных участках П1 геометрический отбор может, по-видимому, не проявляться. Например, при образовании П1-1 на монокристалльной кварцевой матрице в основании агрегата иногда возникают отдельные неправильно ориентированные зерна и группы таких зерен, которые не перекрываются смежными правильно ориентированными индивидами (то есть на отдельных локальных участках зальбанда могут возникать лишь неправильно ориентированные зародыши кварца). В процессе роста параллельно-шестоватого агрегата на эти зерна нарастают другие неправильно ориентированные зерна, и так далее, в результате чего между правильно ориентированными шестоватыми индивидами П1-1 возникает поперечная к зальбандам полоса неправильно ориентированных зерен (сходные возникающие в процессе роста полосы мелкозернистого кварца между шестоватыми индивидами отмечены А.А. Кораго и А.В. Козловым [1988]).

Геометрический отбор может протекать и при образовании П2-2 [Raybould, 1975; Сох, Etheridge, 1983], в том числе при мелкоритмичном характере раскрытия трещины, сопровождающемся отщеплением с поверхности зальбанда тонких пленок породы (рис. 42).

При росте П2-2 геометрический отбор проявляется в том, что по мере удаления от стенок правильно ориентированные шестоватые индивиды нередко все более увеличиваются в ширину, перекрывая отдельные неправильно ориентированные индивиды, в силу чего агрегат приобретает более правильную ориентировку *c*-осей. Нередко правильную ориентировку имеют главным образом шестоватые индивиды, а неправильную – мелкие призальбандовые зерна между основаниями шестоватых индивидов.

Геометрический отбор в данном случае обусловлен постепенным разрастанием в ширину правильно ориентированных индивидов в последовательно образующихся микропрожилках. Возможность такого разрастания во многом связана с тем, что тонкие пленки породы, в силу обычно нарушенной их сплошности, не являются препятствием для регенерации располагающихся под этими пленками зерен кварца.

В отличие от геометрического отбора при образовании П1, в данном случае в процессе роста наряду с правильно ориентированными выживают и отдельные неправильно ориентированные шестоватые индивиды – в образующемся параллельно-шестоватом агрегате наряду с преобладающими правильно ориентированными шестоватыми индивидами имеются и отдельные неправильно ориентированные шестоватые индивиды (см. рис. 40-42).

Метрический отбор

Представляет собой такое взаимодействие индивидов при росте, которое определяется размерами затравок – чем больше размеры затравки, тем выше скорость роста и, соответственно, больше размеры возникающего на этой затравке индивида [Кораго, Козлов, 1988]. А. В. Осинским [1976, 1992] подобное явление описано в друзах 2 типа, где неправильно ориентированные кристаллы, образовавшиеся на крупных затравках, могут подавлять рост индивидов, ориентированных более выгодно с точки зрения геометрического отбора, но возникших на мелких затравках. Рассмотрим соотношения между мелкими и крупными индивидами при регенерации монокристалльных кварцевых поверхностей и при нарастании жильных кварцевых агрегатов на матрицу, представленную аркозо-граувакковым песчаником.

Мелкие зерна на регенерируемой монокристалльной кварцевой поверхности

На стенках монокристалльных кварцевых прожилков, образующихся при заполнении трещин в монокристалльной кварцевой матрице (в индивидах крупнокристаллического жильного кварца), иногда имеются отдельные мелкие (в том числе идиоморфные) зерна кварца иной, чем монокристалльная матрица, кристаллографической ориентировки. Их образование может быть связано с регенерацией присутствующих в монокристалльной матрице включений зерен кварца другой ориентировки (рис. 2) и с возникновением на стенках отдельных разориентированных по отношению к матрице зародышей кварца (рис. 4).

Образование на стенках монокристалльных кварцевых прожилков разориентированных по отношению к матрице зародышей кварца особенно часто происходит в тех прожилках, которые возникают при заполнении сколовых трещин в монокристалльной матрице. Стенки таких трещин смещались относительно друг друга (иногда на расстояния, до 10 раз превышающие расстояния между стенками трещин). Эти смещения нередко сопровождалось возникновением у стенок осколков кварцевой матрицы, имеющих несколько отличную от матрицы (на угол до первых десятков градусов) ориентировку c -осей, обусловленную сдвигом по трещине (см. рис. 3, Б).

Эти осколки матрицы могут служить в монокристалльных прожилках зародышами призматических мелких зерен, которые повторяют кристаллографическую ориентировку осколков матрицы, то есть обладают преимущественной ориентировкой c -осей, определяемой знаком сдвига по жилловмещающей трещине. В случае, изображенном на рис. 4, Б, изменение направления c -осей мелких зерен по отношению к c -оси матрицы соответствует образованию жилловмещающей трещины при правом сдвиге (верхняя стенка смещалась слева направо, а нижняя – в противоположном направлении). Субзерна, присутствующие в прожилке вместе с мелкими зернами и характеризующиеся переориентировкой c -оси в том же направлении относительно матрицы, что и мелкие зерна, но на меньшие углы, образовались, по-видимому, на возникших при сдвиге более слабо переориентированных зародышах.

Независимо от способа своего образования и кристаллографической ориентировки, возникшие на поверхности монокристалльной матрицы зерна кварца иной, чем эта матрица, ориентировки, всегда перекрываются регенерационным кварцем, нарастающим на основную монокристалльную матрицу. Как можно заключить из рис. 2, регенерация зерна кварца другой ориентировки, образующего включение в монокристалльной матрице, сначала идет вместе с образованием субиндивидов регенерации на поверхности монокристалльной стенки. Но как только эти субиндивиды приходят в соприкосновение друг с другом, регенерация зерна другой ориентировки прекращается и растет лишь p -кварц, нарастающий на основную монокристалльную матрицу.

Аналогично перекрываются *p*-кварцем появившиеся на поверхности монокристалльной матрицы мелкие зерна и в других случаях (рис. 4). На мелкие разноориентированные зерна кварца, образовавшиеся на загрязненных пылевидными минеральными примесями участках монокристалльных кварцевых стенок в прожилках иногда сначала нарастают несколько более крупные разноориентированные кристаллики кварца, а уже затем происходит заполнение основного объема прожилка монокристалльным *p*-кварцем, повторяющим ориентировку матрицы.

Вышеописанная цементация основным *p*-кварцем мелких зерен иной, чем монокристалльная матрица, ориентировки показывает, что регенерация монокристалльной матрицы сначала, по-видимому, несколько запаздывает по отношению к образованию мелких разноориентированных зерен кварца, а затем ее скорость резко возрастает и становится значительно больше скорости роста мелких зерен. Это соответствует данным А. М. Асхабова [1979], о первоначально медленном протекании регенерации, за которым затем следует резкое возрастание скорости регенерации.

Мелкие приальбандовые зерна, образовавшиеся до отложения основного *p*-кварца, могут иметь форму выросших на монокристалльную стенку правильных идиоморфных кристалликов (рис. 4, А). В других случаях мелкие зерна, по-видимому, росли совместно с основным *p*-кварцем и имеют поэтому неправильную или частично ограненную форму (рис. 4, Б). Цементация *p*-кварцем идиоморфных кристалликов кварца свидетельствует о том, что скорость регенерации превышает скорость роста граней этих кристалликов. Это соответствует данным А. М. Асхабова [1979] о резком (в несколько раз) превосходстве скорости регенерации над скоростью роста граней кристаллов.

Основной *p*-кварц может иметь как более, так и менее правильную кристаллографическую ориентировку по сравнению с цементируемыми мелкими кристалликами. Это отвечает данным А. М. Асхабова [1979] о том, что от кристаллографической ориентировки скорость роста регенерационных поверхностей зависит мало.

Наблюдаемые при регенерации монокристалльной кварцевой матрицы соотношения между основным *p*-кварцем и имеющимися на поверхности матрицы мелкими разноориентированными зернами кварца в определенной степени сходны с соотношениями между ростом граней кристаллов кварца и образовавшихся на этих гранях мелких кристалликов в кварцевых присыпках по зонам роста (рис. 14). В этом случае рост подстилающей мелкие кристаллики грани матрицы, сопровождающийся цементацией мелких кристалликов крупным кристаллом, происходит не сразу после появления кристалликов на грани, а сначала имеет место некоторый рост мелких кристалликов, и лишь после этого начинается рост грани крупного кристалла и цементация мелких кристалликов. При этом нет признаков одновременности роста грани и мелких кристалликов – происходит смена роста мелких кристалликов ростом грани крупного кристалла. По А. М. Асхабову [1979], выпадение на грани микрокристалликов должно ускорять рост этих граней; в данном случае если такое ускорение и происходит, то через некоторый промежуток времени после появления на грани мелких кристалликов, за которой эти кристаллики успевают несколько вырасти.

Возрастание скорости регенерации происходит, по А. М. Асхабову [1979], после завершения формирования на регенерируемой поверхности «холмистого рельефа» (в момент слияния отдельных субиндивидов регенерации в единую поверхность регенерации). Подобно этому в случае, изображенном на рис. 2, резкое разрастание основного регенерационного кварца, нарастающего на монокристалльную матрицу, сопровождающееся перекрытием зерна кварца другой ориентировки, начинается именно в момент соприкосновения между собой первоначально образовавшихся субиндивидов регенерации.

Наблюдаемое на рис. 4, Б перекрытие мелких зерен субзернами, а затем последних основным *p*-кварцем показывает, что сначала прекращают свой рост мелкие зерна, возникшие на наиболее сильно переориентированных зародышах (их рост обычно заканчивается тем раньше, чем сильнее они отклоняются по ориентировке от матрицы), затем более крупные слабее переориентированные блоки, а после этого отлагается основной *p*-кварц, ось *c* которого ориентирована в более точном соответствии с матрицей.

Присутствующие в *p*-кварце монокристалльных прожилков отдельные слабо переориентированные фрагменты матрицы сначала окружаются каймами регенерации, а затем цементируются нарастающим на стенки прожилка основным *p*-кварцем (рис. 3, Б).

Подобные соотношения наблюдаются и при заполнении кварцем прерывисто раскрывающейся трещины в монокристалльной кварцевой матрице (при образовании П2). Например, если жила П2-1 пересекает монокристалльный участок матрицы с включениями мелких разноориентированных зерен кварца, то на стенке жилы на эти зерна иногда сначала нарастают мелкие призальбандовые *p*-зерна, затем последние перекрываются крупными клиновидными блоками, близкими по ориентировке к монокристалльной матрице, а эти блоки, в свою очередь, перекрываются основным *p*-индивидом, нарастающим на монокристалльную матрицу (подобно рис. 4, Б).

При пересечении жилой П2-1 неоднороднозернистой кварцевой матрицы крупные *p*-индивиды могут разрастаться вдоль стенки, перекрывая своими основаниями вскрытые трещиной мелкие зерна кварца матрицы. В связи с этим жила П2-1 в месте пересечения неоднороднозернистой кварцевой матрицы может быть сложена лишь индивидами, зародившимися на достаточно крупных зернах кварца матрицы, и не содержит индивидов, зародившихся на мелких зернах кварца матрицы. Эти и другие рассмотренные выше соотношения между индивидами находятся в соответствии с принципом метрического отбора.

Жилы в песчаниках

Известно, что при образовании регенерационного кварцевого цемента в песчаниках на крупных обломках кварца регенерация происходит значительно интенсивнее, чем на мелких обломках кварца, а обломки микрозернистых кварцевых пород нередко при этом вообще не подвергаются регенерации [Heald, 1950; James et al., 1986]. То же отмечается при регенерации кварца в экспериментах по цементации песков: регенерация монокристалльных обломков кварца происходит значительно быстрее, чем регенерация обломков той же величины, сложенных микрозернистым кварцем; с уменьшением размеров зерен кварца в микрозернистых кварцевых обломках скорость их регенерации все более уменьшается [Heald, Renton, 1966].

Подобные соотношения наблюдаются и в изученных кварцевых жилах (АК, ГК, П1,2), залегающих среди аркозо-граувакковых песчаников. Мелкие зерна кварца, имеющиеся в пересекаемых стенками жил обломках микрозернистых кварцосодержащих пород (алевропелитовых и кремнистых осадочных пород, основной массы вулканических пород кислого состава и др.), присутствующих в песчаниках, чаще всего не подвергаются регенерации, а перекрываются основаниями тангенциально разрастающихся *p*-индивидов кварца, зародившихся на смежных зернах обломочного кварца.

В тех относительно редких случаях, когда на мелких зернах кварца, входящих в состав обломков микрозернистых пород, в стенке жилы зарождаются отдельные мелкие кварцевые *p*-индивиды, эти индивиды также перекрываются (вместе с бескварцевыми участками матрицы) основаниями тангенциально разрастающихся более крупных смежных *p*-индивидов кварца. Подобным образом перекрываются основаниями смежных *p*-индивидов и мелкие разноориентированные зерна кварца, самопроизвольно зародившиеся на бескварцевых участках матрицы.

Перекрывающие *p*-индивиды могут иметь как более, так и менее правильную ориентировку по сравнению с перекрываемыми мелкими кварцевыми зернами. Аналогичные соотношения наблюдаются, если мелкие индивиды зарождаются не на обломках микрозернистых кварцевых пород или на бескварцевых участках матрицы, а на обломочных зернах кварца матрицы.

При прерывистом раскрытии жильных полостей в процессе образования П2 подобное перекрытие возникших на стенке мелких индивидов *p*-кварца тангенциально разрастающимися основаниями более крупных *p*-индивидов может повторяться многократно, приводя к образованию многочисленных включений мелких зерен кварца в более крупных шестоватых индивидах; если мелкие кварцевые индивиды последовательно возникают при регенерации одного и того же зерна кварца матрицы, то в шестоватых кварцевых индивидах могут возникать цепочки мелких кварцевых зерен, имеющих одинаковую кристаллографическую ориентировку, повторяющую ориентировку регенерируемого зерна матрицы (рис. 35, *г*).

В некоторых случаях мелкие зерна кварца матрицы и мелкие призальбандовые зерна жильного кварца не перекрываются более крупными смежными индивидами. Например, если в пересекаемой кварцевым прожилком достаточно крупнозернистой кварцевой матрице имеются отдельные участки значительно более мелкозернистого кварца, то в местах пересечения этих участков регенерации кварца в прожилке иногда практически не происходит (подобно тому, как не регенерируются микрозернистые кварцевые обломки в песчаниках [Heald, 1950; James et al., 1986]) и в эти участки не распространяются смежные более крупные индивиды, в силу чего в данных местах прожилков образуются не заполненные кварцем полости.

Микропрожилки в песчаниках в местах пересечения присутствующих в песчаниках обломков пород иногда на всю мощность сложены мелкими кварцевыми зернами (зародившимися на обломках пород и/или внутри полостей, оставшихся в местах пересечения микропрожилками обломков пород после регенерации обломочного кварца в смежных частях микропрожилков). Неоднократное повторное образование мелких зерен кварца на обломках породы (или на ранее образованных мелких зернах) может приводить к образованию в П2 (в относительно маломощных жилах) полос мелкозернистого кварца между шестоватыми индивидами (подобных отмеченным А. А. Кораго и А. В. Козловым [1988]).

Соотношения между регенерацией и ростом индивидов П1

Соотношения между регенерацией монокристалльной кварцевой матрицы и ростом на этой матрице индивидов П1-1 отличны от рассмотренных выше соотношений регенерации монокристалльной матрицы и роста на ней отдельных разноориентированных зерен кварца. Рост индивидов П1-1 идет одновременно с регенерацией со скоростью, близкой к скорости регенерации или превышающей ее. Об этом свидетельствует приуроченность *p*-кварца к промежуткам между клиновидными основаниями индивидов П1-1 и переходы П1-1 вдоль простирания прожилков в участки *p*-кварца такой же мощности (рис. 24, *б*). Это противоречит данным А. М. Асхабова [1979] о больших скоростях роста регенерационных поверхностей по сравнению с ближайшими к ним сингулярными гранями. В условиях образования П1-1 эти скорости, по-видимому, отличаются мало.

Подобно этому, при нарастании П1-1 на грани призмы и ромбоэдра кристаллов кварца (рис. 24, *а*) индивиды П1-1 растут вместе с гранью матрицы; в процессе роста выживают все более расширяющиеся правильно ориентированные индивиды П1-1, а участки роста матрицы (на рис. 24, *а* – грани призмы) выклиниваются, занимая промежутки между клиновидными основаниями индивидов П1-1. Таким образом, рост между основаниями индивидов П1-1 сингулярных граней (ромбоэдра и призмы) и регенерация несингулярных поверхностей между основаниями индивидов П1-1 приводят к одинаковому результату. Это также, по-видимому,

свидетельствует в пользу того, что в условиях образования П1-1 скорости регенерации несингулярных поверхностей и скорости роста сингулярных граней отличаются мало.

Таким образом скорость роста индивидов П1-1 значительно превышает скорость роста граней отдельных идиоморфных кристалликов кварца и имеет значения, соответствующие скоростям роста поверхностей регенерации. Это не является следствием друзового роста индивидов П1-1 – как показывает расположение слоев роста на головках индивидов П1-1, рост этих индивидов обычно идет от их вершин (то же отмечено А. В. Осинским [1992]), а не от стыков между индивидами. По-видимому, эти различия связаны с тем, что индивиды П1-1 по своей природе отличны от нарастающих на монокристалльную матрицу отдельных кристалликов кварца.

Указанные различия можно было бы связывать с особыми условиями образования П1-1, отличающимися от условий образования обычных нерасщепленных индивидов кварца - образование П1-1 происходит при более высоких пересыщениях растворов, чем образование нормальных идиоморфных кристаллов кварца [Осинский, 1976]; этому соответствует расщепленное строение индивидов П1-1 и наличие в кварце П1-1 большого количества структурных примесей. Но иногда с резко различными скоростями могут расти смежные индивиды в одной и той же полости; по А. М. Асхабову [1979], скорость роста сингулярных граней ниже скоростей регенерации несингулярных поверхностей как при низких, так и при высоких пересыщениях растворов. Возможна связь высокой скорости роста индивидов П1-1 с их дефектным строением – расщеплением и наличием густых систем полисинтетических бразильских двойников, но такие же скорости роста, по-видимому, свойственны и граням призмы обычных нерасщепленных кристаллов кварца, если на эти грани нарастает П1-1 (рис. 24, *a*); хотя следует отметить, что кварц, являющийся результатом разрастания грани призмы в промежутках между основаниями индивидов П1-1, в данном случае также, по-видимому, достаточно дефектен – местами наблюдаются его переходы в каймы расщепления на грани призмы.

Постепенные повороты с-оси растущих индивидов кварца

В процессе роста индивиды П1 иногда могут приобретать более "правильное" положение посредством постепенного поворота оси *c* на угол в десятки градусов. Это, например, наблюдается в содержащем отдельные пучки индивидов П1 кварцевом прожилке, стенка которого ориентирована под небольшим углом к оси *c* вмещающей монокристалльной матрицы (рис. 24, *b*). В этом прожилке оси *c* в основаниях некоторых шестоватых индивидов сначала вытянуты в соответствии с ориентировкой оси *c* матрицы - под небольшим углом к стенке, а затем по мере роста и все большего расширения индивиды (и оси *c* в них) плавно поворачиваются (на угол до 45°) в направлении нормали к стенке. Поворот *c*-оси кварца в данном случае происходит в соответствии с изменением направления вытянутости индивидов; это имеет место в ходе совместного роста индивидов П1-1 и *p*-кварца.

Постепенная переориентировка *c*-оси кварца может и не сопровождаться соответствующим изменением формы индивида (его изгибанием). Это наблюдается, например, при объединении в процессе роста нескольких разориентированных между собой шестоватых индивидов в один более широкий (и обычно более правильно ориентированный) индивид. Это объединение происходит за счет плавного поворота в более «правильном» направлении оси *c* одного или нескольких из сливающихся индивидов (рис. 25, *a*; 26, *b*). Подобная постепенная переориентировка оси *c* без изменения направления вытянутости волокон наблюдается и при разрастании халцедона на монокристалльную кварцевую матрицу (рис. 25, *b*).

Аналогичное явление иногда отмечается и при росте индивидов П2. В некоторых случаях *p*-индивиды П2 нарастают на обнажающиеся в стенке жилы зерна породообразующего

кварца не в строгом соответствии с их кристаллографической ориентировкой, а отклоняясь от последней на значительные углы (иногда до 45°). При этом ось c в шестоватом индивиду чаще всего ориентирована ближе к нормали к стенке жилы, чем в зерне породообразующего кварца - то есть шестоватый индивид чаще всего при этом приобретает более правильную ориентировку по сравнению с регенерируемым зерном обломочного кварца (рис. 39). Переход от зерна породообразующего кварца к нарастающему на него индивиду с несколько другой ориентировкой происходит путем плавного поворота оси c и нередко не сопровождается изменением направления вытянутости индивида. Подобные плавные повороты оси c (на угол до 15°) в более правильном направлении (без изменения направления вытянутости индивида) могут происходить и при росте шестоватых индивидов на удалении от стенки.

Расщепление кварца

Расщепление кварца отмечается в жилах, которые образуются при свободной кристаллизации кварца в полостях: П1-1 и ХК (рис. 1, 17, 21, 24, 27) всегда, а П1-2 часто (рис. 28) сложены расщепленным кварцем. В АК, ГК и в свободно росших кристаллах кварца расщепление отмечается реже и приурочено преимущественно к периферическим частям индивидов (к наружным зонам роста по основным, острейшим ромбоэдрам и гексагональной призме - рис. 20). В параллельно-шестоватых агрегатах 2 типа, формировавшихся в ходе постепенного раскрытия жилонмещающих трещин, расщепления кварца не наблюдается.

Расщепление связано, по-видимому, с присутствием в кварце повышенных количеств структурных примесей. Об этом свидетельствуют резко повышенные по сравнению с горным хрусталем и нерасщепленными разновидностями жильного кварца значения параметров кристаллической решетки расщепленного кварца (рис. 48; измерено В. И. Кайновым и С. Г. Сустановым по методике, описанной в работе В. И. Кайнова [1970]; точность определений $\pm 0,0005 \text{ \AA}$). Повышенные значения параметров кристаллической решетки подобного расщепленного гребенчатого кварца отмечены также В. И. Кайновым [1970], Н. Ф. Картенко и др. [1971], В. С. Мельниковым и др. [1979], Г. Т. Тумуровым (близповерхностное золоторудное месторождение Забайкалья).

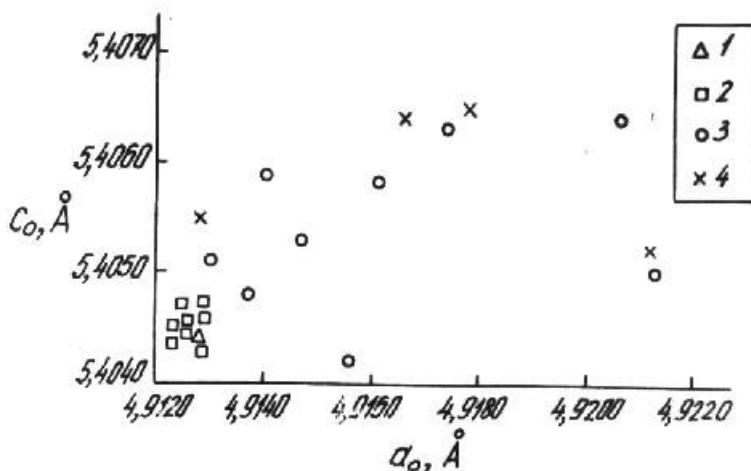


Рис. 48. Параметры кристаллической решетки кварца: 1 - горный хрусталь (Кожимское месторождение), 2 - нерасщепленный молочно-белый АК (Верхне-Индигирский и Куларский районы), 3 - расщепленный кварц П1-1 (экзоконтакт Беккемского гранитного массива, месторождения Эргелях, Аид, район месторождения Альфа); 4 - халцедоновидный кварц (экзоконтакты Самырского и Право-Арангасского гранитных массивов, месторождение Аид)

На ИК-спектрах расщепленного П1-1 отмечается поглощение в области 3375 см^{-1} , соответствующее ОН-алюминиевым дефектам, а также интенсивная ОН-литиевая [Павлишин, 1983] полоса 3470 см^{-1} , что свидетельствует о наличии заметного количества структурной примеси лития в кварце. Более высокая интенсивность ОН-литиевой полосы поглощения по сравнению с ОН-алюминиевой — признак относительно низкой [Павлишин, 1983] температуры кристаллизации кварца, что соответствует результатам гомогенизации флюидных включений в П1-1 ($170\text{--}240^\circ$, месторождение Эргелях [Суставов, 1990, б]); следует отметить, что по А. В. Осинскому [1968] и П. Викре [Vikre, 1985], наружные расщепленные зоны роста кристаллов кварца отлагались при температурах, на десятки градусов более низких, чем нерасщепленные части тех же кристаллов.

Если считать, по данным И. В. Каменцева [1963], что приращение параметра a связано со структурными примесями щелочного металла (в данном случае, по результатам ИК-спектроскопии – лития), а параметра c – алюминия, то в рассматриваемом кварце около 0,1% структурной примеси лития и примерно столько же алюминия. К этим значениям близки значения содержания тех же элементов в аналогичном кварце по спектрохимическим, радиографическим определениям, температурам инверсии, ЭПР (до 0,04-0,08% лития и до десятых долей процента алюминия) [Baumbauer, 1961; Долманова и др., 1972, 1976; Мельников и др., 1979; Бендик, 1986; Горячев, 1992].

Структурные примеси лития и алюминия в индивидах П1-1 распределены неравномерно [Долманова и др., 1976], что должно приводить к гетерометрии кристаллической решетки и расщеплению кристаллов [Пунин, 1983] (тем же может быть вызвана некоторая диффузность рентгеновских отражений [Картенко и др., 1971] и двуосность кварца [Baumbauer, 1961]). По данным М. И. Самойловича и др. [1987], присутствием структурных примесей лития и алюминия облегчается и образование в кварце бразильских двойников. Это соответствует наблюдающейся связи расщепления и двойникового по бразильскому закону [Леммлейн, 1973] и подтверждает положение о том, что захват кристаллами примесей — общее условие расщепления и ростового двойникового [Пунин, 1983].

Тяготение расщепления к периферическим частям индивидов П1-1 и отсутствие расщепления (и флюидных включений) в окрестностях линий нарастания вершин и местами возле поверхностей нарастания ребер (рис. 22, в) индивидов П1-1 может быть связано с более благоприятными условиями роста вершин и ребер — в головках кристаллов слои роста распространяются от вершин; по данным А. А. Чернова (1980), накопление отесняемых гранями примесей также происходит на некотором удалении от вершин. Примеси, возможно, отеснялись во входящие углы между головками кристаллов и вызывали расщепление, а вершины индивидов (и О-субиндивидов) выступали в чистый раствор и росли нерасщепленными. Периферическое положение Н-субиндивидов определяется и их ростом в направлении нормалей к граням ромбоэдров.

Расщепление индивидов указывает на высокое пересыщение кристаллообразующих растворов [Пунин, 81]. Это соответствует данным А. В. Осинского [1976] об образовании П1-1 из пересыщенных кремнеземом растворов (П1-1 сложены расщепленным кварцем). На кристаллизацию наиболее сильно расщепленного кварца – халцедоновидного – из резко пересыщенных кремнеземом растворов указывает Р.Фурнье [Fournier, 1985] (малый размер индивидов ХК обусловлен, по-видимому, тем, что при его кристаллизации в резко пересыщенном растворе происходит одновременное образование очень большого числа зародышей).

О высоком пересыщении растворов свидетельствует, по-видимому, и то, что расщепление происходит в условиях, близких к условиям отложения халцедона (по А. А. Годовикову и др. [1987], К. Фронделю [Frondel, 1985], образование халцедона происходит при более высо-

ких пересыщениях растворов кремнеземом, чем образование кварца). На месторождении Аид отложение расщепленного кварца в наружных зонах роста (по ромбоэдру) свободно росших кристаллов кварца иногда предваряется и неоднократно прерывается отложением в основаниях этих зон колломорфных и сферолитовых агрегатов халцедона. Корки халцедона могут переходить в полосовидные скопления тонких минеральных включений, на которых начинается расщепление наружных зон роста. Причем на одни грани ромбоэдра кристалла нарастает халцедон, а на других гранях ромбоэдра того же кристалла при этом образуются расщепленные зоны роста. По А. А. Годовикову и др. [1987], при нарастании халцедона на кварц можно наблюдать расщепление граней кристаллов кварца и постепенный переход от них к халцедоновому слою.

Так как халцедон образуется в более кислой среде, чем кварц [Попов, 1984], то расщепленный кварц, тесно связанный с халцедоном, по-видимому, возникает в более кислой среде, чем нерасщепленный кварц, для которого не отмечается совместного отложения с халцедоном. Этому соответствует нередкое присутствие в агрегатах расщепленного кварца диккита [Глазова, 1985; Суставов, 1991]. Тому же, по-видимому, отвечает и наличие в расщепленном кварце, как и в цитрине (В. В. Буканов, 1969), лития – наиболее кислотофильного из щелочных катионов (А. А. Маракушев, 1982).

В условиях повышенной кислотности кварцобразующие растворы являются, как правило, коллоидными [Павлишин, 1983], то есть обладают присущей таким растворам повышенной вязкостью, способствующей расщепленному росту [Пунин, 1981].

Высокой вязкости растворов отвечает постоянное присутствие в агрегатах расщепленного кварца «взвешенных» кластогенных примесей — обломков горных пород, ранних разновидностей жильного кварца, рудокластов пирита (возникших при дроблении пиритизированных горных пород). Кластогенные примеси могут составлять от первых единиц до десятков процентов объема жильной массы (см. рис. 19, в). Встречаются как достаточно крупные обломки, так и тонкие взвеси пылевидной размерности, причем преобладают обломки не крупнее десятых долей миллиметра. При образовании П1-1 раствор, по-видимому, был более чистым, чем при образовании ХК, и содержал более крупные обломки пород. В ХК, для которого особенно характерна густая насыщенность мельчайшими обломочными минеральными примесями, нередко наблюдаются отдельные обтекающие крупные обломки пород «струи», границы которых отмечены полосками концентрации мелкообломочного материала.

Среди находящихся в П1-1 и ХК кластогенных примесей иногда встречаются обломки пород, которые отличаются по составу или же по характеру и степени метасоматических изменений от ближайшего окружения данного жильного тела. Например, в жилках ХК, секущих чистый крупнокристаллический кварц, могут присутствовать обломки пород; в жилках ХК, располагающихся в сильно серицитизированных дацитах, наблюдаются обломки почти неизменной крупнозернистой основной массы дацита, и т.п. Некоторые из располагающихся в ХК рядом друг с другом разнотипных обломков в исходном залегании были значительно разобщены между собой. Эти факты свидетельствуют о том, что кварцобразующий раствор поступал в жильную полость после некоторого перемещения, в ходе которого он захватывал продукты дробления на участках, удаленных от данной полости. На перенос обломочного материала указывает и округлая форма некоторых обломков. Наибольшее перемещение было свойственно тем растворам, из которых кристаллизовался относительно чистый ХК: кластогенные примеси особенно разнообразны и инородны по составу в том случае, когда их количество в ХК относительно невелико.

Наличием включений разнообразного обломочного материала, в том числе инородных обломков, не соответствующих составу вмещающих пород, а также морфологией и условиями

залегания жильные тела с ХК сходны с гидротермальными инъекционными брекчиями с ХК [Калинин и др., 1986; Sillitoe, 1985], широко распространенными в районах развития приповерхностного оруденения. По данным ряда авторов [Sillitoe, 1985; Fournier, 1985], гидротермальными инъекционными брекчиями с ХК формируются на небольших глубинах с участием растворов (преимущественно вадозовых), давление которых в исходном резервуаре поднималось выше литостатического (в результате притока магматического тепла и других причин). Разрушив перекрывающий экран, растворы с большой скоростью устремлялись вверх, перенося с собой в том же направлении обломки пород. Падение температуры, давления и дегазация растворов приводили к их резкому пересыщению кремнеземом и отложению ХК. В подобных условиях возникает, по-видимому, и рассматриваемый ХК.

По Р.Фурнье [Fournier, 1985], образующие ХК наиболее богатые кремнеземом быстро перемещающиеся растворы поступают из наиболее высокотемпературных глубинных участков гидротермальной системы. Образование же более крупнокристаллического частично расщепленного кварца (П1-1) связано, по-видимому, с замедлением движения растворов при частичном залечивании гидротермальной системы [Ahmad, 1987].

Постепенное раскрытие полостей при образовании П2

Прерывистое и плавное раскрытие полостей

По данным ряда авторов [Григорьев, 1961; Ramsay, Huber, 1983, 1987; Осинский, 1992], образование П2 протекает в процессе постепенного приоткрывания жиловмещающих полостей, которые происходят мелкими толчками с амплитудой в десятые и сотые доли миллиметра.

Сначала полость (трещина) раскрывается на сотые доли миллиметра и заполняется жильными минералами - образуется микропрожилок мощностью в сотые доли миллиметра. Затем внутри или вдоль одного из контактов этого микропрожилка возникает трещина, аналогичная первой. Эта трещина заполняется жильными минералами аналогично первой трещине, в результате чего возникает новый микропрожилок, подобный первому.

Такой процесс образования и заполнения трещин повторяется многократно (при образовании отдельных индивидов П2-3 длиной 1,5 мм могло быть более 200 импульсов раскрытия трещины [Барсуков, 1967]) и в результате формируется жила, представляющая собой совокупность большого числа прилегающих друг к другу своими стенками микропрожилков («crack – seal» [Ramsay, Huber, 1983, 1987] механизм образования жил).

В каждом из последовательно образующихся микропрожилков жильные минералы регенерационно нарастают на одни и те же зерна породообразующих минералов в стенке жилы или на одни и те же зерна минералов ранее образованных микропрожилков. Поэтому жила оказывается сложенной индивидами жильных минералов, вытянутыми поперек простирания микропрожилков, то есть поперек стенок жилы (параллельно-шестоватый агрегат 2 типа - П2). Длина индивидов определяется числом и амплитудой раскрытий жиловмещающей полости - при каждом акте раскрытия длина шестоватых индивидов увеличивается на величину, равную мощности образующегося микропрожилка.

В силу того, что жила представляет собой совокупность микропрожилков, строение параллельно-шестоватого агрегата (П2), образующего такую жилу, во многом определяется строением отдельных микропрожилков [Осинский, 1992].

Ширина шестоватых индивидов кварца определяется степенью разрастания *p*-индивидов кварца в отдельных микропрожилках относительно регенерируемых зерен обломочного кварца или индивидов кварца ранее образованных микропрожилков. В жилах П2-1, зале-

гающих среди аркозо-граувакковых песчаников, ширина индивидов кварца определяется степенью разрастания p -индивидов кварца в микропрожилках относительно регенерируемых зерен обломочного кварца (см. рис. б). При отсутствии или незначительности такого разрастания ширина шестоватых индивидов в жилах соответствует размерам зерен обломочного кварца [Cox, Etheridge, 1983], а если такое разрастание значительно, ширина шестоватых индивидов превышает размер зерен обломочного кварца (см. рис. 32).

Так как альбит, регенерационно нарастающий в микропрожилках на зерна породообразующего плагиоклаза, шире этих зерен, в отличие от кварца, обычно не разрастается (рис. б, 33), шестоватые индивиды альбита обычно имеют меньшую ширину, чем шестоватые индивиды кварца.

В последовательно возникавших микропрожилках степень соответствия ширины p -индивидов размерам регенерируемых зерен породообразующего кварца обычно изменяется мало. С этим связано нередкое постоянство ширины шестоватых индивидов от одной стенки жилы до другой. Имеющиеся небольшие колебания ширины p -индивидов в последовательно образующихся микропрожилках приводят к зубчатости продольных границ шестоватых индивидов [Ramsay, Huber, 1983] (рис. 32, 35); толщина зубцов на продольных границах шестоватых индивидов, как и в местах пересечения микропрожилками границ зерен породообразующего кварца и плагиоклаза (рис. б), во многих случаях отвечает мощностям отдельных микропрожилков. Зубчатость границ шестоватых индивидов, по-видимому, отражает и неровности границ p -индивидов в отдельных микропрожилках (см. рис. б, б; 5, б).

Как и в микропрожилках, зубчатость обычно свойственна границам между достаточно сильно разориентированными между собой шестоватыми индивидами П2, а границы между слабо разориентированными шестоватыми индивидами обычно ровные (такие границы наблюдаются в некоторых П2-2, характеризующихся достаточно сильной преимущественной ориентировкой c -осей). Это показывает, что колебания тангенциального разрастания смежных индивидов вдоль стенок микропрожилков при достаточно резкой разориентировке смежных индивидов более значительны, чем при близкой ориентировке этих индивидов.

Поперечные блоки в шестоватых индивидах образуются при не совсем точном соответствии кристаллографической ориентировки p -индивидов кварца в отдельных микропрожилках кристаллографической ориентировке регенерируемой матрицы (см. рис. б, б) - толщина параллельных стенкам жилы полосовидных субиндивидов часто соответствует мощностям отдельных микропрожилков. *Полоски флюидных включений*, располагающиеся параллельно зальбандам в соответствии с краями зубцов на границах шестоватых индивидов, фиксируют собой положение границ отдельных микропрожилков (рис. б, б, г).

Если в ходе образования жилы последовательно возникающие трещины образуются в породе, не совсем точно прилегая к стенке ранее образованной части жилы, то в процессе увеличения мощности жилы в нее захватываются параллельные стенкам тонкие (преимущественно толщиной в сотые доли мм) *полосовидные включения* ("пленки" [Суставов, 1989, б]) при-зальбандовой породы (inclusion bands [Ramsay, Huber, 1987]). Расстояния между смежными полосовидными включениями породы в жиле (чаще всего 0,01– 0,02 мм) отвечают амплитудам раскрытия трещин (мощностям микропрожилков). Подобным образом образуются иногда присутствующие в некоторых шестоватых индивидах альбита вытянутые параллельно стенке жилы фрагменты зерен породообразующего плагиоклаза (рис. 33; 35, а).

При образовании П2, не содержащих пленок породы, повторные разрывы, по-видимому, происходили строго вдоль контакта ранее образованной части жилы (см. рис. 35) или внутри нее. На рис. 33 при образовании одного из нижних прожилков трещина в одном

месте шла на некотором удалении от ранее образованного прожилка, а в другом месте – непосредственно вдоль стенки ранее образованного прожилка.

Своей формой пленки породы обычно повторяют неровности стенки жилы [Петрунь, 1954]. Нередко отмечаемые в осевых частях правильно ориентированных шестоватых индивидов П2-2 и Р2-3 выпуклости пленок породы (рис. 42, 46) отвечают углублениям (ямкам) в зальбандах, соответствующим вершинам шестоватых индивидов П2-2 и П2-3 (см. рис. 46, в) - при образовании этих индивидов происходило последовательное образование и заполнение трещин, повторяющих форму ямок. Приуроченность границ индивидов П2-2 и П2-3 к краям углублений в зальбанде обусловлена, по-видимому, геометрическими соотношениями при росте, которые требуют, чтобы границы индивидов, заполняющих пространство в подобных условиях, фиксировались на выступах стенки [Нардов, 1986; Urai et al., 1991]. Резкие перерывы или прерывание пленок породы на границах между индивидами показывает, что их отрыв с поверхности стенки в этих местах затруднен. Форма иногда располагающихся вдоль границ индивидов единичных линзовидных включений породы (рис. 46, г) показывает, что они, по-видимому, возникают в результате периодических срывов выступов, разделявших в стенке жилы углубления, соответствующие осевым частям индивидов.

По точкам нахождения одного и того же характерного элемента рельефа стенки жилы (например, резкой неровности стенки) в серии последовательно отрывавшихся пленок породы можно судить о направлении раскрытия трещин при образовании жилы. Это направление обычно оказывается строго прямолинейным и параллельным удлинению шестоватых индивидов, в том числе при их косо ориентировке по отношению к стенке жилы.

Цепочки зерен (inclusion trails [Ramsay, Huber, 1983]) альбита, кварца, карбоната в осевых частях шестоватых индивидов кварца (рис. 35) характеризуются соответствием положения составляющих их зерен отдельным пленкам породы, то есть расстояния между зернами в цепочках соответствуют амплитудам раскрытия отдельных трещин (мощностям микропрожилков). По Дж. Рэмзи [Ramsay, Huber, 1983], каждое из зерен цепочки первоначально регенерационно нарастало на соответствующее зерно породообразующего минерала в стенке жилы, а затем в результате образования и заполнения последующих трещин вдоль данной стенки оказалось внутри жилы.

Цепочки зерен кварца в осевых частях шестоватых индивидов кварца (рис. 35, г) образуются, если в стенке каждого из последовательно образующихся микропрожилков основание широкого *p*-индивида кварца перекрывало мелкое *p*-зерно кварца другой ориентировки, зарождавшееся во всех микропрожилках на одном и том же зерне кварца матрицы.

Так как в микропрожилках регенерационные нарастания альбита обычно имеют меньшую ширину, чем регенерируемые зерна плагиоклаза (рис. 6, а), зерна альбита в цепочках обычно уже регенерируемых обломочных зерен плагиоклаза. Наличие в основаниях некоторых зерен альбита в цепочках вытянутых параллельно зальбанду фрагментов зерен породообразующего плагиоклаза показывает, что в этих случаях срыв зерен альбита со стенки происходит вместе с небольшим количеством породообразующего плагиоклаза. Иногда отмечается, что границы зерен в цепочках ориентированы под углом к зальбанду жилы (рис. 35); это может быть обусловлено последовательным срывом зерен альбита со стенок ямок в зальбанде.

Образование цепочек, сложенных зернами альбита с ограниченными головками, ориентированными в одну сторону (рис. 35), может происходить, если при возникновении каждой новой трещины с одного и того же зерна породообразующего плагиоклаза, служащего зародышем, срывались (подобно тому, как это описано для чешуек слюды [Cox, Etheridge, 1983]) нараставшие на это зерно ограниченные регенерационные кристаллы альбита (рис. 49).

Как и по совокупности последовательно срывающихся пленок породы, по конфигурации цепочек зерен может быть определена «траектория» раскрытия полости - линия, показывающая последовательные положения какой-либо точки перемещающейся стенки по мере раскрытия полости. Эта траектория при ее определении по цепочкам зерен (как и при определении по пленкам породы) обычно оказывается четко прямолинейной.

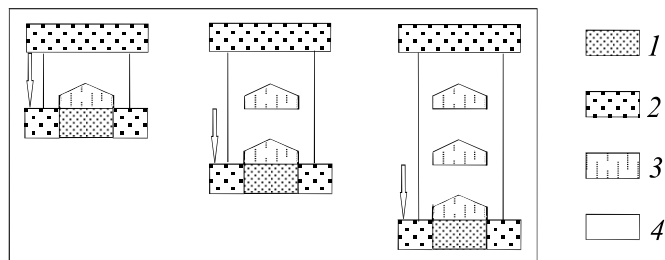


Рис. 49. Модель образования цепочки зерен альбита в осевой части шестоватого индивида кварца при приоткрываниях по нижней стенке прожилка (стрелки – направление и амплитуда перемещения стенки): 1 – порообразующий плагиоклаз, 2 – прочие компоненты песчаника, 3 – жильный альбит, 4 – жильный кварц.

Таким образом, прерывистость раскрытия жилонмещающих трещин может приводить к зубчатости границ шестоватых индивидов, образованию в индивидах вытянутых параллельно зальбандам полосовидных субзерен и полосок флюидных включений, а также параллельных стенкам тонких пленок породы и ориентированных вдоль вытянутости шестоватых индивидов цепочек мелких зерен альбита и других минералов. Эти проявления прерывистости раскрытия жилонмещающих трещин нередко отмечаются в П2-1, П2-2 и П2-3. Наблюдаемое иногда присутствие поперечных субзерен и цепочек мелких кварцевых зерен в шестоватых индивидах с ровными границами показывает, что такие границы могут возникать и при прерывистом раскрытии жилонмещающих трещин.

Те участки жил, где имеются цепочки, зубчатые границы, полоски породы, параллельные стенкам субзерна (хотя бы один из этих признаков), можно рассматривать как совокупность микропрожилков. Судя по зубчатости продольных границ индивидов и цепочкам зерен, мощности отдельных микропрожилков, образующих одну и ту же жилу, чаще всего примерно одинаковы - повторяющиеся импульсы раскрытия чаще всего имеют каждый раз примерно одну и ту же амплитуду.

Наряду с четко прерывистым, при образовании П2 иногда отмечается и достаточно плавное раскрытие полостей. Это, например, имеет место при заполнении трещин в тенях давления возле кристаллов пирита [Mugge, 1928; Ramsay, Huber, 1983] и образовании некоторых П2-2. В этом случае в параллельно-шестоватых агрегатах нет зубчатых границ индивидов, систем параллельных стенкам полосовидных субиндивидов и полосок флюидных включений, которые образуются в условиях прерывистого раскрытия полостей. В П2-1 теней давления возле кристаллов пирита отсутствуют и полосовидные включения породы (inclusion bands), а также цепочки зерен вдоль шестоватости; в данном случае это обусловлено как плавностью раскрытия жилонмещающей полости, так и тем, что рост П2-1 в тенях давления происходил при приоткрывании трещин, располагавшихся вдоль границ кристаллов пирита, в то время как полосовидные включения породы и цепочки зерен возникают при раскрытии жилонмещающих трещин на контакте жилы с вмещающей породой.

Достаточно плавное раскрытие жилонмещающих полостей может происходить, если последовательно возникающие трещины раскрывались с очень малой амплитудой и образовывали системы тесно сближенных параллельных ЗТ - при их образовании трещины с малой ам-

плитудой раскрытия нередко регенерационно заполняются привнесенным кварцем, в результате чего зерна кварца, в которых образуются ЗТ, удлиняются в направлении, перпендикулярном к направлению ЗТ [Книре, 1979; Onasch, 1990]. ЗТ и микропрожилки, образование которых происходило в ходе прерывистого раскрытия жиловмещающих трещин, нередко связаны между собой [Onasch, 1990; Сустанов, 1995]. Как отмечено выше, микропрожилки в местах своего выклинивания могут переходить в группы сближенных параллельных ЗТ, то есть раскрытие трещины при образовании микропрожилка может соответствовать раскрытию полости за счет образования некоторой совокупности параллельных ЗТ.

Иногда в одних участках жилы имеются признаки прерывистого раскрытия полости, а в других участках той же жилы – признаки плавного раскрытия полости. Например, прерывистое раскрытие может фиксироваться на выклиниваниях, а плавное – в более мощных частях одних и тех же жил. Или же прерывистое раскрытие полости происходит при образовании призальбандовых, а плавное – осевых частей жил: в данном случае имеет место смена прерывистого раскрытия плавным в процессе заполнения одной и той же полости. Смена характера раскрытия трещины свойственна образованию относительно мощных жил – при образовании тонких жил (мощностью менее 1 мм) характер приоткрывания трещины в процессе заполнения жилы обычно не меняется.

Локализация раскрытия полости по отношению к растущему П2

Как показано выше, образование П2 начинается с возникновения в матрице единичной тонкой трещины, заполнение которой приводит к образованию первого тонкого микропрожилка. После образования первого микропрожилка в процессе формирования жилы последовательно возникают и заполняются новые трещины. Можно выделить следующие варианты локализации новых трещин (или места локализации плавного раскрытия жиловмещающей полости) относительно растущего П2.

1) Образование новых трещин (или плавное раскрытие полости) вдоль «верхней» стенки жилы. Каждая трещина унитаксиально заполняется нарастанием на верхнюю стенку ранее образованной части жилы – рост шестоватых индивидов происходит «вершинами». Этот механизм можно также назвать нарастанием на одну («нижнюю») стенку при постепенном раскрытии полости. По мере удаления от этой стенки шестоватые индивиды сложены все позднее отложенным веществом (синтаксиальный рост [Дерни, Рамсей, 1976; Vons, 2000]). По О.Мюгге [Mugge, 1928] и Д. П. Григорьеву [1961], П2 возникают именно таким образом.

Ниже приводятся примеры проявлений подобного заполнения.

- Тени давления возле кристаллов пирита (рис. 37). П2-1 нарастает на стенку, сложенную породой, и растет вершинами индивидов, обращенными в сторону пирита. Наблюдается постепенное расширение индивидов по мере роста.

- П2-1, содержащие шестоватые индивиды, которые в одной стенке регенерационно нарастают на зерна порообразующего кварца, а в другой контактируют с бескварцевыми участками матрицы.

- Жила П2-2 в месте пересечения монокристалльной кварцевой матрицы (обе стенки жилы образованы монокристалльной кварцевой матрицей одинаковой кристаллографической ориентировки). Ось *c* индивида, регенерационно нарастающего на монокристалльную кварцевую матрицу в одной стенке, в процессе роста постепенно переориентируется относительно матрицы (в наблюдаемых нами случаях – на угол до 30°), и индивид несогласно упирается в монокристалльную матрицу противоположной стенки. Подобное возможно, если в процессе заполнения жилы рост индивида все время происходил в его вершине, то есть на контакте с противоположной от начала роста стенкой жилы (унитаксиальное заполнение).

- Жилы черного П2-2 с зонами приальбандового геометрического отбора (рис. 42). Их образование сопровождалось срывами пленок вмещающей углеродистой алевропелитовой породы на фронте роста. Расширение правильно ориентированных индивидов черного кварца П2-2 по мере роста показывает, что в каждом последующем микропрожилке правильно ориентированные индивиды кварца разрастались шире тех же индивидов кварца в ранее образованном микропрожилке. Следует отметить, что, в отличие от геометрического отбора в П1, при образовании П2-2 подобное разрастание в ширину было свойственно как правильно ориентированным, так и отдельным неправильно ориентированным шестоватым индивидам (см. рис. 42). Аналогичным образом, по-видимому, могли возникать и некоторые жилы П2-2, образование которых не сопровождалось срывами пленок вмещающей породы.

- Разобщенные между собой шестоватые индивиды черного кварца П2-3 (вытянутые по оси c – рис. 45, 46) росли головками, которыми они упирались в "верхнюю" стенку. Каждой головке индивида в верхней стенке жилы имела соответствующая ямка. Вдоль верхней стенки происходило последовательное образование и заполнение трещин, повторяющих форму ямок, в связи с чем в осевых частях шестоватых индивидов наблюдаются обращенные вверх изгибы пленок породы (рис. 46, б, в).

Присутствие вдоль границ индивидов отдельных линзовидных включений породы (рис. 46, г), по-видимому, свидетельствует о периодических срывах выступов, разделявших в стенке жилы углубления, соответствующие осевым частям индивидов, и об увеличении ширины этих углублений. Расширение правильно ориентированных индивидов черного кварца П2-3 по мере роста связано с тем, что в каждом последующем микропрожилке правильно ориентированные индивиды кварца разрастались шире тех же индивидов кварца в ранее образованном микропрожилке.

2) Образование новых трещин вдоль «нижней» стенки ранее образованной части жилы, с битаксиальным или унитаксиальным заполнением последовательно возникающих трещин. Этот механизм можно также назвать ростом «основаниями» шестоватых индивидов или подрастанием агрегата снизу. По мере удаления от «нижней» стенки шестоватые индивиды сложены все ранее отложенным веществом (антитаксиальный рост [Дерни, Рамсей, 1976; Vons, 2000]).

С таким ростом связано, например, образование цепочек ограненных зерен альбита в шестоватых индивидах кварца (рис. 35, б; 49). В данном случае трещины возникали все время вдоль одной и той же стенки жилы («нижней» - шестоватый индивид кварца рос основанием), срывая ограненные p -зерна альбита, нараставшие на одно и то же зерно породообразующего плагиоклаза.

Подобный рост может происходить как у одной, так и у обеих стенок жилы. На рис. 36, А между двумя шестоватыми индивидами кварца располагается прерывистое зубчатое выделение альбита, состоящее из двух частей, каждая из которых идет от соответствующего зерна породообразующего плагиоклаза на той и другой стенках жилы. Разные части шестоватого выделения альбита имеют разную оптическую ориентировку, соответствующую зернам плагиоклаза в противоположных стенках. Образование данной жилы могло происходить следующим образом: сначала по границе между двумя разноориентированными зернами плагиоклаза породы образовался микропрожилок с двумя разноориентированными p -зернами альбита у разных стенок (см. рис. 36, А), а затем увеличение мощности жилы происходило путем антитаксиального заполнения трещин, возникавших вдоль той и другой стенки этого микропрожилка.

3) Образование новых трещин внутри (обычно близ оси) ранее образованной части жилы с битаксиальным заполнением трещин. Индивиды растут по типу «растянутых кристаллов»

(«stretched» crystals) [Дерни, Рамсей, 1976; Bons, 2000] - трещина в индивиде ранее образованной части жилы заполняется *p*-кварцем, кристаллографическая ориентировка которого соответствует ориентировке этого индивида; за счет этого длина индивида увеличивается на величину, равную мощности заполненной *p*-кварцем трещины.

С заполнением трещин, последовательно возникавших при постепенном раскрытии жиловмещающей полости в осевой части первоначально образовавшегося прожилка с достаточно четкой ориентировкой *c*-осей, можно, по-видимому, связывать образование П2-2, состоящих из шестоватых индивидов правильной ориентировки, идущих непрерывно от одной стенки жилы до другой (рис. 41). Правильная ориентировка *c*-осей в первоначально возникшем прожилке может быть обусловлена самопроизвольным зарождением преимущественно правильно ориентированных индивидов и процессами геометрического отбора.

После образования такого прожилка в его осевой части могли, по-видимому, последовательно возникать параллельные зальбандам трещины, заполнение которых по типу растянутых кристаллов приводило к образованию совокупности шестоватых индивидов, ориентировка *c*-осей которых повторяла (или еще более усиливала) правильную преимущественную ориентировку *c*-осей первоначально образовавшегося прожилка. Если стенки трещин, последовательно возникавших по оси исходного прожилка, касательно смещались относительно друг друга, то шестоватые индивиды могут быть ориентированы под углом к зальбандам (рис. 41), в направлении раскрытия трещин [Сустанов, 1973; Дерни, Рамсей, 1976].

Нередко рост П2 данным механизмом сменял в ходе образования жилы рассмотренный выше рост П2 за счет образования трещин вдоль стенок жилы [Дерни, Рамсей, 1976]. В этом случае начальные стадии образования жилы могли сопровождаться захватом пленок породы и образованием цепочек зерен, а при последующем внутрижилном раскрытии захвата пленок породы и образования цепочек зерен не происходило. Поэтому в сформировавшихся таким образом жилах пленки породы и цепочки зерен наблюдаются у зальбандов и отсутствуют в осевых частях жил.

Подобная смена приоткрывания вдоль стенок жиловмещающей полости приоткрыванием внутри ранее образованной части жилы, по-видимому, происходила при формировании приведенной на рис. 43 жилы П2-2 в карбонатной породе. В этой жиле образование призальбандового тонкошестоватого кварца с достаточно сильной преимущественной ориентировкой *c*-осей имело место при приоткрываниях вдоль стенок, сопровождавшихся срывами пленок вмещающей породы с поверхности зальбанда. Образование же параллельно-шестоватого кварца осевой части жилы происходило без срывов пленок породы со стенок и могло быть связано с последовательным образованием трещин вблизи оси ранее образованной части жилы.

Список литературы

- Асхабов А. М. Регенерация кристаллов. Л.: Наука, 1979. 178 с.
- Барсуков В. Л. Кварцево-кальцитово-настурановые жилы Рудных гор и место в них коффинита (опыт онтогенетического анализа) // Вопросы прикладной радиогеологии. М.: Атомиздат, 1967. С. 150 - 194.
- Бендик А. Т. Редкие щелочи в жилах кварц-(золото)-серебряной формации Средней Азии // Геологич. условия формирования и поисковые признаки месторождений рудных полезных ископаемых Тянь-Шаня, Ташкент: ФАН, 1986. С. 86 - 88.
- Болотова Н. Я., Филлипов В. П. Особенности термолюминесценции жильного кварца проявлений золото-кварцевой малосульфидной формации как критерий связи с ними россыпей // Колыма. 1981. № 2. С. 36 - 39.
- Бушмакин А. Ф. Унаследованное строение кристаллов пирита из пород с углеродистым веществом // Проблемы онтогении минералов. Л.: Наука, 1985. С. 73—82.
- Вертушков Г. Н., Емлин Э. Ф., Синкевич Г. А. и др. Жильный кварц восточного склона Урала, ч.1 // Тр. Свердл. горн. ин-та, 1969. Вып. 58. 100 с.
- Волостных Г. Т. Фигура погасания «распадающийся крест» из кристаллов-сфероидов и ее генетический смысл // Зап. Всесоюзн. минерал. общ-ва. 1967. Вып. 4. С. 389 - 398.
- Глазова Т. А. Онтогения переливта Шайтанского месторождения на Урале // Зап. Всесоюзн. минерал. о-ва. 1985. Вып. 1. С. 80 - 86.
- Годовиков А. А., Рипинен О. И., Моторин Г. С. Агаты. М.: Недра, 1987. 368 с.
- Горячев Н. А. Жильный кварц золоторудных месторождений Яно-Колымского пояса. Владивосток: ДВО РАН, 1992. 136 с.
- Григорьев Д. П. Онтогения минералов. Изд. Львов. ун-та, 1961. 284 с.
- Дерни Д., Дж. Рамсей. Нарастающие деформации, измеряемые по синтетоническому росту кристаллов // Сила тяжести и тектоника. М.: Мир, 1976. С. 88 - 115.
- Доломанова Е. И., Бершов Л. В., Гасоян М. С. Изоморфные элементы-примеси в жильном кварце оловорудных месторождений Забайкалья и их генетическое значение // Изв. АН СССР. Сер. геолог. 1972. Вып. 6. С. 65 - 74.
- Доломанова Е. И., Берзина И. Г., Берман И. Б. Распределение лития в некоторых минералах оловорудных месторождений Сибири по данным (n, α) радиографии // Тр. Минерал. музея АН СССР. 1976. Вып. 25. С. 147 - 152.
- Дымков Ю. М. Природа урановой смоляной руды. М.: Атомиздат, 1973. 240 с.
- Дымков Ю. М. Парагенезис минералов ураноносных жил. М.: Недра, 1985. 207 с.
- Жабин А. Г. Онтогения минералов. Агрегаты. М.: Наука, 1979. 275 с.
- Кайнов В. И. К вопросу о колебании параметров элементарной ячейки кварца // Тр. Свердл. горн. ин-та. 1970. Вып. 80. С. 92 - 94.
- Калинин А. И., Ольшевский В. М., Костырко Н. А., Болдырев М. В. Инъекционные брекчии на близповерхностных месторождениях Северо-Востока СССР и их значение при локальном прогнозе // Тихоокеан. геол. 1986. № 1. С. 71—82.
- Каменцев И. В. О влиянии температуры кристаллизации на количество примесей, входящих в структуру кварца, и изменение параметров элементарной ячейки // Геохимия, 1963. № 6. С. 586 - 589.
- Картенко Н. Ф., Сидоренко Г. А., Соломкина С. Г., Дудыкина А. С. О влиянии условий образования и примесей на параметры элементарной ячейки природного кварца // Рентгенография минерал. сырья. 1971. № 8. С. 8 - 14.
- Карякина Т. А. Некоторые особенности внешней и внутренней морфологии мозаичных кристаллов кварца // Кристаллография и минералогия. Л.: Наука, 1972. С. 124 - 127.
- Кораго А. А., Козлов А. В. Текстуры и структуры жильного кварца хрусталоносных областей. Л.: Недра, 1988. 159 с.
- Леммлейн Г. Г. Морфология и генезис кристаллов, М.: Наука, 1973. 328 с.

Малеев М. Н. Свойства и генезис природных нитевидных кристаллов и их агрегатов. М.: Наука, 1971. 199 с.

Мельников В. С., Павлишин В. И., Возняк Д. К., Квасница В. Н. О зональном низкотемпературном кварце с высоким содержанием структурных примесей (Донбасс) // Минерал. журн. 1979. № 2. С. 91 - 101.

Нардов А. В. Геометрический отбор и формирование параллельно-шестоватых агрегатов. Деп. в ВИНТИ, № 6395 - В86. 1986. 42 с.

Осинский А. В. О мозаичном и расщепленном росте кристаллов кварца // Зап. Всесоюзн. минерал. общ-ва. 1968. Вып. 4. С. 440 - 450.

Осинский А. В. Некоторые вопросы онтогении друз кварца. // Тр. ВСЕГЕИ. 1976. Т. 258. С. 103 - 121.

Осинский А. В. Основные морфотекстурные типы кристаллических агрегатов кварца // Онтогенетические методы оценки природного кварцевого (пьезооптического и жильного кварца) при геологической съемке масштаба 1 : 50 000. СПб., 1992. С. 41 - 70.

Павлишин В. И. Типоморфизм кварца, слюд и полевых шпатов в эндогенных образованиях. Киев : Наукова думка, 1983. 232 с.

Петрунь П. Ф. О связи окрашивания жильного кварца с ритмическими процессами жилообразования // Зап. Всесоюзн. минерал. общ-ва. 1954. Вып. 3. С. 226—233.

Попов В. А. Практическая кристалломорфология минералов. Свердловск, УНЦ АН СССР, 1984. 191 с.

Пунин Ю. О. Расщепление кристаллов // Зап. Всесоюзн. минерал. общ-ва. 1981. Вып. 6. С. 666 - 686.

Пунин Ю. О. Образование автодеформационных дефектов при росте кристаллов из растворов // Рост кристаллов. 1983. Т. 14. С. 107 - 117.

Рудич К. Н. Магматизм и особенности тектонического строения хребта Сарычева. М: Госгеолтехиздат, 1959. 184 с.

Рундквист Д. В. О некоторых особенностях морфологии и внутреннего строения минеральных агрегатов оловорудных близповерхностных месторождений (на примере Хинганского оловорудного месторождения) // Записки Всесоюзн. минерал. общ-ва, 1958. Вып. 4. С. 423 - 439.

Самойлович М. И., Хаджи В. Е., Цинобер Л. И. Синтетический кварц // Синтез минералов. М.: Недра, 1987. Т.1. С. 4 - 197.

Симанович И. М. Кварц песчаных пород. М.: Наука, 1978. 156 с.

Сустанов О. А. Жильный кварц Сарылахского золото-сурьмяного месторождения в Восточной Якутии // Тр. Свердл. горн. ин-та. 1973. Вып. 95. С. 28 - 38.

Сустанов О. А. Типы жильного кварца в районе Беккемского гранитного массива (верховья Индигирки) // Тр. Свердл. горн. ин-та. 1976. Вып. 124. С. 22—26.

Сустанов О. А. Метаморфогенные кварцевые прожилки в верхнетриасовых песчаных породах Верхояно-Колымской складчатой области // Известия АН СССР, сер. геолог. 1989, а. № 3. С. 80 - 88.

Сустанов О. А. Рост и растворение индивидов черного кварца в жилах среди углеродсодержащих пород Верхояно-Колымской складчатой области // Зап. Всесоюзн. минерал. общ-ва, 1989, б. Вып. 3. С. 28 - 34.

Сустанов О. А. Кластогенные примеси и особенности кристаллизации халцедоновидного жильного кварца (Восточная Якутия) // Зап. Всесоюзн. минерал. общ-ва. 1990, а. Вып. 4. С. 18 - 22.

Сустанов О. А. Расщепленный кварц из месторождения Эргелях (Восточная Якутия) // Минерал. журн. 1990, б. № 1. С. 66 - 71.

Сустанов О. А. Серебряная минерализация и некоторые особенности жильного кварца (Тарынский субвулканический массив, Якутия) // Изв. вузов. Геология и разведка. 1990, в. № 10. С. 32 - 36.

Сустанов О. А. Расщепление кварца при формировании золото-серебряного оруденения в терригенных толщах (Восточная Якутия) // Доклады АН СССР. 1991. Т. 318. № 3. С. 717 - 720.

Сустанов О. А. Деформации жильного кварца при формировании золотого оруденения в черносланцевых толщах (Куларский район, Восточная Якутия) // Геол. и геоф. 1995. № 4. С. 81 - 87.

Сустанов О. А. Кливаж и перекристаллизация кварца в терригенных породах верхоянского комплекса (Яно-Индибирская зона) // Изв. Урал. гос. горно-геолог. академии. Серия: Геология и геофизика. 1998. Вып. 8. С. 49 - 55.

Тектоника, геодинамика и металлогения Республики Саха (Якутия). М.: Наука: Интерпериодика. 2001. 571 с.

Юргенсон Г. А. Типоморфизм и рудоносность жильного кварца. М.: Недра, 1984. 149 с.

Adams A. A microscopic study of vein quartz // Econ. Geol. 1920. Vol. 15. № 8. P. 623 - 664.

Ahmad M., Solomon M., Walshe J. L. Mineralogical and geochemical studies of the Emperor gold telluride deposit, Fiji // Econ. Geol. 1987. Vol. 82. N 2. P. 345 - 370.

Baumbauer H. U. Spurenelementgehalte und γ -Farbzentren in Quarzen aus Zerrklüften der Schweizer Alpen // Schweiz. Miner. Petrol. Mitt. 1961. Bd. 41, № 2. S. 335 - 369.

Bons P. D. The formation of veins and their microstructures // Jour. Virtual Explorer. 2000. Vol. 2.

Carstens H. Deformation in vein genesis // Norsk. Geol. Tidsskr. 1966. Vol. 46. P. 299 - 307.

Cox S. F., Etheridge M. A. Crack-seal fibre growth mechanisms and their significance in development of oriented layer silicate microstructures // Tectonophys. 1983. Vol. 92. N I—3. P. 147—170.

Dong G., Morrison G., Jaireth S. Quartz textures in epithermal veins, Queensland – classification, origin, and implication // Econ. Geol. 1995. Vol. 90. № 6. P. 1841 – 1856.

Ernst W. G., Blatt H. Experimental study of quartz overgrowths and synthetic quartzites // Jour. Geol. 1964. Vol. 72. № 4. P. 461 - 469.

Fisher D., Byrne T. The character and distribution of mineralised fractures in the Kodiak Formation, Alaska: implications for fluid flow in an underthrust sequence // Jour. Geophys. Res. 1990. Vol. 95. P. 1969 - 1973.

Fournier R. O. Silica minerals as indicators of conditions during gold deposition // US Geol. Surv. Bull. 1985. N 1646. P. 15 - 26.

Frondel C. Systematic compositional zoning in the quartz fibers of agates // Amer. Miner. 1985. Vol. 70. N 9-10. P. 975 - 979.

Heald M. T. Autigenesis in West Virginia sandstones // Jour. Geol. 1950. Vol. 58. № 6.

Heald M. T., Renton J. J.. Experimental study of sandstone cementation // Jour. Sediment. Petrol. 1966. Vol. 36. № 4. P. 977 -991.

Henderson J. R., Henderson M. N., Write T. O. Water-sill hypothesis for the origin of certain veins in the Meguma Group, Nova Scotia, Canada // Geology. 1990. Vol. 18. N 7. P. 654 - 657.

Hilgers Ch., Urai J. L. Experimental study of syntaxial vein growth during lateral fluid flow in transmitted light: first results // Jour. Struct. Geol. 2002. Vol. 24. P. 1029-1043.

James W. C., Wilmar G. C., Davidson B. G. Role of quartz type and grain size on silica diagenesis, Nugget sandstone, south-central Wyoming // Jour. Sediment. Petrol. 1986. Vol. 56. P. 657 - 662.

Kendall A. C., Broughton P. L. Origin of fabrics in speleothems composed of columnar calcite crystals // Jour. Sediment. Petrol. 1978. Vol. 48. № 5. P. 519 - 538.

Knipe R. J., White S. H. Deformation in low grade shear zones in the Old Red Sandstone, S. Wales // Jour. Struct. Geol. 1979. Vol. 1. N 1. P. 53 - 66.

Mugge O. Ueber die Entstehung faseriger Minerale und ihrer Aggregationsformen. N. Jb. Miner., Beil.- Bd. 58, Abt. A. S. 25 - 32.

Onasch Ch. M. Microfractures and their role in deformation of a quartz arenite from the central Appalachian foreland // Jour. Struct. Geol. 1990. Vol. 12. N 7. P. 883 - 894.

Pittman E. D. Diagenesis of quartz in sandstones as revealed by scanning electron microscopy // Jour. Sediment. Petrol. 1972. Vol. 42. № 3. P. 507 - 519.

Ramsay J. G., Huber M. I. The Techniques of Modern Structural Geology. Academic press, London. 1983, vol. 1. 1987, vol. 2. 700 pp.

Raybould J. G. Tectonic control on the formation of some fibrous quartz veins, Mid-Wales // Geol. Mag. 1975. Vol. 112. N 1. P. 81 - 90.

Sander M. V., Black J. E. Crystallization and recrystallization of growth-zoned vein quartz crystals from epithermal systems // Econ. Geol. 1988. Vol. 83. N 5. P. 1052 - 1060.

Sherman D. J., Mossop G. et al. Origin of gypsum veins by hydraulic fracture // *Trans. Inst. Min. Metall.* 1972. B. 81. P.149 - 155.

Sillitoe R. H. Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs // *Econ. Geol.* 1985. Vol. 80. N 6. P. 1467 - 1514.

Urai J. L., Williams P. F., Roemund H. L. M. v. Kinematics of crystal growth in syntectonic fibrous veins // *Jour. Struct. Geol.* 1991. Vol. 13. № 7. P. 823 - 836.

Vikre P. G. Precious metal vein systems in the National district, Humboldt county, Nevada // *Econ. Geol.* 1985. Vol. 80. № 2. P. 360 – 393.

Wilkins R. W. T., Barcas J. P. Fluid inclusions, deformation and recrystallization in granite tectonites // *Contrib. Miner. Petrol.* 1978. Vol. 65. P. 293 - 299.

Оглавление

Введение.....	3
Типизация структур кварца и некоторые термины.....	5
Микропрожилки, мощность которых не превышает размеров заполняющих их индивидов кварца.....	8
Монокристалльная кварцевая матрица	8
Зернистая кварцевая матрица	10
Микропрожилки в песчаниках и алевропелитовых породах.....	11
Аллоотриоморфнозернистые и гипидиоморфнозернистые агрегаты	15
Нерасщепленный АК и ГК.....	15
Зарождение индивидов на стенках полостей	18
Зарождение индивидов внутри полостей	20
Соотношения во времени между зарождением индивидов на стенках и внутри полостей	23
Расщепленный микрокристаллический («халцедоновидный») АК и ГК.....	25
Параллельно-шестоватые агрегаты, возникающие при свободной кристаллизации в полостях (П1).....	30
П1-1 – друзы 1 типа.....	30
Расщепление индивидов.....	30
Зарождение и рост индивидов.....	34
П1-2 – со слабой преимущественной ориентировкой с-осей индивидов и переходные к АК и ГК.....	42
Расщепленный П1-2	42
Нерасщепленный П1-2	444
Параллельно-шестоватые агрегаты, возникающие при стесненной кристаллизации в постепенно раскрывающихся полостях (П2).....	47
П2-1 - с неупорядоченной ориентировкой с-осей индивидов	477
Жилы в песчаниках.....	47
Жилы в чисто кварцевой матрице.....	51
Тени давления возле кристаллов пирита	52
П2-2 - с упорядоченной ориентировкой с-осей индивидов.....	54
Жилы в чисто кварцевой матрице.....	55
Жилы в песчаниках.....	56
Жилы в углеродистых алевропелитовых породах	58
Жилы в бескварцевой матрице	60
П2-3 – с разобщенными между собой шестоватыми индивидами.....	62
Генетические аспекты структурообразования жильного кварца.....	65
Зарождение индивидов	65
Регенерация чисто кварцевой матрицы	65
Регенерация зерен породообразующего кварца в жилах среди песчаников	67

Зарождение преимущественно правильно ориентированных индивидов	69
Рост индивидов	69
Геометрический отбор	69
Метрический отбор	72
Соотношения между регенерацией и ростом индивидов П1	75
Постепенные повороты <i>c</i> -оси растущих индивидов кварца	76
Расщепление кварца	77
Постепенное раскрытие полостей при образовании П2	80
Прерывистое и плавное раскрытие полостей	80
Локализация раскрытия полости по отношению к растущему П2	84
Список литературы.....	87