

В. А. Попов, В. И. Попова, А. А. Канонеров,
В. П. Демочкин

МИНЕРАЛОГИЯ ПЕГМАТИТОВОЙ ЖИЛЫ КАЗЕННИЦА НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

V. A. POPOV, V. I. POPOVA, A. A. KANONEROV,
V. P. DYEMOCHKIN
MINERALOGY OF THE PEGMATITE VEIN KAZENNITSA
ON THE MIDDLE URALS

Characteristics of the structure of explored steeply dipping vein Kazennitsa of pegmatite field of Alabashka on the Middle Urals are described. Are given description of 44 minerals, discussed their composition, forms, corresponded forms in parageneses and sequence of generation. Among more recent minerals has been found new mineral — kanonerovite $\text{Na}_3\text{MnP}_3\text{O}_{10} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

На Алабашском жильном поле ныне известны 44 пегматитовых жилы, из них 25 с самоцветной минерализацией; 8 тел разведано канавами, бурением или шурфами с рассечками (Мокруша, Голодная, Тысячница, Старцева Яма, Трехсотенная, Большая Тяжеловесница, Казенница, Старая Мыльница), на других имеются закопущи или копи, обычно засыпанные.

Жила Казенница находится в центральной части Алабашского пегматитового поля, в 2 км к востоку-юго-востоку от дер. Верхняя Алабашка (и в 900 м от бывшей дер. Нижняя Алабашка на запад-северо-запад), на правом берегу р. Алабашки. Копь на этой жиле была заложена в конце XVIII века с целью добычи берилла и аквамарина, когда были начаты казенные работы на алабашских пегматитах (1775 г.). В дальнейшем работы на жиле проводились эпизодически, в основном, старателями. До 1938 года жила была отработана до глубины 10—14 м; официальных данных о количестве добытого материала не сохранилось.

По слухам, добывавшиеся самоцветы из Казенницы сбывались под видом мокрушинских из-за коммерческой выгоды.

Новый период разведки и обработки Казенницы связан с деятельностью Нейвинской геологоразведочной партии, ныне государственного геолого-промышленного предприятия (Нейвинского ГПП). В 1987—91 гг. проведены были геологоразведочные работы, в 1992—93 гг. — опытно-промышленная отработка жилы с глубины 30 м до границ старой отработки (10—14 м). В настоящее время жила считается выработанной.

В процессе разведочных работ установлено, что жила Казенница представляет собой плиту с редкими флексуроподобными изгибами. Протяженность ее до 150 м (85 м на горизонте 20 м) при мощности от 0.5—1 м в пережимах до 2—3 м в раздувах; простирание 330—340 °СЗ, углы падения 40—80 °СВ. Гранитный пегматит мусковит-альбит-микроклинового типа в основном локализован в биотитовых гранито-гнейсах мурзинской свиты и порфириовидных гранитах. Северное выклинивание жилы тупое ветвистое, южное расходится на три ветви с мелким разветвлением каждой из них (рис. 1, а).

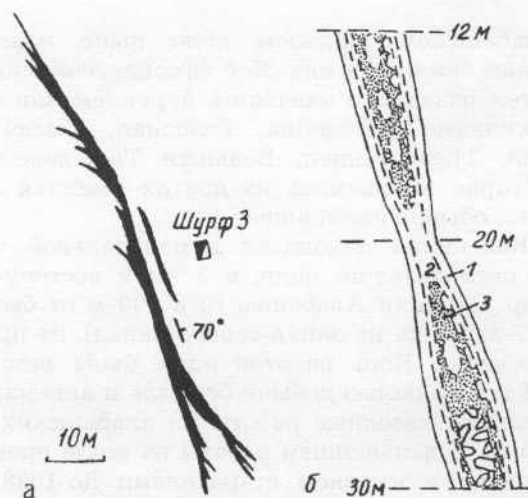


Рис. 1. Схематический план жилы Казенницы на горизонте 20 м (а) и разрез южной ее части (б):

1—3 — зоны пегматита (см. текст). По А. А. Рожкову и др. (1991 г)

Жила асимметрична, но зональна по строению (рис. 1, б), с тремя зонами: 1) краевая зона мощностью 0.3—0.6 м сложена двуполевошпатовым пегматитом с грубографическим калишпатом, лейстами биотита до 5—15 см и среднеграфическим (до скелетно-графического) олигоклазом, сменяющимся сферолитовым альбитом; встречаются участки гранитоподобных среднезернистых или пегматоидных структур; 2) промежуточная зона до 0.2—0.7 м графического двуполевошпатового пегматита с мечевидным биотитом и укрупнением графики в раздувах жилы; 3) центральная пегматоидно-блоковая зона с крупными кристаллами калишпата, дымчатым кварцем и мусковитом. В северной части жилы преобладают первые две зоны при малом развитии блоковой зоны; полости («занорыши») приурочены к раздувам жилы и чаще локализованы в графическом пегматите под блоковой зоной. В южной части жилы центральная пегматоидно-блоковая зона достигает мощности 1—1.5 м; в височем ее боку преобладают кристаллы калишпата величиной от 5 см до 1.5 м, между ними развиты темно-серый дымчатый кварц и крупные сростки мусковита с величиной отдельных кристаллов до 15—20 см; в лежащем боку преобладает кварц с редкими кристаллами граната (до 5 см) и зеленого берилла (до 40 см), а также с многочисленными полостями с кристаллами светло-дымчатого кварца или горного хрусталя. В юго-восточной части жилы на горизонте около 15 м локализовано крупное гнездо массивного горного хрусталя.

Друзовые полости развиты в пегматоидно-блоковой и графической зонах, число их более двух сотен, размеры от первых сантиметров до 2—3 м (рис. 2), максимальное приоткрывание 0.4—0.5 м; форма гнезд меняется от субизометричной до щелевидной со сложными ответвлениями («карманами»). Стенки полостей инкрустированы кристаллами кварца и полевых шпатов с мусковитом, турмалином, топазом, бериллом и другими минералами (рис. 3). Нередко кристаллы и друзы разбиты трещинами, частично залеченными. В ряде участков жилы есть следы интенсивного растворения кварца, калишпата, топаза, берилла. Общая протяженность продуктивной на самоцветы части жилы составляет 54 метра.

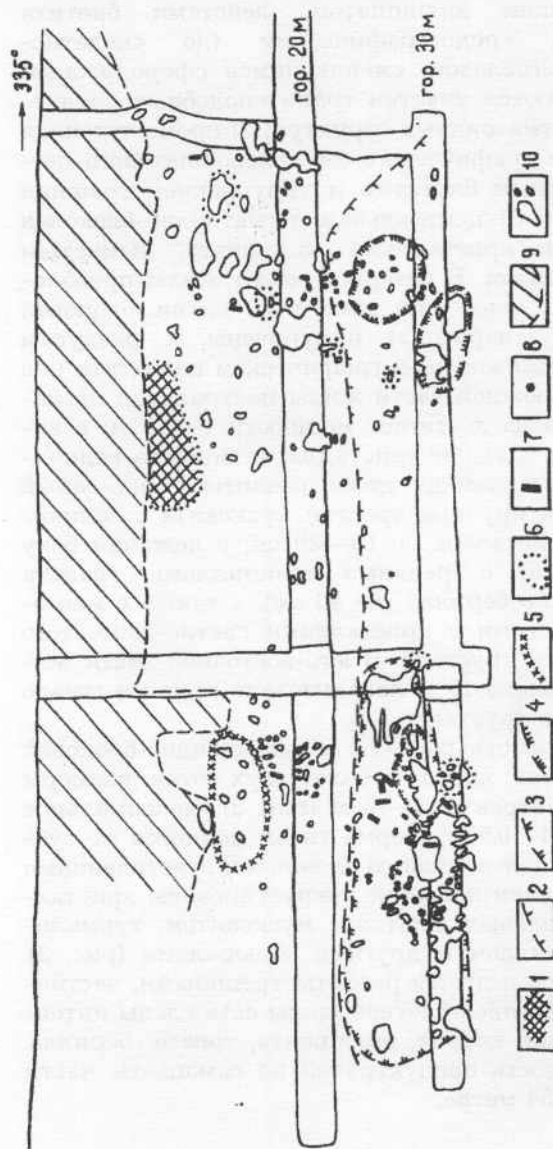


Рис. 2. Распределение крупных полостей и минерализации в жиле Казеннице (проекция на вертикальную плоскость);

1—5 — участки преобладающего распространения минералов: 1 — турмалина, 2 — целитов, 3 — пирита, 4 — кальцита, 5 — горного хрусталя и опалесцирующего кварца; 6 — участки интенсивного растворения кварца; 7 — крупные выделения берилла; 8 — скопления топаза; 9 — ранние отработки (нет данных); 10 — контуры друзовых полостей. По А. А. Рожкову и др. (1991 г.)

В жиле проявлены небольшие трещины скола, субпараллельные контактам и диагональные, которые обычно затухают на контактах и не прослеживаются во вмещающих (более пластичных) породах; приоткрывание их 0.5—3 см выше горизонта 20 м и менее 1 см — на нижних горизонтах. Амплитуда смещений по трещинам менее 1 см; наиболее заметны трещины в блоковой зоне южной части жилы.

В контакте с пегматитом этой жилы в одном из участков встречена субсогласная жилка пироксен-кварц-плагиоклазового состава с титанитом, халькопиритом и пирротинном, не прослеживающаяся в Казеннице и являющаяся более ранней.

Несмотря на более чем 200-летнюю историю существования выработок на жиле Казеннице, минералогия этой жилы не рассматривалась отдельно в известных публикациях А. Е. Ферсмана периода 20-х годов [7], Г. Н. Вертушкова [1], А. С. Таланцева [6] и других. Фактически минералогия Казенницы отражена в той или иной мере в ряде рукописных отчетов об изыскательских работах; среди них наиболее поздний «Отчет о результатах поисково-оценочных работ на участке Даниловском, проведенных в 1987—1991 гг.» (авторы: А. А. Рожков, С. Г. Борщев, А. А. Рожкова, Ю. В. Аристов; Екатеринбург, 1991. Фонды Нейвинского ГППИ) является и наиболее полным, где приведена макроскопическая характеристика 12 минералов (с упором на качество самоцветов и коллекционного сырья).

В настоящее время в жиле Казеннице определены 44 минерала (табл. 1).

Главные минералы пегматита (по количеству) — полевые шпаты, кварц и слюды; второстепенные — гранат, турмалин, топаз, берилл; прочие минералы относительно редки. Степень исследования минералов различна; кроме морфологического описания, для ряда минералов получены рентгенометрические и оптические характеристики и данные о составе.

Из калиевых полевых шпатов $KAlSi_3O_8$ с различным упорядочением структуры (по рентгеноструктурным данным) в жиле развиты ортоклаз и микроклин (промежуточный и максимальный).

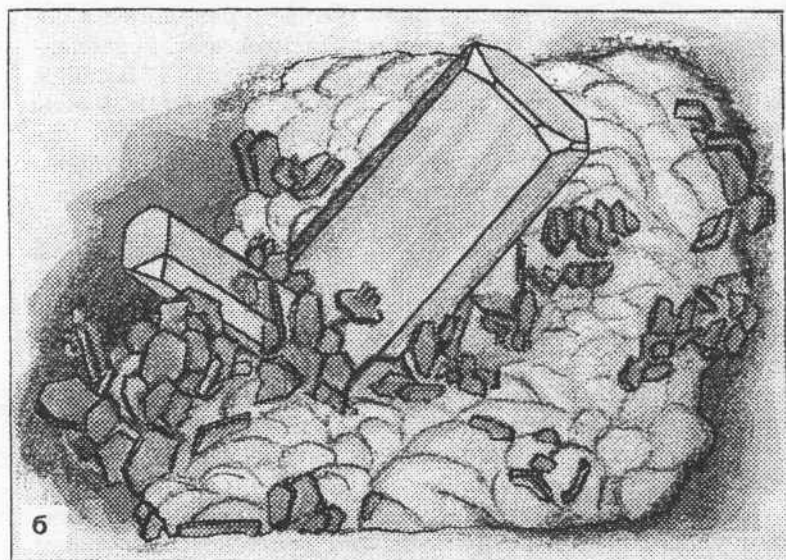
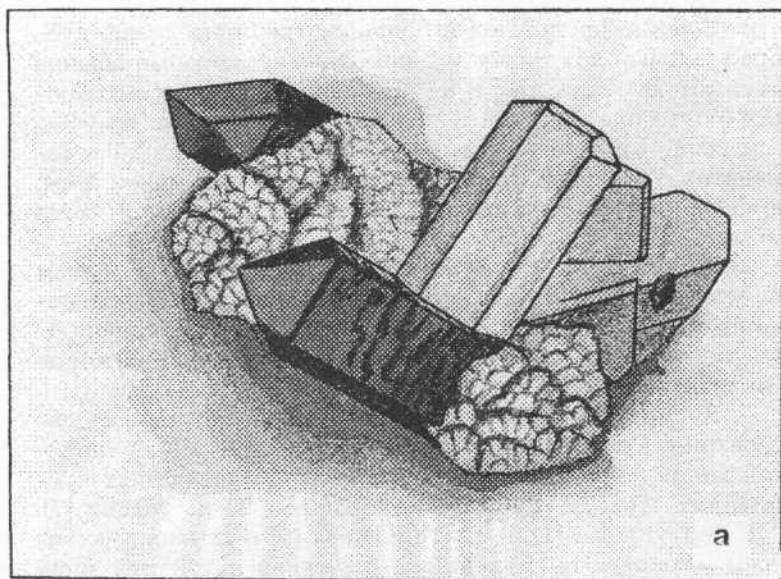


Рис. 3. Типичные друзовые агрегаты из полостей жилы:
 а — сросток призматического зеленого берилла, раухтопаза, микроклина и расщепленного клевеландита; б — друза зеленого берилла, мусковита и клевеландита. Величина образцов 8 см (а) и 18 см (б).
 Рисунки Е. Ш. Канонеровой.

Таблица 1

Алфавитный список минералов жилы Казенница

1. Альбит	16. Кварц	31. Спессартин
2. Альмандин	17. Ксенотим	32. Стеллерит
3. Андалузит	18. Магнетит	33. Стильбит
4. Берилл	19. Манганотанталит	34. Стрюверит(?)
5. Биотит	20. Микроклин	35. Сфалерит
6. Брукит	21. Микролит	36. Топаз
7. Вермикулит	22. Миларит	37. Ферротанталит
8. Ганит	23. Мусковит	38. Флюорит
9. Гематит	24. Монтмориллонит	39. Фторапатит
10. Гетит	25. Олигоклаз	40. Циркон
11. Иллит	26. Ортоклаз	41. Шабазит
12. Кальцит	27. Пирит	42. Шамозит
13. Канонеровит	28. Пирротин	43. Шерл
14. Каолинит	29. Псиломелан	44. Эльбаит
15. Касситерит	30. Рутил	

Ортоклаз отмечен в грубографической краевой зоне пегматита в агрегате с олигоклазом, а также в некоторых друзовых полостях (вероятно, этой же зоны) до шерла и клевеландита.

Промежуточные микроклины характерны в зонах графического и блокового пегматита и в друзовых полостях, локализованных в них; наиболее часты агрегаты их с раухтопазом, сероватым мусковитом и шерлом.

Максимальный микроклин встречен в друзовой полости блокового пегматита в парагенезисе с альбитом, розоватым мусковитом, цирконом и ксенотимом.

Калишпаты графического пегматита обычно белые, содержат около 8—10 % мелких синтаксических пертитов альбита и до 10—15 % ихтиоглиптов дымчатого кварца. В промежуточной зоне графического пегматита в индивидуальных микроклина часто проявлено зональное распределение ихтиоглиптов кварца как по их размеру, так и по количеству. В кристалле микроклина отмечалась смена зон (от ранних к поздним): мелкографическая мощностью 5 см и более → моношпатовая (без ихтиоглиптов) около 0.5—1 см → крупнографическая до 10—20 см с вростками мусковита и шерла → моношпатовая до 1—5 см, обычно формирующая и ограничение кристаллов микроклина в полостях. Доступные нам изученные кристаллы микроклина из друзовых полостей достигали величины 10 см (хотя в жиле отмечались и более крупные); они обычно чуть упло-

щены по $[010]$ и огранены формами: $b\{010\}$, $c\{001\}$, $x\{\bar{1}01\}$, $m\{110\}$ и небольшими $y\{\bar{2}01\}$, $z\{130\}$, редко $o\{\bar{1}11\}$, $a\{100\}$ (рис. 4, а-в). В сростании с таким микроклином отмечались тетрагонтриоктаэдры коричнево-красного граната и толстотаблитчатый мусковит. В более поздних мелких миароловых пустотках кристаллы микроклина невелики (до 1—3 см), субизометричны и имеют более простое огранение (формы: c , m , b , x); в сростании с ними отмечен призматический зеленоватый берилл с соотношением размеров $c/a = 3$, а после берилла в одной из друз встречен адуляр. Довольно часты двойники микроклина — карлсбадские, бавенские и манебахские. На кристаллах микроклина в полостях и в прилегающих к полостям индивидах блокового или даже графического микроклина имеются следы интенсивного растворения; такие участки обычно имеют розоватый или желтоватый цвет с обилием каверн и каналов, причем растворены преимущественно более замутненные (дефектные) области.

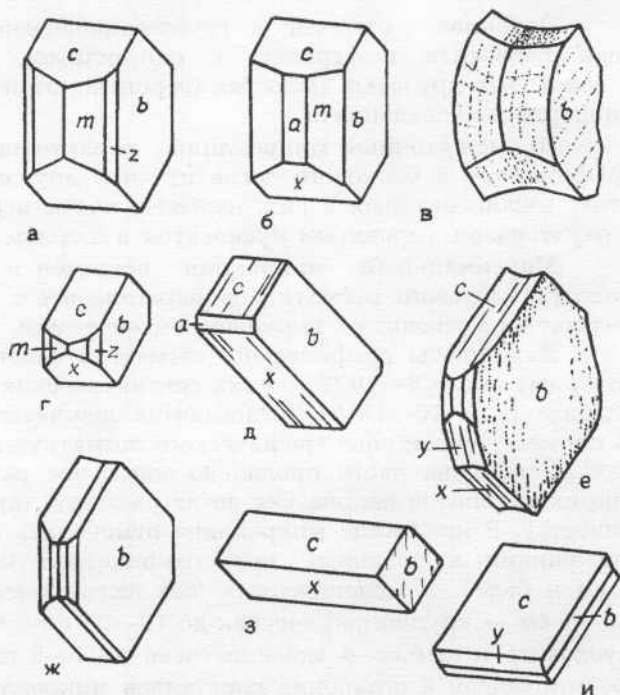


Рис. 4. Форма кристаллов калишпата (а-в) и альбита (г-и) из разных друзовых полостей. См. текст.

Плагиоклазы в жиле представлены кислыми разностями — альбитом $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ и олигоклазом $(\text{Na,Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$.

Олигоклаз в краевой зоне пегматита образует крупные зерна величиной до 5—7 см с графическими вростками кварца. Неизменные олигоклазы и калишпаты в этой зоне одинакового белого цвета (и, возможно, поэтому олигоклаз не отмечался геологами при отработке жилы), но у олигоклаза на плоскостях спайности (001) ясно видна двойниковая штриховка. При наложении изменений олигоклаз приобретает слегка зеленоватый оттенок в отличие от розоватого микроклина. В составе олигоклаза около 15—18 % анортитовой молекулы (по оптическим данным).

Альбит развит в графической и блоковой зонах пегматита и в друзовых полостях. В графической кварц-альбит-микроклиновой зоне альбитовые сферолитовые мелкографические агрегаты содержат до 25—30 % мелких ихтиоглиптов кварца (примерно вдвое больше, чем в соседних индивидах микроклина). Перед друзовыми полостями размер ихтиоглиптов кварца увеличивается до 1—1.5 см, а количество сокращается до 10—15 %, и в полостях (обычно в их нижней «донной» части) встречаются клевеландитовые друзы, корки и «шапки» до 15—20 см на микроклине. Сrostки зерен клевеландита с величиной до 0.5—1 см инкрустируют стенки полостей в микроклине, а также иногда на месте растворенных ихтиоглиптов кварца (как в микроклине, так и в альбите) и вростков мусковита. В друзовых полостях встречаются эпитаксические наросты клевеландита на ребрах и вершинах кристаллов микроклина.

Обычно sdвойникованные кристаллы альбита (по альбитовому закону) пластинчатые по [010] и удлинённые по [001], но встречаются и вытянутые либо по [010], либо по [100]. Кроме альбитовых двойников, иногда проявлены карлсбадские, бавенские и манебахские. Среди расщепленных агрегатов отмечаются седловидные. На sdвойникованных кристаллах альбита проявлены формы (рис. 4, г-и): $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $x\{\bar{1}01\}$, $z\{130\}$, $y\{201\}$. Иногда в полостях агрегаты альбита частично растворены с поверхности. В парагенезисе с альбитом характерны гранат, топаз, берилл, турмалин, ганит, танталит, циркон, ксенотим.

Кварц SiO_2 образует закономерные вроски чайно-коричневого и коричневатого-серого цвета в полевых шпатах графических зон пегматита. В блоковой зоне индивиды кварца достигают величины 5—30 см и более и массы до 5—20 кг с головками, часто выступающими в друзовую полость. В ряде участков жилы вблизи друзовых полостей (чаще — под гнездами) ихтиоглипты кварца из полевых шпатов частично растворены, а в полостях на кристаллах имеются ямки травления, кристаллы разбиты трещинами, иногда с образованием тонких пластин. В дальнейшем при дорастании кварца пластины и сколы регенерируются (обрастают) светло-дымчатым кварцем, а на «верхних» гранях кристаллов эти более светлые зоны обычно имеют включения мелкозернистых альбита и мусковита; на эти зоны сверху затем отложились мелкозернистые агрегаты со светлым синеватым турмалином, стеллеритом, пиритом, кальцитом. В некоторых гнездах встречался темный черно-коричневый кварц (морион) в сростании с призматическим буро-черным шерлом (до 9 см), сколы и трещины которого регенерированы тонкоигольчатым синеватым турмалином. Иногда в полости поздние зоны кварца бесцветные; встречались наросты самостоятельных кристаллов горного хрусталя (до 0.5—1 см) на головках дымчатого кварца.

По форме кристаллы раухтопаза обычно коротко призматические с развитием форм $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{11\bar{2}1\}$, как правило, дофинейские двойники. В полостях в парагенезисе с ними, кроме микроклина и альбита, отмечены мусковит, турмалин, апатит, берилл, топаз, касситерит. В присыпках на гранях кристаллов этих всех минералов среди пирита и тонкозернистого мусковита развиты поздние мелкие (до 1 мм) двуглавые кристаллики бесцветного кварца; глина («сало») из полостей, помимо глинистых минералов, также содержит мельчайшие кристаллики кварца (по рентгеновским данным).

Из слюд в жиле развиты биотит, мусковит, вермикулит и иллит.

Биотит $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Al},\text{Fe})\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ образует очевидные индивиды зеленовато-коричневого цвета длиной до 3—10 см в графическом пегматите преимущественно краевой зоны и в ряде участков доходит почти до блоковой зоны. Вблизи друзовых полостей биотит час-

точно превращен в вермикулит или мусковитизирован. В сростании с биотитом, кроме полевых шпатов и кварца, отмечены альмандин и циркон.

Мусковит $KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH,F)_2$ входит в состав пегматита промежуточной графической и центральной блоковой зон и часто образует друзы с другими минералами в полостях. В графическом пегматите мусковит преимущественно локализован в кварц-альбитовых агрегатах, где содержание его составляет около 3 % объема. В блоковой зоне мусковит образует вростки в микроклине, а между кристаллами микроклина встречаются кварц-мусковитовые графические сростания. В участках с растворенным микроклином и кварцем в этих кавернах отложились мелкозернистые мусковит и альбит.

В пегматите проявлены три генерации мусковита. Преобладающий по количеству ранний мусковит сероватый расщепленный («перистый») или толстотаблитчатый с размером пластин до 2—5 см; часто встречаются двойники и тройники по (001). В друзовых полостях такой мусковит отмечается только в центральных зонах кристаллов, а более поздние зоны имеют серовато-розоватый или зеленовато-розоватый цвет. По рентгеноструктурным данным, перистый мусковит представлен политипом $2M_1$, а розоватый (сиреневый) — смесью $2M_1$ и $1M$ [2]. В некоторых участках жилы отмечен «барботов глаз» — мусковит $2M_1$. В парагенезисе с толстотаблитчатым мусковитом обычно встречаются раухтопаз, альбит, шерл, гранат, топаз, берилл.

Вторая генерация представляет собой мелкозернистые агрегаты субизометричных, обычно расщепленных, кристалликов желтовато-зеленоватого, зеленовато-желтоватого, реже бесцветного, беловатого или бледно-оранжевого мусковита, отложившегося как минералогический «отвес» на верхних гранях кристаллов раннего мусковита и других минералов; с таким мусковитом часто встречается полихромный игольчатый турмалин, в двух случаях отмечен миларит. Мусковит этой генерации тоже представлен политипом $2M_1$ ([2] и наши данные).

По составу мусковиты первой и второй генерации очень близки с содержанием FeO около 2.8—2.9 мас. % и фтора 0.7—0.75 мас. %; для раннего сероватого «перистого» мусковита характерна незначительная примесь магния (MgO 0.52 мас. %), а для позднего зеленоватого — марган-

ца (MnO 0.16 мас. %); в обоих анализах заниженные содержания калия, что может быть связано либо с ошибкой анализа, либо с изоморфным замещением (микронзонд JXA-733, аналитик Е. И. Чурин, ИМин УрО РАН).

К наиболее поздней третьей генерации относится тонкозернистый зеленовато-желтоватый мусковит (серицит) $2M_1$ в парагенезисе с кубиками пирита и иногда с тупоромбоэдрическим мелкозернистым кальцитом после стеллеритовых агрегатов. Ю. В. Кулешовым [2] серицит отнесен к политу типу 1Md, хотя, возможно, это влияние структурированного препарата (судя по его рентгенограмме). В ряде случаев, когда стеллерит в полостях не проявлен, различить две последние генерации мусковита довольно сложно.

Вермикулит $(Mg, Fe, Al)_3(Al, Si)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$ как псевдоморфоза по биотиту встречен в образцах графического пегматита краевой зоны с зеленоватым олигоклазом и розоватым калишпатом. Вермикулит имеет золотисто-коричневый цвет, n_m 1.56 и сильно вспучивается при нагревании.

Иллит $(K, H_3O)(Al, Mg, Fe)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot H_2O$ образует тонкозернистые буровато-белые псевдоморфозы по андалузиту и стеллериту; диагностирован по рентгенометрическим данным и оптическим свойствам.

Гранаты жилы Казенницы относятся к ряду альмандин $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$ — спессартин $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$. Альмандин с различным содержанием марганца развит в графических зонах пегматита, а близкие к спессартину гранаты — в блоковой зоне и в друзовых полостях. Встречаются гранат-кварцевые и гранат-мусковитовые графические сростания. Форма кристаллов граната — тетрагонтриоктаэдр {211}, иногда в комбинации с небольшими гранями ромбододекаэдра {110}; в одном образце встречена резкая смена форм {211} → {110} с характерной штриховкой вырождения на гранях тетрагонтриоктаэдра. В некоторых полостях было сильное растворение граната с образованием скелетов, щелей, дырок.

По микронзондовым данным (4 анализа), от ранних гранатов к поздним возрастает их марганцовистость (с 10 до 22 мас. % MnO) и уменьшается содержание железа (с 27 до 20 мас. % FeO). Ранние гранаты имеют темно-

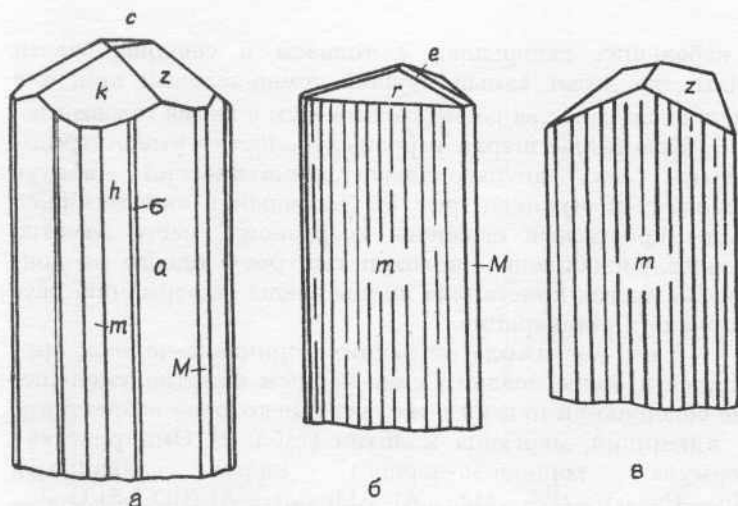


Рис. 5. Кристаллы шерла из жилы Казенницы.

Формы: $a\{11\bar{2}0\}$, $z\{01\bar{1}1\}$, $k\{70\bar{7}4\}$, $m\{10\bar{1}0\}$, $M\{01\bar{1}0\}$, $h\{41\bar{5}0\}$, $\sigma\{21\bar{3}0\}$

красный цвет и заметную примесь кальция и магния (до 1.58 мас. % CaO и 0.57 мас. % MgO). Поздние гранаты желто-красные, причем светлые гранаты отмечались в некоторых друзовых полостях и иногда покрыты черной корочкой гидроокислов марганца (вероятно, это спессартин, но состав наиболее светлого граната не определялся).

Турмалины в жиле Казеннице встречаются весьма часто, особенно в центральной ее зоне, где в полостях отмечены его скопления значительных объемов. По цвету и составу выделяются коричнево-черные, сине-черные и зеленовато-черные шерлы, а также полихромные эльбаиты (розоватые, синеватые, зеленоватые, розовато-коричневатые и бесцветные); зеленый турмалин (верделит) редок. В кристаллах обычно заметна зональность окраски.

Ранняя генерация призматического шерла с кристаллами до 2—11 см отмечена в графическом пегматите и в полостях с раухтопазом; наиболее богата шерлом была центральная часть горизонтов 24—29 м (гнездо № 32). Более поздний длиннопризматический шерл образует радиально-лучистые агрегаты и скопления на гранях кристаллов полевых шпатов и кварца, а также в полостях и щелях; он преимущественно встречался на нижних горизонтах южной части жилы. Верделит встречен только

в небольших занорышках с топазом в северной части жилы, где добыт самый лучший темно-зеленый кристалл ювелирного качества размером 0,5 x 4 см с двумя головками.

Кристаллы шерла в разных полостях имеют тригонально- или дитригонально-призматический габитус с различной огранкой (рис. 5). Логичный и антилогичный концы кристаллов огранены по-разному, часто заметно сильное расщепление (волоконистый рост) одного из концов. На многих кристаллах видны следы деформаций, растворения и регенерации.

В составе шерла от ранних коричнево-черных кристаллов к более поздним сине-черным заметно уменьшение содержания магния и железа и некоторое возрастание — алюминия, марганца и лития (табл. 2). Эмпирическая формула коричнево-черного шерла (анализ 1): $(\text{Na}_{0.75}\text{Ca}_{0.26})_{1.01}(\text{Fe}_{2.28}\text{Mg}_{0.40}\text{Al}_{0.23}\text{Mn}_{0.04})_{2.95}\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{10}(\text{OH})_{3.67}\text{F}_{0.33}$

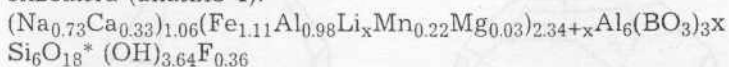
Таблица 2

Состав шерла (1—3) и эльбаита (4) жилы Казенницы

Компоненты	1	2	3	4
Li ₂ O	0.01	0.03	0.32	He опр.
Na ₂ O	2.23	1.96	2.23	2.32
K ₂ O	0.05	0.03	0.03	0.03
MgO	1.56	0.28	0.39	0.12
CaO	1.40	1.25	1.54	1.92
MnO	0.29	0.36	1.63	1.54
FeO	15.92	15.72	11.62	8.10
Al ₂ O ₃	30.82	32.31	34.16	35.76
SiO ₂	35.05	34.28	34.54	36.65
TiO ₂	0.27	0.01	0.14	0.08
F	0.61	0.43	0.58	0.68
Сумма	88.22	87.66	87.18	87.46

Примечания: Вода и бор не определялись. 1 — коричнево-черный шерл из ассоциации с графическим микроклином (обр. 51к); 2 — сине-черный шерл из раухтопаза в друзовой полости (обр. 59к); 3 — сине-черный шерл из ассоциации с альбитом и апатитом (обр. 54к-1); 4 — синеватый эльбаит, регенерировавший сколы шерла (обр. 54к-2). Микрозонд JXA-733, аналитик Е. И. Чурин, ИМин. Литий определен атомно-абсорбционным методом (спектрометр Perkin Elmer, аналитик Л. А. Паутов, ИГЗ). По кальцию приведены средние данные микрозонда и атомной абсорбции.

Эмпирическая формула синеватого железистого эльбаита (анализ 4):



Бесцветный и синеватый эльбаит имеет показатель преломления n_o 1.635.

В поздних трещинах над турмалиновыми гнездами развит синеватый турмалин-асбест; сплошные его массы встречены в центре северной части жилы вблизи старательской отработки на глубине 8—11 м в интенсивно растворенном кавернозном пегматите. Кроме того, геологами Нейвинской ГПП указывается мелкоигльчатый темно-бурый дравит, но это, вероятно, шерл.

Топаз $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$ в Казеннице является характерным для полостей самоцветом. Кристаллы его в разных парагенезисах не столь разнообразны по цвету, как в жиле Мокруше [3]. В Казеннице встречены бесцветные, бледно-голубые и бледно-розовые топазы. Для бледно-розовых кристаллов характерен псевдокубический габитус. Голубоватые короткопризматические кристаллы топаза росли совместно с дымчатым кварцем, клевеландитом и мусковитом. Бесцветные призматические топазы с богатым огранением (рис. 6, а) образовались совместно с раухтопазом, шерлом, калишпатом и бериллом. В другом образце топаз рос синхронно с розетковидным мусковитом и бесцветным бериллом (ростеритом), где топаз имеет более простую форму (рис. 6, б). Богат гранями топаз из сростка с раухтопазом и касситеритом (рис. 6, в). Очевидно, разные топазы по форме и парагенным минералам кристаллизовались не одновременно, но установить их четкую последовательность затруднительно из-за ограниченности материала и документации в выработках. Кристаллы топаза обычно невелики (до 1—3 см), с массой от одного до 150 граммов.

По рентгенометрическим данным, бесцветные и голубоватые топазы являются высокофтористыми с параметром ячейки b_o 8.782—8.786 Å, что соответствует примерно 20 мас. % фтора.

Широко проявлено растворение топаза от слабого затравливания до почти полного уничтожения кристаллов; другие минералы из сростков с топазом в таких случаях обычно растворены меньше или даже вовсе не затронуты.

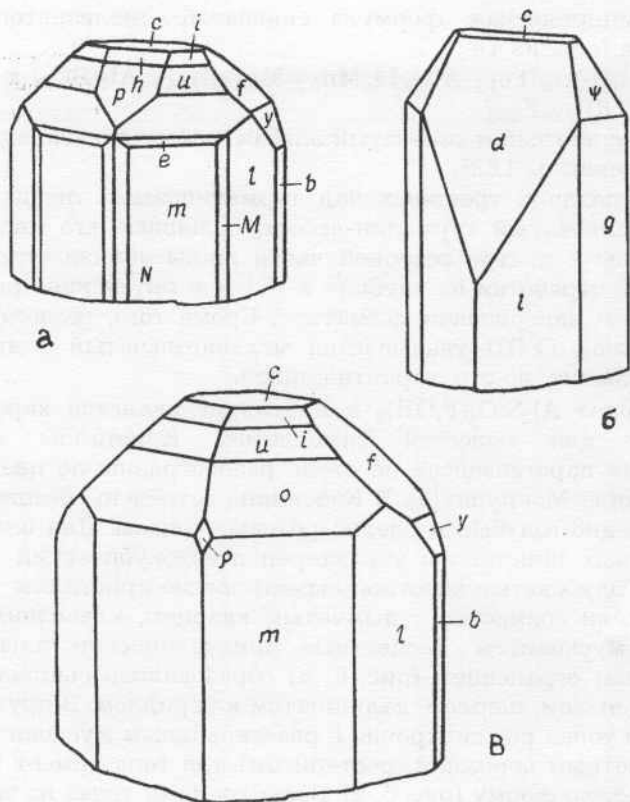


Рис. 6. Кристаллы топаза в последовательных парагенезисах минералов. Формы: $m\{110\}$, $l\{120\}$, $g\{130\}$, $M\{230\}$, $N\{210\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $f\{011\}$, $y\{021\}$, $d\{101\}$, $p\{102\}$, $h\{103\}$, $o\{111\}$, $u\{112\}$, $i\{113\}$, $e\{221\}$, $\psi\{132\}$, $\rho\{201\}$

Берилл $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ в жиле Казеннице весьма разнообразен и встречается во многих полостях в различных парагенезисах с кварцем, полевыми шпатами, мусковитом, гранатом, турмалином, топазом и другими минералами. По цвету отмечены бледно-зеленые, серовато-зеленые, желтовато-зеленые, зеленовато-желтые, желтые, голубые, бледно-голубые, зеленовато-голубые, голубовато-зеленые и бесцветные кристаллы. Преобладают зеленоватые и желтоватые разновидности, а гелиодоры, аквамарины и гошениты редки. Иногда в одном гнезде были разные по окраске бериллы; например, в гнезде № 4 встречены зеленые бериллы, гелиодор, мелкие желтоватые бериллы (массой до 2—10 г) и два крупных (около 900—1000 г) кристалла аквамарина.

В друзовых полостях с микроклином и топазом встречались изометричные и толстотаблитчатые бесцветные бериллы; с шерлом и раухтопазом — призматические и длиннопризматические голубоватые, зеленоватые и желтые бериллы; с эльбаитом и альбитом отмечены призматические и субизометричные зеленоватые бериллы и гелиодоры. Для большинства кристаллов габитусными формами являются гексагональная призма и пинакоид; на головках призматических желтых, голубых и бесцветных бериллов еще развиты одна или две дипирамиды (рис. 7). Наиболее сложная форма выявлена у длиннопризматического гелиодора (рис. 7, в), наиболее простая — у бесцветных субизометричных гошенитов и таблитчатого ростерита (рис. 7, г). Разнообразие бериллов по цвету, форме и парагенезисам в вертикальном разрезе жилы говорит о полигенерационности их выделения.

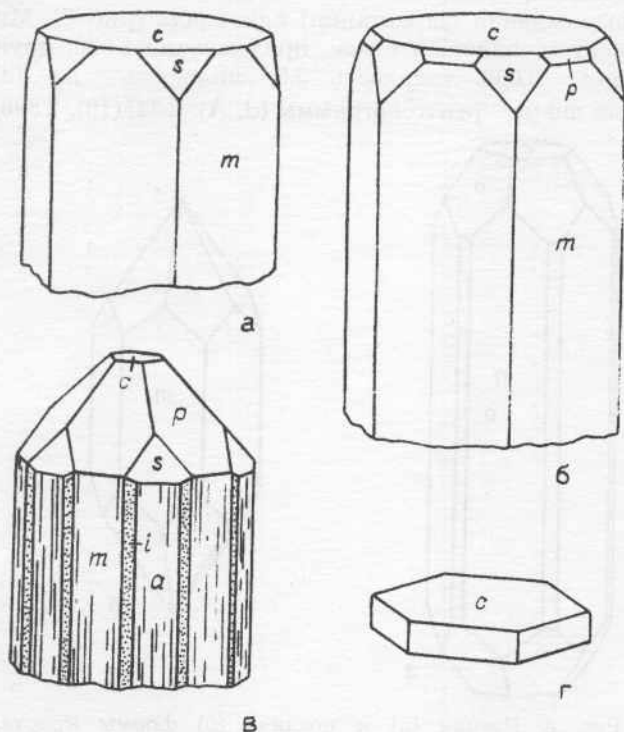


Рис. 7. Кристаллы берилла из друзовых полостей.
 Формы: $c\{0001\}$, $m\{10\bar{1}0\}$, $a\{11\bar{2}0\}$, $i\{21\bar{3}0\}$, $s\{11\bar{2}1\}$, $p\{10\bar{1}1\}$

В некоторых образцах отмечены две генерации берилла, например: ранний призматический зеленовато-желтый берилл (и гелиодор) до 2—5 см в парагенезисе с шерлом → поздний мелкий длиннопризматический гелиодор до 2—5 мм, нарастающий на шерл (гнездо 202); в другом случае отмечен ранний изометричный бесцветный берилл с мусковитом и более поздний зеленоватый призматический с альбаитом; но, к сожалению, при исследованиях мы не располагали всем добытым из жилы материалом.

Миларит $\text{KCa}_2\text{AlBe}_2\text{Si}_{12}\text{O}_{30} \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ найден В. И. Поповой в двух образцах А. А. Канонерова среди позднего мелкозернистого бледно-оранжевого или зеленовато-желтого мусковита, нарощего корочкой на полевых шпатах, кварце и шерле [5]. Миларит образует бесцветные или слегка желтовато-зеленоватые гексагональные призматические кристаллики величиной 0.3—0.5 мм с тенденцией вырождения (зарастания) пинакоида (рис. 8). Миларит имеет стеклянный блеск, преломление 1.536, двупреломление 0.002, твердость 5.5, спайность по (0001). Главные линии рентгенограммы (d , Å): 3.345(10), 2.896(8),

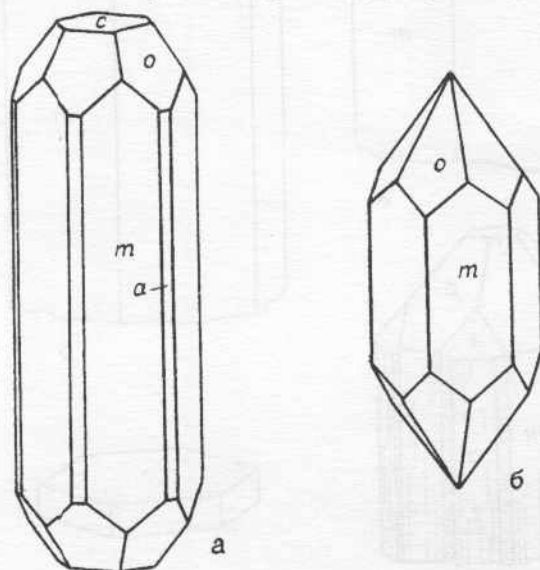


Рис. 8. Ранняя (а) и поздняя (б) формы кристаллов миларита.

Простые формы: $m\{11\bar{2}0\}$, $a\{10\bar{1}0\}$, $c\{0001\}$, $o\{10\bar{1}1\}$

4.22(7), 5.28(6), 2.767(6), 6.99(5) (РКД-57.3 мм, аналитик Н. И. Кашигина, ИМин). Состав исследован на микрозонде в одном зерне на грани призмы без полировки, поэтому данные занижены при сохранении соотношений атомных количеств элементов. Измеренные содержания, мас. %: SiO_2 51.82; Al_2O_3 4.36; CaO 8.18; MgO 0.01; MnO 0.03; FeO 0.21; Na_2O 0.07; K_2O 3.51; F 0.11; сумма 68.40 (BeO и H_2O не определялись; ЖХА-733, аналитик Е. И. Чурин, ИМин). По соотношению ряда элементов, форме кристаллов, оптическим и рентгеновским характеристикам уральский миларит наиболее сходен с миларитом из гранитных пегматитов Кольского полуострова.

Апатит (фторапатит) $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ из Казенницы в разных друзовых полостях и в разных парагенезисах различен по цвету и форме. Изометричные серовато-белые пинакоидально-призматические кристаллы величиной около 1.5 см встречены в друзе с альбитом, шерлом, бериллом и топазом. В сростках с альбитом и ростеритом найден синий короткопризматический апатит величиной до 2 см, огранный формами $m\{10\bar{1}0\}$, $c\{0001\}$, $y\{20\bar{2}1\}$, $s\{11\bar{2}1\}$; на мелких кристаллах обычно нет пинакоида. Показатель преломления синего апатита n_p 1.63, двуупреломление 0.005. Подобный синий апатит в соседней жиле Мокруше содержит примесь марганца.

Призматические кристаллы розового апатита до 1.6 см с соотношением размеров $c/a = 2$ образуют сростания с шерлом, альбитом и мусковитом и огранены призмой $m\{10\bar{1}0\}$, пинакоидом $c\{0001\}$ и слабо развитыми $a\{11\bar{2}0\}$, $y\{20\bar{2}1\}$. Голубоватый призматический апатит отмечался с раухтопазом, розоватым мусковитом и полихромным турмалином.

Из других фосфатов в Казеннице изредка встречаются ксенотим и новый минерал — канонеровит.

Ксенотим YPO_4 образует мелкие беловато- или розовато-коричневатые дипирамидальные кристаллики с гранями $z\{111\}$ величиной до 2—4 мм, а также ориентированные сростания с цирконом в альбите; кроме иттрия и фосфора, в нем есть небольшая примесь европия и диспрозия (РЭММА-202М, аналитик В. А. Котляров, ИМин).

Канонеровит (kanoneroovite) $\text{Na}_3\text{MnP}_3\text{O}_{10}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ — природный двенадцативодный декаоксотрифосфат натрия и марганца — найден В. И. Поповой пока только в одном

небольшом образце А. А. Канонерова (№ 104к) в виде белоснежной тонкой корочки на гранях кристаллов топаза, кварца и касситерита. Эта корочка состоит из мелких радиально-пластинчатых агрегатов с величиной кристалликов от долей миллиметра до 1—1.2 мм, чрезвычайно хрупких и разрушающихся под иглой и дающих положительную реакцию на фосфор. На агрегатах канонеровита кое-где позднее отложился тонкочешуйчатый желтовато-белый мусковит и единичные кристаллики стеллерита.

Отдельные кристаллики канонеровита (из сростков) бесцветные, моноклинной сингонии с внешней симметрией $2/m$, с габитусными гранями $a\{100\}$, $b\{010\}$, $e\{023\}$ и малоразвитыми и не всегда проявленными $r\{423\}$, $s\{001\}$, $n\{210\}$; кристаллики удлинены по $[001]$ и уплощены по $[100]$ со слабой спайностью по (010) (рис. 9, а). Твердость около 2.5—3 (по Моосу). В иммерсии бесцветный прозрачный, с отрицательным удлинением пластинок и близким к прямому угасанием (в некоторых зернах cNp до $5-7^\circ$, возможно, из-за расщепления кристаллов), n_g 1.459, n_p 1.453, двупреломление 0.005—0.006. На дебаеграмме проявлены 26 отражений, из них главные (d , Å): 10.37(8), 7.36(10), 6.90(9), 4.81(4), 3.50(5), 3.41(4), 3.316(7), 3.162(5), 2.889(8), 2.391(6). Рентгенограмма близка данным для синтетической моноклинной фазы такого же состава (Sodium Manganese Phosphate Hydrate) с параметрами элементарной ячейки a_0 15.13 Å, b_0 9.32 Å, c_0 14.76 Å, $\beta = 90^\circ$, пространственная группа симметрии $P2_1/n$ ([8]; ASTM, 27—753). По этим данным объем ячейки $V = 2081.33 \text{ \AA}^3$, расчетная плотность 1.89 г/см³ при $Z=4$.

Состав природного канонеровита (без анализа воды) определен микрорзондовым методом на гранях зерен без полировки; под электронным пучком минерал неустойчив, и результаты разных анализов несколько варьируют. Среднее из трех анализов, мас. % (в скобках — теоретическое содержание): Na_2O 14.77 (15.68); MnO 12.36 (11.97); P_2O_5 35.44 (35.92); H_2O (36.43) (ЖХА-733, аналитик Е. И. Чурин, ИМин). В некоторых анализах определены примеси Al, Si, K, Ca, Fe, Mg (весьма непостоянные и обусловленные примазками серицита и стеллерита).

Минерал назван именем Канонерова Александра Анатольевича (рожд. 1955 г.), уральского коллекционера, мецената ряда минералогических и естественно-историче-

ских музеев, выполнившего большую работу по сбору образцов для исследований как из жилы Казенницы, так и других пегматитов этого района.

Касситерит SnO_2 встречен в одном образце в сростании с топазом и слабодымчатым кварцем. Это псевдодипирамидальный двойник по (101), величиной 4 мм, коричневого цвета, подобный касситериту из жилы Мокруши. В энергодисперсионном спектре касситерита, кроме олова, есть незначительная примесь тантала и железа (возможны вросстки тапиолита).

Микролит $(\text{Ca}, \text{Na})_2\text{Ta}_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$ как редкий акцессорный минерал отмечен в друзовых агрегатах кварца с полевыми шпатами, мусковитом, гранатом, турмалином, топазом, бериллом. Это мелкие (до 1—2 мм) октаэдры желтого, желтовато-зеленоватого или коричневатого цвета, иногда с небольшими гранями куба. Рентгенограмма и качественный состав (РЭММА-202М) соответствуют микролиту.

Ферротанталит $\text{Fe}(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$ встречается в графическом пегматите (в мусковите и альбите) и в друзовых полостях. Обычно это мелкие (до 0.5 мм) черные радиально-лучистые и метелковидные (расщепленные) сростки столбчатых или удлинленно-пластинчатых кристалликов с грубой продольной линейной штриховкой и темно-коричневой чертой. В образце № 112к радиально-пластинчатые сростки черного ферротанталита (с альбитом и светло-зеленым мусковитом) характеризуются наличием в энергодисперсионном спектре Ta (преобладает), Nb, Fe и примесей Ti, Sc, Mn (РЭММА-202М, аналитик В. А. Котляров, ИМин); главные линии дебаеграммы, Å: 2.977, 1.458, 3.687, 3.288, 2.490, 1.716, 1.096, 1.905 (РКД-57.3 мм, Fe-излучение, аналитик Н. И. Кашигина, ИМин).

Манганотанталит $(\text{Mn}, \text{Fe})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$ характерен для более поздних парагенезисов друзовых полостей. Его мелкие игольчатые индивиды и лучистые сростки черно-коричневого цвета отмечены в полихромном турмалине, топазе, альбите с ганитом и спессартином. В составе его Ta преобладает над Nb, а Mn — над Fe (обр. № 44к; РЭММА-202М); главные линии дебаеграммы, Å: 2.962, 1.747, 1.725, 3.664, 1.540, 1.473, 1.458, 1.902, 2.548.

Стрюверит $(\text{Ti}, \text{Ta}, \text{Nb}, \text{Fe})_3\text{O}_6$ предположен по физическим свойствам и форме кристаллов-включений в одном из кристаллов бесцветного топаза; мелкие длиннопризматические тетрагональные кристаллики стрюве-

рита, слабо просвечивающие бурым цветом и с серым порошком, находились в топазе рядом с расщепленными таблитчатыми индивидами черного ферротанталита.

Брукит TiO_2 определен по форме таблитчатых кристаллов величиной 3—4 мм в рутиловых псевдоморфозах в двух образцах. Реликты собственно брукита не найдены.

Рутил TiO_2 диагностирован по рентгеноструктурным данным и составу в агрегатных псевдоморфозах по брукиту. Строение псевдоморфоз волокнистое, цвет серый; в энергодисперсионном спектре отмечен только титан. На параллельных волокнах рутила заметна сильная концентрация света.

Циркон $ZrSiO_4$ встречается довольно часто с альбитом, дымчатым кварцем, мусковитом, гранатом, ганитом, турмалином; характерны циркон-ксенотимовые сростания. Кристаллы циркона величиной 0.2—2 мм имеют призматический габитус. В ранних парагенезисах (с биотитом, мусковитом, алмандином, полевыми шпатами) отмечался циркон цирконовой огранки (рис. 9, б) с формами $m\{110\}$, $p\{111\}$, буроватой окраски (мутный)

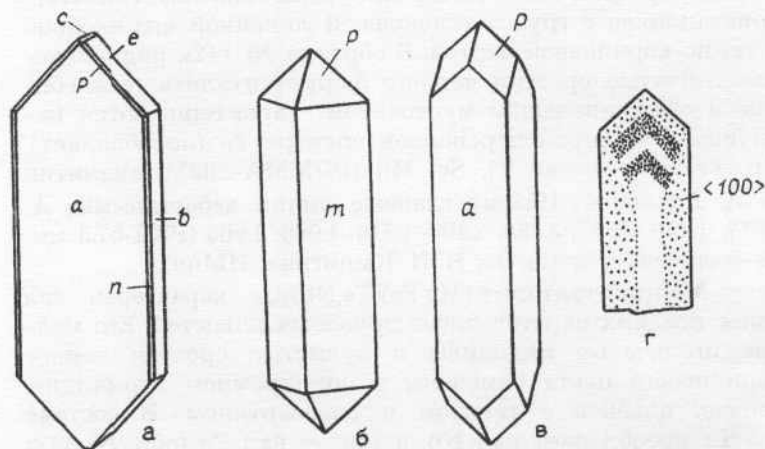


Рис. 9. Кристаллы каннеровита (а) и циркона (б-в) из жилы Казенницы:

б — раннего, в — позднего; г — зонально-секториальное строение позднего циркона в сечении $\langle 100 \rangle$. См. текст

и желто-розоватой (прозрачный); в поздних парагенезисах (с ганитом, спессартином, мелкозернистым мусковитом и среди стеллерита) — мутные радиально-призматические сростки циркона беловато-оранжевого и коричневатого-белого цвета с кристалликами гиацинтовой огранки (рис. 9, в) с формами $a\{100\}$, $p\{111\}$. Коричневато-белые кристаллы циркона отчетливо зональны и секториальны (рис. 9, г) по оптическим свойствам: в иммерсии интерференционная окраска в центральной зоне красная I порядка (с двупреломлением около 0.018), в периферических зонах призмы — желтая I порядка (двупреломление около 0.010), а в пирамиде роста $\langle 111 \rangle$ проявлены четыре зоны с чередованием серой, красной, снова серой и затем желтой окраски; в серых зонах показатель преломления опускается до 1.7 при очень низком двупреломлении (0.005—0.006), что характерно для гидроциркона или F-циркона (по Е. И. Семенову). Рентгенограмма такого циркона характеризуется главными линиями (Å): 3.32; 4.50; 2.54; 1.72; 2.09; 1.91. В энергодисперсионных спектрах циркона Казенницы проявлены примеси Hf, U, иногда Fe, Ca, Mn.

Ганит (железистый) $(\text{Zn,Fe})\text{Al}_2\text{O}_4$ образует редкие мелкие сине-зеленые выделения в мусковит-полевошпатовых агрегатах блоковой зоны и друзовых полостей в ассоциации с турмалином, альмандином-спессартином, танталитом и иногда с цирконом и ксенотимом. Содержание железа в ганите довольно высокое (около 8—10 мас. % FeO; примесь марганца незначительна; РЭММА-202М).

Андалузит Al_2SiO_5 определен по форме длиннопризматических кристаллов (с углом между гранями ромбической призмы 89°), включенных в кварц вместе с турмалином и полностью замещенных иллитом.

Флюорит CaF_2 светло-фиолетового цвета обнаружен в одном образце в пустотке со сферолитами розового турмалина. Зерно флюорита величиной 3 мм полурастворено, прозрачное, с твердостью 4, оптически изотропно, n 1.434.

Кальцит CaCO_3 является одним из поздних минералов друзовых полостей жилы Казенницы. В разных образцах минералогической коллекции установлено довольно большое морфологическое разнообразие кальцитов. К наиболее ранней (I) генерации относится беловатый тонкоаблитчатый папиришпат с величиной кристаллов до 6 см в шарообразном сростке, отлагавшийся после шерла и предшествующий поздним мелкозернистым эльбаиту

и альбиту. Позднее на папиришпате образовались наросты относительно толстотаблитчатого кальцита (рис. 10, а) величиной до 1 см. В других образцах толстотаблитчатый пинакоидально-тупоромбоэдрический или тупоромбоэдрический кальцит (рис. 10, б-в) отложился на альбите до стеллерита; такой кальцит отнесен ко II генерации. С поздним тонкозернистым серицитом и пиритом отмечен кальцит III генерации — округло-тупоромбоэдрические кристаллики величиной до 1—7 мм (рис. 10, г), а также сферокристаллы с последней тупоромбоэдрической зоной и скульптурой типа «черепицы». В некоторых полостях после стеллерита и до пирита встречался буроватый скаленоэдрический кальцит (IV), а после пирита и серицита

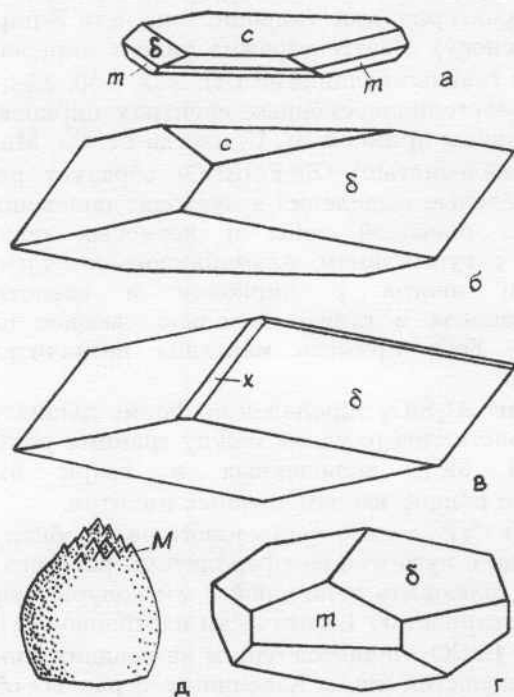


Рис. 10. Форма некоторых кристаллов кальцита в последовательных парагенезисах. См. текст.

Простые формы: $c\{0001\}$, $\delta\{01\bar{1}2\}$, $x\{10\bar{1}4\}$, $m\{10\bar{1}0\}$, $M\{40\bar{4}1\}$

— желтовато-буроватые или медово-желтые округлые расщепленные сферокристаллы кальцита V генерации (рис. 10, д); возможно, что это еще не все разнообразие кальцитов этой жилы.

По данным неполного химического анализа, наибольшее количество примесей марганца и железа характерно для раннего кальцита (папиришпата), а меньшее — для поздних сферокристаллов (табл. 3).

Стильбит $\text{NaCa}_2\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36}\cdot 14\text{H}_2\text{O}$ — **стеллерит** $\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ являются весьма характерными поздними минералами полостей в жиле Казеннице. Они представлены исключительно псевдоромбическими двойниками с плоскостями срастания (001) и $(\bar{2}01)$, почти одинаковыми в разных полостях и ассоциациях (рис. 11, а-б), и образуют друзовые мелкозернистые агрегаты на других более ранних минералах. Из простых форм на двойниках развиты $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, реже $f\{\bar{1}01\}$, $e\{021\}$, $t\{250\}$, $x\{551\}$ (по гониометрии). Двойниковые сростки чуть буровато-желтоватые (почти бесцветные) или белые, часто секториальные по окраске с буроватым (коричневым) цветом пирамид нарастания базопинакоида (рис. 11, в), иногда слабо зональные. Внешняя симметрия и огранка их соответствуют ромбической сингонии, однако по скульптуре и оптически (в иммерсии) выявляются индивиды с косым угасанием (моноклинной сингонии, $aNp=2-8^\circ$) и с прямым угасанием (ромбической сингонии?). Диффрактограммы 7 проб стильбита-стеллерита близки между собой с главными линиями (d , Å): 9.07; 4.04; 3.023; 2.766; 1.817; b_0 18.14 Å (ДРОН-3.0, Fe-излучение, аналитик Т. М. Рябухина, ИМин).

Таблица 3
Состав некоторых кальцитов (без CO_2) жилы Казенницы

Компоненты	1	2	3
CaO	51.67	52.29	55.17
MnO	1.59	0.79	0.43
FeO	0.54	0.48	0.16

Примечания: 1 — папиришат I генерации (обр. 50к); 2 — желтоватый мутный сферокристалл кальцита III генерации; 3 — прозрачный медово-желтый сферокристалл кальцита V генерации. Аналитик Л. Ф. Баженова, химлаборатория ИМин. Содержание MgO менее 0.5 мас. % (точнее не определено из-за малой пробы).

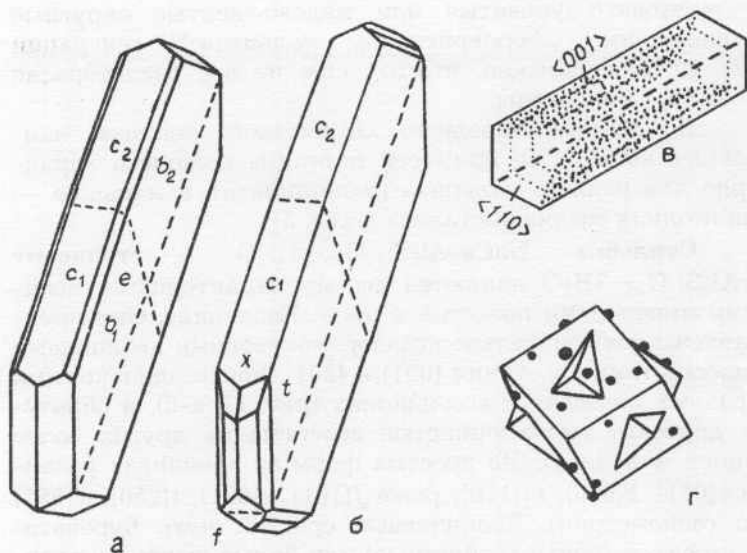


Рис. 11. Двойники стильбита-стеллерита (а-в) с секториальной окраской (в) и двойник шабазита (г) с микросферолитами шамозита на гранях.

Формы стильбита: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $t\{250\}$, $e\{021\}$, $f\{\bar{1}01\}$, $x\{551\}$. См. текст

В секториальных двойниках разные пирамиды роста (изученных проб) различны не только по цвету, но и по оптическим свойствам и, вероятно, составу. В пирамидах роста $\langle 001 \rangle$ буроватого цвета угол угасания aN_p обычно меньше ($2-3^\circ$), а в пирамидах роста призмы $\langle m \rangle$, бесцветных или белых, достигает $4-8^\circ$; в образце № 112к белый стильбит с $aN_p=8^\circ$ имеет n_g 1.498, n_p 1.485. Два микросондовых анализа секториальных кристаллов (№ 2к; аналитик В. Ю. Гурьянов, ЦНИГРИ) также несколько различаются (мас. %): Na_2O 0.46 и 0.73; K_2O 0.48 и 0.41; CaO 7.28 и 7.13; MgO 0.03 и 0.06; MnO 0.37 и 0.05; FeO 0.20 и 0.14; Al_2O_3 16.64 и 16.67; SiO_2 59.25 и 59.51, сумма (без воды) 84.71 и 84.51; участки анализа четко не зафиксированы, но можно полагать, что буроватые пирамиды роста $\langle 001 \rangle$ содержат меньше натрия и больше — марганца, железа, калия, кальция, алюминия по сравнению с беловатыми пирамидами роста призмы $\langle m \rangle$. Эти анализы рассчитываются на эмпирические формулы, ближе отвечающие эпистильбиту

$(\text{Ca}_{0.80}\text{Na}_{0.09}\text{K}_{0.06}\text{Mn}_{0.03}\text{Fe}_{0.03}\text{Mg}_{0.01})_{1.02}\text{Al}_2\text{Si}_{6.08}\text{O}_{16.11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

(анализ 1), или стеллериту

$(\text{Ca}_{0.88}\text{Na}_{0.10}\text{K}_{0.07}\text{Mn}_{0.03}\text{Fe}_{0.02}\text{Mg}_{0.01})_{1.13}\text{Al}_{2.23}\text{Si}_{6.75}\text{O}_{17.62} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,
но рентгеновские и оптические данные позволяют отнести их к стильбиту-стеллериту.

В некоторых образцах с мутным белым или зеленовато-серым стеллеритом они оказались частично замещенными агрегатом иллита.

Шабазит $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ встречен в двух образцах. В одном из них шабазит вырос одновременно со стильбитом на обломке кристалла микроклина. Оба цеолита сдвойникованы; шабазит образует двойник прорастания (рис. 11, г) величиной около 6 мм с двойниковой осью [0001], оранжево-буроватого цвета. Формы сростков шабазита и стильбита являются соответственными и стабильно прослеживаются в разных месторождениях. В другом образце на крупные таблитчатые кристаллы мусковита narосли двойники прорастания ромбоэдров {1011} шабазита в сростках с кубами пирита, подчеркивая соответствие этих форм. Шабазит в этом образце зеленовато-буроватый с величиной сростков до 5 мм, с низким двуупреломлением (0.002), n_m 1.48; на гранях шабазита есть ориентированные очень мелкие пластинчатые бесцветные наросты (возможно, таблитчатый шабазит?) и мельчайшие сферолиты шамозита. Дифрактограмма шабазита с главными линиями, λ : 9.26; 4.50; 4.31; 3.55; 2.92 — близка справочным данным.

Шамозит (тюрингит) $(\text{Fe},\text{Mg})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{O})_8$ в виде мелких черно-зеленых шариков до 0.1 мм найден на гранях двойников шабазита, narосших на крупные кристаллы мусковита. В иммерсии шарики имеют радиально-лучистое зональное строение, слабо плеохроируют в зеленовато-желто-серых тонах, двуупреломление около 0.010, средний показатель преломления 1.63; твердость шариков около 2.

Монтмориллонит $(\text{Na},\text{Ca})_{0.3}(\text{Al},\text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и каолинит $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ определены дифрактометрически в составе плотной беловатой глины («сала») из занорыша; в глине есть небольшая примесь кварца. Дифрактограмма имеет слабое разрешение пиков, среди которых наиболее интенсивны отражения монтмориллонита (15.2; 4.4; 2.56 Å) и слабые — каолинита (7.2 и 3.57 Å) и кварца (3.34 Å).

Из сульфидов в жиле отмечены пирротин, сфалерит и пирит.

Пирротин FeS встречен в поздней зоне роста кристалла дымчатого кварца из сростка с альбитом и бериллом. Пирротин магнитен, имеет величину 1.5 мм и индукционные поверхности роста с кварцем. Главные линии рентгенограммы, Å : 2.063; 2.644; 1.722; 2.992; 2.279 — соответствуют моноклинной фазе (клинопирротину). В одном из образцов отмечены псевдоморфозы пирита по толсто-таблитчатому псевдогексагональному минералу (возможно, по пирротину). Другая находка пирротина относится к ранней пегматитовой жилке с диопсидом и титанитом, где выделения клинопирротина достигают 4—5 мм. Идиоморфных кристаллов не найдено.

Сфалерит ZnS найден в глине друзовой полости в виде темно-коричневого кристалла величиной 2 см, ограненного двумя тетраэдрами $\{111\}$ и $\{1\bar{1}1\}$ в равном развитии, а также кубом и малоразвитыми ромбододекаэдром и тетрагонтриоктаэдром $\{411\}$. На сфалерите есть тонкие фигуры растворения и корочка наросшего стеллерита с мелкими кристалликами пирита. Состав сфалерита, мас. %: Zn 50.03; S 33.77; Fe 15.04; Mn 0.29; Cd 0.15; сумма 99.29 (микронзонд, аналитик В. Ю. Гурьянов, ЦНИГРИ). По наличию в жиле самостоятельных цинковых минералов — ганита и сфалерита — можно надеяться и на находку гентгельвина.

Пирит FeS_2 — характерный поздний минерал жилы Казенницы, особенно ее южной части ниже зоны окисления. Мелкие кубики пирита встречались наросшими на грани более ранних кристаллов в полостях либо совместно с цеолитами и кальцитом, либо с тонкозернистым мусковитом, либо самостоятельно. Самые крупные кристаллы достигали величины 3 сантиметра. Кроме граней куба, изредка встречались кристаллы с небольшими гранями пентагондодокаэдра $\{210\}$ и октаэдра. В одном из образцов отмечены псевдоморфозы пирита по толсто-таблитчатому моноклинному или ромбическому минералу (возможно, по пирротину), а также резкая смена формы пирита от куба к комбинации его с пентагондодокаэдром. По относительному возрасту встречался пирит до стеллерита и более поздний — после стеллерита. В зоне окисления по пириту развиты гетитовые псевдоморфозы (плотные или пористые).

Магнетит Fe_3O_4 как аксессуарный минерал встречается в пегматите краевой зоны; это зерна сложной формы (с индукционными поверхностями) величиной до 0.5—2 мм.

Гематит Fe_2O_3 и **гетит** FeOOH отмечены в виде мельчайших включений в мусковите при электронно-микроскопических исследованиях [2]: гематит образует тонко-таблитчатые кристаллики, а гетит — игольчатые. Кроме того, мельчайший гематит (менее 0.001 мм) встречается как продукт распада твердого раствора в калишпатах с желтовато-красноватым оттенком, а гетит широко развит в псевдоморфозах по пириту в коре выветривания.

Псиломелан $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ довольно часто образует пленки и оолиты черного цвета, являющиеся наиболее поздними (гипергенными). Оолиты мелкие, но иногда величина их до 1—1.5 мм, мягкие, часто зональные с чередованием плотных и рыхлых зон; при растворении в HCl выделяется газообразный хлор.

Заключение

Жила Казенница является первым разведанным крутопадающим пегматитовым телом с большим числом друзовых полостей (более двухсот) и разнообразной минерализацией; ранее в этом районе перспективными считались только пологие жилы.

Всего в жиле выявлено 44 минерала; общая последовательность их образования такова:

а) в краевой зоне — ортоклаз, олигоклаз, кварц, биотит, магнетит;

б) в промежуточной зоне — микроклин, альбит, кварц, биотит, альмандин, шерл, берилл;

в) в блоковой зоне — микроклин, альбит, кварц, мусковит, альмандин-спессартин, шерл, апатит, берилл, топаз, ганит, циркон, ксенотим, ферротанталит, стрюверит;

г) в полостях блоковой зоны — микроклин, альбит, кварц, мусковит, эльбаит, спессартин, топаз, брукит, андалузит, ганит, марганотанталит, касситерит, микролит, гематит, гетит;

д) поздние минералы полостей — мусковит, кварц, эльбаит, топаз, миларит, кальцит, шабазит, стильбит-стеллерит, рутил, флюорит, канонеровит, пирротин, сфалерит, пирит;

е) экзогенные минералы — вермикулит, монтмориллонит, каолинит, иллит, гетит, псиломелан.

Многие минералы жилы имеют довольно сложную историю развития. Так, ранние калишпаты менее упорядочены, хотя, казалось бы, для них больше возможностей упорядочения структуры. От ранних парагенезисов к поздним отмечена смена состава ряда минералов: для плагиоклазов — от олигоклаза к альбиту, для слюд — от биотита к мусковиту, для гранатов — от альмандина к спессартину, для минералов группы колумбита — от ферротанталита к манганотанталиту. Изменение формы кристаллов во времени охарактеризовано для калишпата, кварца, мусковита, граната, берилла, турмалина, апатита, кальцита.

На материалах жилы Казенницы получены новые данные о соответственных формах сокристаллизовавшихся минералов: шабазита и стильбита (см. рис. 10); шабазита и пирита; на Урале это уже четвертая точка, где отмечено соответствие форм этих минералов в сростках (ранее это установлено на Соколовско-Сарбайском, Качканарском и Вишневогорском месторождениях). При совместном одновременном росте кристаллов топаза, берилла, кварца и турмалина в жиле Казеннице отмечено соответствие их форм, подтверждающее установленные ранее [4] для пегматитов других объектов тенденции: с субизометричным кварцем кристаллизовались изометричные кристаллы топаза и турмалина и таблитчатый берилл; с удлиненопризматическим кварцем — короткопризматический топаз и призматические кристаллы турмалина и берилла. Соответственные формы кристаллов минералов в парагенезисах отмечены и для граната, кварца и мусковита: тетрагонтриоктаэдры {211} граната росли синхронно с короткопризматическим кварцем и таблитчатым мусковитом, а ромбододекаэдры граната — с длиннопризматическим кварцем и толстотаблитчатым мусковитом.

Многие минералы этой жилы несут следы неоднократного дробления и растворения; в дальнейшем минералы были частью регенерированы (с многоглавым ростом, сменой формы и другими явлениями) или сохранились как реликты и пустотки до наших дней. В разных местах растворение происходило либо избирательно (одного минерала или только определенных граней кристалла), либо растворялось в различной степени сразу несколько минералов (например, растворялись топаз, кварц

и калишпат при сохранении мусковита и альбита). В одной из полостей в результате растворения сохранились только разнообразные по форме и цвету кристаллы турмалина, пронизывавшего бывшие там и растворенные минералы; это привело к образованию на дне полости крупного скопления вторичного агрегата турмалина.

Фактически в крутопадающей жиле Казеннице всего в 20—30-метровом вертикальном разрезе проявлено значительное разнообразие минералов полостей, часто контрастно различающихся парагенезисами, формой и цветом минералов и последовательностью кристаллизации и явлений растворения, что указывает на долгофункционировавшую открытую систему при формировании пегматита. Жила чрезвычайно интересна и поздней минерализацией в полостях, где установлен новый минеральный вид — канонеровит, и впервые для Урала — миларит.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ по проекту 95-05-14047.

Литература

1. *Вертушков Г. Н.* Пегматиты Мурзинско-Адуйского района // Минералогия Урала, т. 1. М.: АН СССР, 1954. С. 116—135.
2. *Кулешов Ю. В.* Мусковит из гранитных пегматитов жилы Казенница (Средний Урал) // Металлогения древних и современных океанов / Матер. научн. студен. школы. Миасс: ИМин УрО РАН, 1995. С. 78—81.
3. *Попов В. А.* Онтогения пегматитов жилы Мокруши на Среднем Урале // Онтогения пегматитов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 3—27.
4. *Попов В. А.* Практическая кристалломорфология минералов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 191 с.
5. *Попова В. И., Попов В. А.* Миларит $\text{KCa}_2\text{AlBe}_2\text{Si}_{12}\text{O}_{30} \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ — первая находка на Урале // Уральская летняя минералогическая школа-96 / Матер. Всеросс. научн. конфер. Екатеринбург: УГГГА, 1996. С. 129—131.
6. *Таланцев А. С.* Камерные пегматиты Урала. М.: Наука, 1988. 144 с.
7. *Ферсман А. Е.* Месторождения драгоценных и цветных камней СССР // Избранные труды, т. VII. М.: АН СССР, 1962. С. 285—534.

8. *Rakotomahanina E, Averbuch-Pouchot M.-T. et Durif A.*
Donnees cristallographiques sur les triphosphates
du type $M^{++}Na_3P_3O_{10} \cdot 12H_2O$ pour $M^{++} = Ni, Co, Mn,$
 Mg, Zn et Cd // *Bull. Soc. fr. Mineral. Cristallogr.*, 1972.
V. 95. P. 516—520.