

## Минералы гранитных пегматитов Сибири

Борис М. Шмакин

Shmakin, B. M. 1991. Minerals of the Siberian granitic pegmatites. — *Geochem., Mineral. and Petrol.*, 28, 25-34.

Pegmatite fields and belts are distributed extremely irregularly in the vast territory of Siberia. They occur mainly in the southern part of East Siberia: Enissey Ridge, Eastern Sayan Range, Baikal Highland and Transbaikalia. All types of commercial granitic pegmatites occur there: muscovite, raremetal-muscovite, raremetal, rare earth and miarolitic pegmatites.

The Mama belt muscovite pegmatites are among the best pegmatites of this type in the world. Like the "ruby" mica of India, the muscovite crystals show high Ba and N concentrations. Potash feldspar there contains up to 3% Ba because of which it is often monoclinic. Tourmalines of the muscovite pegmatites are enriched in Al as compared to the common shorls.

A variety of raremetal pegmatites occur in the Eastern Sayans and Transbaikalia. Among the new discoveries, the exocontact biotite of the so-called "slyudites" should be noted. It contains 2—5% Cs<sub>2</sub>O, 1—4% Rb<sub>2</sub>O and up to 3% Li<sub>2</sub>O, thus being a possible source of caesium.

Rare-earth pegmatites occur mostly along the Baikal Lake coast. They contain allanite, betafite, euxenite, fergusonite and thorite. The amazonite variety of K-feldspar is very common. In one of the pegmatite fields, the REE mineralization is accompanied by Be minerals (beryl, phenakite, bavenite and bertrandite).

The miarolitic pegmatites occur in the Transbaikalia only. A new discovery in the Malkhan Range has outlined a commercial tourmaline-bearing pegmatite field. Polychromic crystals of tsilaizite-elbaite with high percentage of olenite component are very common. In addition, topaz, danburite, beryl, gambergite and attractive specimens of several minerals are also found. A specific feature of the Malkhan deposit is its enrichment in bismuth which has been discovered in tourmalines, columbite-tantalites and in the pyrochlore group.

*Key words:* minerals, granite pegmatites, Siberia.

*Address:* Institute of Geochemistry at the Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 664033 Irkutsk.

Приступая к минералогической характеристике пегматитов Сибири, прежде всего необходимо уточнить границы этой территории. По современным представлениям в контуры Сибири входят огромные пространства к востоку от Урала, ограничиваемые с юго-запада республиканской границей Казахской ССР. В нее не включаются самые восточные области РСФСР: Амурская, Магаданская, Камчатская, Сахалинская, Хабаровский и Приморский края. Месторождения пегматитов распределены на территории Сибири крайне неравномерно и приурочены главным образом к горным систе-

мам: Таймыр на Севере, Алтайское нагорье и хребет Танну-Ола на юге, Енисейский кряж, Восточные Саяны и Байкальская горная страна в обрамлении Сибирской платформы, Становой хребет, Алданское нагорье, Малханский хребет и Борщовочный кряж на юго-востоке.

Принятая нами классификация гранитных пегматитов базируется на схеме Г и н з б у р г а и Р о д и о н о в а (1960), в которой впервые группировка пегматитов была сделана на принципе глубинности их образования. Вместо глубины сейчас нами учитывается величина давления начального минералообразования, определенная преимущественно по газово-жидким включениям в минералах. Кроме четырех групп пегматитов, выделенных первоначально, мы добавили группу редкометалльно-мусковитовых пегматитов (Ш м а к и н, 1976). Редкоземельные пегматиты разделены, по данным К у з ь м е н к о (1976), на глубинные уран-редкоземельные и гипабиссальные иттрий-ниобиевые пегматиты. Своеобразна группа миароловых пегматитов. Наряду с давно выделявшимися хрусталеносными пегматитами, в нее должны быть включены и другие пегматиты с полостями, образующимися в редкометалльных, редкометалльно-мусковитовых и даже в мусковитовых пегматитах (З а г о р с к и й, Ш м а к и н, 1987).

При изложении материала по минералогии пегматитов Сибири мы сочли возможным объединить — с соответствующими оговорками — две группы редкоземельных пегматитов и все миароловые (кристаллоносные) пегматиты.

## Мусковитовые пегматиты

На территории Сибири расположены крупнейшие в СССР и одни из лучших в мире эксплуатирующиеся ныне месторождения Мамской слюдоносной провинции в бассейнах рек Витим, Мама и Чуя. Кроме того, имеются неплохие месторождения на р. Бирюса в Восточных Саянах, а также описанные еще Ф е р с м а н о м (1940) месторождения Енисейского кряжа. Следует добавить к ним пегматиты Букачанского поля на СЗ берегу озера Байкал, нескольких полей на п-ове Таймыр и многочисленные слюдопроявления почти по всей длине Станового хребта.

Из породообразующих минералов мусковитовых пегматитов главное значение имеет, разумеется, сам мусковит. Его пластины нередко достигают 1 м в поперечнике („в окно размером“), а иногда — 1,5—2 м („в дверь“). Любопытна ритмическая зональность окраски некоторых кристаллов, о причинах которой писали Н и к и т и н и Р у н д к в и с т (1967). Наиболее высоким качеством обладает мусковит однородной красновато-коричневой („рубиновой“) окраски. Кроме железа, обуславливающего окраску, в лучших слюдах Мамской провинции, как и Бихарской или Раджастханской провинций в Индии, довольно много примесей бария (Ш м а к и н, 1984) и азота (Ш и г о р о в а, Ш м а к и н, 1977). Вхождение азота в форме аммиака, так же как вхождение других нейтральных молекул — воды, углекислоты и др., обусловлено появлением вакансий при замещении двух ионов калия в мусковите одним ионом бария.

В последнее время кроме мусковита на Мамских месторождениях добывается большое количество калиевого полевого шпата, транспортируемого водой по Витиму и Лене, а потом — по железной дороге. Он очень чистый, содержит минимум примесей железа. Как и мусковит, калишпат содержит примесь бария (обычно — до 1%, иногда — до 3,5%), но она не мешает в керамическом производстве.

Весьма разнообразны на мусковитовых пегматитах Сибири графические сростания светлых полевых шпатов (особенно калиевого) с кварцем дымчатой окраски. Рисунок их широко варьирует в зависимости от крупности кристаллов и ориентировки, причем графические зоны могут чередоваться с мономинеральными полевошпатовыми. Это хорошие поделочные камни.

А. Е. Ферсман называл мусковитовые пегматиты шерл-мусковитовыми, поскольку в них очень много черного турмалина — шерла. Нередко этот минерал слагает „солнца“ — радиально-лучистые сростания, встречается в виде хорошо образованных призматических кристаллов разной длины. Своеобразные турмалин-кварцевые сростания имеют субграфический рисунок; они ассоциируют с аналогичными кварц-мусковитовыми агрегатами. Турмалины мусковитовых пегматитов резко обогащены алюминием по сравнению со стандартными шерлами (Г р а н и т н ы е п е г м а т и т ы, 1990).

Из других акцессорных минералов мусковитовых пегматитов интересен гранат существенно альмандинового состава. С о к о л о в и др. (1962) использовал состав граната в качестве своеобразного типохимического признака специализации пегматитов. Количества пироповой и спессартиновой составляющей повышены соответственно в т. наз. „керамических“ и в редкометалльно-мусковитовых пегматитах.

В эндоконтактных зонах некоторых пегматитовых тел Мамской провинции встречены кристаллы дистена (кианита) — явно перекристаллизованные из вмещающих дистеновых кристаллических сланцев. Именно в этих кристаллах впервые были изучены первичные включения жидкой углекислоты. По ее плотности были определены величины давления при образовании мусковитовых пегматитов, составившие  $(7 \div 8) \cdot 10^8$  Па.

## Редкометалльно-мусковитовые пегматиты

Эта переходная группа гранитных пегматитов в настоящее время не имеет большого практического значения. Мусковит здесь обычно зеленоватого цвета, ельчатый или с другими дефектами поверхности. Берилл относительно редко образует крупные кристаллы и достигает промышленных концентраций. Из других акцессорных минералов встречаются касситерит и колумбит, но и они в этом типе пегматитов не образуют значительных по масштабам проявлений.

В связи со сказанным одной из задач геохимического изучения гранитных пегматитов было создание индикаторов для отделения собственно мусковитовых и собственно редкометалльных пегматитов, имеющих серьезное практическое значение от переходных весьма распространенных в природе — редкометалльно-мусковитовых пегматитов. Наиболее чувствительным оказалось барий-рубидиевое отношение в калиевых минералах: калишпате, мусковите и биотите. Оно изменяет свою величину в зависимости от специализации на несколько порядков, причем индикаторы близки на месторождениях Восточной Сибири, Индии и США. Однако очень важно сравнивать одинаковые, желательны начальные генерации минералов, например калишпат графических сростаний или мусковит кварц-мусковитовых агрегатов.

В Сибири редкометалльно-мусковитовые пегматиты широко распространены: на Алтае, в Туве, на Енисейском кряже, в Приольхонье, на Витимском нагорье, в Восточном Забайкалье. Встречаются пегматитовые жилы редкометалльно-мусковитовой специализации и в пределах собственно мусковитовых полей и поясов, например в Мамской провинции. Минералы этих

жил часто характеризуются своеобразием окраски: ярко малиновый гранат (богатый спессартиновой составляющей), желтовато-зеленый мусковит, голубой апатит, желтый берилл и т. п.

Берилл — наиболее характерный минерал редкометалльно-мусковитовых пегматитов, которые иногда называют в связи с этим берилломусковитовыми (Г и н з б у р г, 1967). Обычно это идиоморфные призматические кристаллы зеленовато-желтого цвета различных оттенков (от „медового“ до светложелтого). Из щелочных элементов в составе берилла почти всегда преобладает натрий (0,3—1,7%  $\text{Na}_2\text{O}$ ), но в Мамской провинции и в Кондаковском поясе Енисейского кряжа существенную роль играет и калий (0,1—0,9%  $\text{K}_2\text{O}$ ), а в Приольхонском поясе — литий (до 0,6%  $\text{Li}_2\text{O}$ ). Содержания оксида цезия обычно 0,1—0,2%, на Енисейском кряже — всего 0,004—0,005%. Рубидий во всех бериллах является наименее распространенным щелочным элементом-примесью.

Колумбит встречается только в некоторых пегматитовых поясах Алтая, Енисейского кряжа и Байкальской горной страны, в том числе — и в Мамской провинции. Это уплощенные кристаллы черного цвета, обычно в альбите или в позднем т. наз. серебристом мелкочешуйчатом мусковите. Размер кристаллов — мм, а в длину несколько см. Соотношение Nb/Ta изменяется в пределах 3—6, что соответствует тантало-колумбиту и собственно колумбиту.

Касситерит тоже отмечен лишь в отдельных пегматитовых жилах редкометалльно-мусковитовой специализации—в тех же полях, что и колумбит. Образует мелкие (до 5 мм) короткопризматические и бипирамидальные кристаллы темнобурого цвета, рассеянные в зонах альбитизации. Содержит примесь тантала. Однако, количества касситерита в жилах так малы, а распределение его столь незакономерно, что промышленного интереса этот минерал иметь не может.

## Редкометалльные пегматиты

Пегматиты, содержащие минералы лития и других редких элементов, распространены в южной части Восточной Сибири достаточно широко. Однако не во всех случаях наличие в жилах редкометалльной минерализации позволяет отнести их к типу собственно редкометалльных пегматитов. Например, детально изученный пример присутствия лепидолита, рубеллита и розового берилла в части пегматитового тела пади Иликсин (М а к а г о н, Ш м а к и н, 1972) показал возможность образования редкометалльных минералов в пегматитах с кларковыми содержаниями лития, бериллия и цезия.

В результате кристаллизации больших объемов графического пегматита, практически не содержащего этих элементов, создались условия для их концентрирования в небольшой апикальной части круто залегающего крупного пегматитового тела. Здесь наблюдается типичная для редкометалльных пегматитов ассоциация: альбит, лепидолит, цезиевый розовый берилл и рубеллит. Но пересчет на весь объем тела показал уровень содержаний Li, Be и Cs, близкий к кларковым для гранитов.

Собственно редкометалльные пегматиты встречаются только в трех участках: в юго-восточной части Тувы, в Восточных Саянах и в Борщовочном кряже. Они весьма разнообразны по возрасту, условиям залегания и минералогии. Здесь встречаются практически все выделяемые в настоящее время разновидности редкометалльных пегматитов.

В настоящее время формация редкометалльных пегматитов подразделяется на две подформации: сподуменовые и петалитовые пегматиты, образовавшиеся при разных давлениях (Макагон, Шмакин, 1988). Первая подформация представлена преимущественно собственно литиевыми пегматитами, кристаллизовавшимися, начиная с  $(4,5 \div 5) \cdot 10^5$  кПа, а вторая — преимущественно комплексными пегматитами, формировавшимися при начальном давлении порядка  $2 \cdot 10^5$  кПа. Тем не менее в обеих подформациях имеются и комплексные Ве—Та—Li—Cs пегматиты, и собственно литиевые пегматиты, и пегматиты с бериллиево-танталовой или тантал-оловянной минерализацией, сопутствующей литиевой.

Наибольший минералогический интерес представляют комплексные редкометалльные пегматиты. Они содержат поллуцит, касситерит, многочисленные минералы тантала, ниобия и лития, берилл, бавенит, разнообразные фосфаты, слюды и полевые шпаты, а всего — более 100 минералов. Особо следует остановиться на цезиевой минерализации. Поллуцит в изученных телах присутствует как в виде обычных для него крупных кристаллов, до нескольких см в поперечнике, так и в виде мелкозернистых выделений в составе альбит-сподумен-микроклин-кварцевого комплекса. Значительная часть цезия сосредоточена в составе биотита экзоконтактных ореолов, достигающих мощности 10—15 м. Количество биотита здесь может составлять 40—70%, это своеобразные „цезиевые слюдиты“ — новый перспективный источник цезия (Овчинников и др., 1972). Содержание этого элемента в биотите ореолов — несколько процентов, вплоть до 7,7%  $Cs_2O$  (Глебов и др., 1974), это по существу новый минерал — цезиевый биотит. Биотиты на контактах некоторых жил комплексных редкометалльных пегматитов содержат 1,7—3,7%  $Rb_2O$  и 0,5—3,4%  $Li_2O$  при 0,3—1,6%  $Cs_2O$  (Загорский, Макарыгин, 1976).

Первичные фосфаты комплексных пегматитов представлены амблигонитом, монтебразитом, монацитом, апатитом, трифилином и литиофилином, а вторичные — гетерозитом, вивианитом, штрунцитом, лудламитом, митридатитом и некоторыми более редко встречающимися видами.

Список минералов тантала и ниобия включает танталит, ниобо-танталит, колумбит, микролит, тапиолит, воджинит. Из аксессуарных минералов в комплексных пегматитах чаще других встречаются циркон, сфен, эвксенит, флюорит, топаз, рутил. Пегматиты литиевого и бериллий-тантал-литиевого типа также достаточно богаты разнообразными минералами, за исключением цезиевых. К перечисленным выше минералам необходимо добавить прежде всего турмалин, встречающийся иногда в значительных количествах, различной окраски и состава.

Одно из полей собственно литиевых пегматитов находится целиком в карбонатных вмещающих породах. Это накладывает существенный отпечаток на минеральный состав пегматитов, а экзоконтактные изменения в мраморах ограничиваются незначительной по масштабам флюоритизацией. В пегматитах мало мусковита, зато часто встречаются слюды ряда биотит-флогопит, а также графит. Наряду с бериллом встречается гельвин. Среди аксессуарных минералов отмечены ферсмит, пирохлор, аксинит, ортит, торит, фергюсонит, ильменорутил, несколько сульфидов: пирит, галенит, молибденит.

Для литиевых пегматитов, залегающих в амфиболитах и в пачках переслаивания амфиболовых и биотитовых сланцев, характерны широкие ореолы гольмквиститизации и биотитизации. В пегматитах из слюд преобладают мусковит и лепидолит. Аксессуарные минералы представлены сфеном, монацитом, апатитом, ильменитом, пиритом, магнетитом, реже — турмалином,

цирконом, ортитом, ксенотимом, рутилом. Содержание турмалина-шерла достигает иногда 5—7%.

Бериллий-тантал-литиевые пегматиты, наряду с породообразующими минералами, содержат повышенное количество берилла (реже бавенита или александрита) и минералов тантала и ниобия: танталита, ниобо-танталита, колумбита. Обычен также касситерит, иногда с включениями танталовых минералов. Акцессорные минералы: турмалин, гранат, апатит, флюорит, монацит, ильменит, сфен, циркон, фенацит, магнетит, рутил.

Тантал-олово-литиевые пегматиты, аналогичные таким крупным зарубежным объектам, как Гринбушес в Австралии, Камативи в Зимбабве или Сан-Жуан-дел-Рей в Бразилии, в Сибири проявлены слабо. Имеется несколько пегматитовых полей с низкими содержаниями полезных компонентов в Восточных Саянах. Это обычно микроклин-альбитовые и альбитовые по составу полевых шпатов пегматитовые тела, содержащие лепидолит, мусковит и турмалин. Главная масса жил сложена кварц-альбитовым агрегатом, микроклин относительно редок. Берилла почти нет, а касситерит всегда содержит богатые танталом включения. Типоморфными танталовыми минералами являются танталит и мангано-танталит, реже встречается микролит.

Фтор-литиевый (фтор-тантал-литиевый) геохимический тип пегматитов выделяют в качестве типичного среди пегматитов, связанных с плюмазитовыми гранитами фаз дополнительных трещинных или межформационных интрузий (Кузьменко, 1976). Его главная особенность состоит в практическом отсутствии сподумена, петалита и амблигонита-монтебразита. Литиевая минерализация представлена лепидолитом, а из полевых шпатов резко преобладает альбит. Танталовые минералы: ниобо-танталит, тантал-содержащий касситерит, колумбит. Акцессорные: топаз, берилл, апатит, циркон, турмалин, гранат, пироксид. К этой же категории здесь относятся сподумен и амблигонит. В некоторых жилах таких фтор-литиевых (или лепидолит-альбитовых) пегматитов отмечаются значительные (до 5%) количества флюорита и мусковита, а из акцессорных минералов — микролит, поллуцит, эвксенит, сфен, рутил, монацит.

## Редкоземельные пегматиты

Пегматиты, содержащие разнообразные минералы редких земель (бетафит, фергюсонит, эвксенит, ортит и др.), а также повышенные количества примесей лантаноидов и иттрия в сфене, апатите, гранатах, находятся в Сибири практически лишь в Прибайкалье. Это классические пегматиты Слюдянки, описанные наиболее детально Калниным (1957), пегматиты гранитного массива бухты Ая и Тажеранских степей (Иванов, Шмакин, 1980), пегматиты Абчадского поля (Мануйлова и др., 1964). Как и для редкоземельных пегматитов Кольского полуострова, для пегматитов Сибири очень характерно присутствие амазонита.

Имеется несколько разновидностей редкоземельных пегматитов Прибайкалья. Одна из них — это титанит-пироксеновые жилы Слюдянки, залегающие в мраморах, кальцифирах и пироксеновых породах, — типичные „пегматиты линии скрещения“ А. Е. Ферсмана. В них, наряду с полевыми шпатами и кварцем, много пироксена из семейства диопсид-эгириновит, повышено количество анортитовой составляющей в плагиоклазе, гранат представлен андрадитом, присутствует кальцит. Единственным редкоземельным минералом является ортит, но в титаните содержится 0,6—

1,6%  $\text{TR}_2\text{O}_3$ . Из других акцессорных минералов присутствуют циркон, апатит, флюорит.

Вторая разновидность редкоземельных пегматитов Слюдянки — это биотит-калишпатовые жилы (иногда с роговой обманкой и альбитом), содержащие наряду с ортитом и титанитом бетафит, эвксенит, фергюсонит и торит. Гранат здесь имеет альмандин-спессартиновый состав, а калишпат часто представлен амазонитом. Из других минералов присутствуют турмалин, магнетит, циркон. Именно эти жилы изучались в начале XX века Радиевой экспедицией Российской Академии наук в качестве возможного источника урана и радия. Памятником этому периоду развития отечественной науки являются сохранившиеся до наших дней копи, носящие имена Якунина, Вернадского, Кабера, Пилипенко и других естествоиспытателей.

Пегматиты Приольхонья, как называют участок северо-западного побережья оз. Байкал между устьем р. Бугульдейка и южной оконечностью острова Ольхон, тоже достаточно разнообразны. В юго-западной части этой полосы имеются две крупные жилы в габброидах: Хлопинитовая и Нарын-Кунта. Первая названа по хлопиниту — разновидности эвксенита (ныне она дискредитирована). Его крупные пластинчатые кристаллы в ассоциации с гранатом, турмалином, бериллом, колумбитом, ортитом и магнетитом встречаются в зонах кварц-мусковитового замещения, явно наложенных на графический калишпатовый пегматит с лейстами биотита. Вторая знаменита идеально чистыми крупными кристаллами калишпата (частично амазонитизированного), извлекаемыми для нужд керамической промышленности. Эти кристаллы вместе с дымчатым кварцем (он тоже используется) слагают центральную блоковую зону, окруженную графической и мелкозернистой эндоконтактовой зонами. В последней много крупных кристаллов роговой обманки, а в графической — лейст биотита. Акцессорные минералы представлены турмалином, гранатом, титанитом, магнетитом и фергюсонитом.

В районе Тажерана широкой известностью пользуются крупные амазонитовые жилы, пересекающие палеозойские щелочные породы и вмещающие их мраморы. Именно в них был выявлен менделеевит — своеобразная разновидность бетафита (тоже ныне дискредитирована). Одна из жил — Северная — была объектом осмотра во время экскурсии XI сессии Международной минералогической ассоциации (1978 год). Она зональна, и главную ее часть слагает крупноблоковое ядро мощностью до 7 м, сложенное кристаллами калишпата — амазонита, дымчатым кварцем и альбитом. Вокруг ядра — существенно калишпатовый среднеблоковый пегматит, а за ним — эндоконтактовая плагиоклазовая оторочка. Все три зоны содержат слюды. Кроме бетафита, среди акцессорных минералов много турмалина, граната, магнетита, есть титанит, ортит, циркон, апатит, фергюсонит, висмутин.

В пределах палеозойского массива лейкократовых гранитов у бухты Ая пегматиты имеют несколько другой характер. Они невелики по размерам, обычно имеют неправильную форму и постепенные переходы к вмещающим гранитам. Кроме микроклина белого цвета, в пегматитах есть и амазонит. Зональность выражена нечетко. Акцессорные минералы представлены ортитом, гранатом, турмалином, флюоритом.

В Абчадском пегматитовом поле, расположенном к северо-востоку от северной оконечности озера Байкал, также широко развиты амазонит-содержащие жилы с редкоземельными минералами: эвксенитом, самарскитом, ортитом, монацитом. Особенностью этих жил является постоянное присутствие минералов бериллия: берилла, фенакита, бавенита, бертрандита, гадолинита (Мануйлова и др., 1964).

Пегматитовые жилы поля хорошо дифференцированы и зональны. Из полевых шпатов альбит и кварц имеются во всех зонах, микроклин обычного цвета — в двух типах парагенезисов и амазонит — еще в двух парагенетических ассоциациях. Среди аксессуарных минералов, кроме редкоземельных и бериллиевых, отмечены колумбит, касситерит, флюорит.

## Миароловые пегматиты

Распространение пегматитов, содержащих полости с кристаллами различных минералов, также достаточно локально. Все они находятся в Восточном Забайкалье: в Малханском хребте, в Борщовочном кряже и к югу от него — в отдельно стоящем массиве Адун-Чолон, хорошо известном еще по описаниям Ферсмана (1940). Именно с его характеристики мы и начнем.

Мезозойский гранитный массив Адун-Чолон имеет округлую в плане форму с диаметром примерно 10 км. Все многочисленные пегматитовые жилы с кристаллоносными полостями расположены в эндоконтактной части массива, среди порфиroidных биотитовых гранитов. Это небольшие фациальные тела сферической, линзовидной, трубчатой и пластинчатой формы. Мощность тел — обычно от 1 до 5 м, длина — от 5 до 20 м, иногда до 100 м.

Миаролы находятся в центральных зонах пегматитовых тел — кварцевом ядре и окружающих его пегматоидной или мономинеральной микроклиновой. Главную массу кристаллов в миаролах составляют кварц и микроклин, далее следуют альбит, мусковит, флюорит, топаз, берилл и турмалин. Особый интерес представляют игольчатые и волосовидные включения турмалина-шерла в кварце. Из аксессуарных минералов в пегматоидной зоне наиболее часто встречаются ильменит, циркон, апатит и магнетит; реже отмечаются монацит, ортит, циртолит, анатаз, сульфиды. В поздних выделениях наблюдаются халцедон, десмин, скородит и нонтронит.

Берилл Адун-Чолона представлен обычно призматическими кристаллами аквамарина. По этой причине его часто путают с игольчатым аквамарином из грейзенов неподалеку расположенной (всего 10—12 км) Шерловой горы. Но парагенезис здесь совсем иной. Наряду с аквамарином, топазом и кварцем он включает мелкочешуйчатую зеленую слюду, касситерит, вольфрамит, базобисмутит, белый или зеленоватый непрозрачный берилл.

Борщовочный кряж является одной из крупнейших известных провинций развития миароловых пегматитов. Здесь известны многие десятки месторождений, часть из которых перечислена в работах Ферсмана (1940) и Успенскую (1943): Завитинское, Савватеево, Малокулиндинское, Золотая гора, Ургучан и др. В настоящее время драгоценные и поделочные камни из них не извлекаются, и только коллекционные образцы иногда попадают в музеи.

Как и в других регионах, главную массу друз составляют сростания кристаллов кварца, калишпата и альбита. Но во многих полостях встречаются также слюды, берилл и турмалин разных оттенков, топаз, флюорит. Выделены минеральные типы миароловых пегматитов Борщовочного кряжа (Татаринов, Шмакин, 1976): кварцево-полевошпатовые, мусковито-берилловые, биотито-шерловые, лепидолито-рубеллитовые, мусковито-берилло-топазовые, мусковито-верделитовые. Уже по этому перечню видны три цветовые разновидности турмалина. Бериллы здесь тоже разнообразны: зеленые, голубые, розовые.



В настоящей сводке невозможно дать даже краткое описание отдельных месторождений Борщовочного кряжа. В дополнение к приведенному выше перечню типичных ассоциаций минералов в миаролах добавим лишь список акцессорных минералов пегматитов. Он включает касситерит, танталит, колумбит, ортит, эвксенит, монацит, магнетит, гранат, апатит. Наряду с друзами и отдельными кристаллами минералов большой интерес в ряде мест представляют графические сростания кварца с полевыми шпатами, морион в качестве сырья для изготовления раух-топаза, аметист, красивые „цветные“ коллекционные ассоциации, включающие фиолетовый лепидолит, голубоватый альбит и зеленый, либо розовый турмалин.

Месторождения Малханского хребта известны сравнительно недавно, а геологоразведочные работы на собственно Малханском пегматитовом поле проводились уже в 80-х годах, всего несколько лет назад. Сотрудники нашей Лаборатории принимали в этих работах самое активное участие. В настоящее время здесь разведано и эксплуатируется крупнейшее в СССР месторождение ограночного рубеллита, уже поставившее на мировой рынок значительное количество сырья и коллекционных образцов.

Пегматиты Малханского поля пространственно и генетически связаны с мезозойскими палингенными гранитами. Наряду с калишпатовыми и двуполевошпатовыми пегматитами миаролы встречаются и в олигоклазовых жилах, но все продуктивные тела относительно обогащены бором, фтором, литием и цезием. Размеры миарол — от 0,01 до 3 м<sup>3</sup>, причем в одном пегматитовом теле может содержаться разное число полостей — до 10 и 20. Их форма от сферической до щелевидной и трубообразной.

В пегматитах Малханского поля известны более 40 минеральных видов. Наибольший интерес представляет, разумеется, турмалин. В полихромных образцах смена зон идет в следующем порядке: черный—коричневый—желтый — желто-зеленый — розовый, красный разных оттенков — белый, бесцветный-темнозеленый — иногда синий. Обычный размер кристаллов — до 7 см в длину при 2—3 см в поперечнике, но есть индивиды до 15 × 40 см. Красивы сростания полихромного турмалина с кварцем, альбитом, лепидолитом, гранатом, данбуритом.

Из других минералов в пегматитах Малхана в качестве кристаллосырья могут представлять интерес топаз, берилл, гамбергит, поллуцит. Обилен список акцессорных минералов: стрюверит, колумбит-танталит, поликраз-эвксенит, висмутовые разновидности пирохлора (псевдоморфозы по минералам ряда колумбит-танталит). Вообще висмутовая минерализация проявлена в пегматитах поля очень разнообразно: самородный висмут, висмутит, висмуто-танталит, висмуто-колумбит, висмуто-микролит. В. Е. Загорским и И. С. Перетяжко (1989) описаны несколько новых минералов висмута, висмутсодержащий турмалин. Обнаружены также небольшие участки стибियो-бетафита и стибियो-микролита. Большой интерес представляет борсодержащий литиевый хлорит.

Из обычных для гранитных пегматитов акцессорных минералов встречаются ильменит, монацит, ксенотим, апатит, циркон-гафон, касситерит. В материале заполнения миарол отмечены флюорит, петалит, ломонит, стильбит.

## Заключение

Таким образом, оценивая пегматиты Сибири в целом, мы видим, что здесь имеются все промышленные типы гранитных пегматитов, причем самые яркие их представители вполне сопоставимы по богатству минералами и

качеству сырья с наиболее известными в мире мусковитовыми пегматитами Индии, редкометалльными пегматитами Африки или миароловыми пегматитами Запада США.

В то же время следует подчеркнуть, что ареал распространения пегматитов в Сибири не так уж широк. Это по преимуществу южная часть Восточной Сибири, главным образом — территория Иркутской области и прилегающих к ней территорий Красноярского края, Тувинской и Бурятской АССР, Читинской области.

## Л и т е р а т у р а

- Гинзбург, А. И. 1967. Некоторые проблемы образования эндогенных редкометалльных месторождений. — Геол. рудн. местор., 9, № 5. 59—74.
- Гинзбург, А. И., Г. Г. Родионов. 1960. О глубинах образования гранитных пегматитов. — Геол. рудн. местор., 2, № 1, 45—54.
- Глебов, М. П., Д. С. Глюк, В. Н. Собаченко, Б. М. Шмакин. 1974. Геохимические особенности процесса образования цезиевых слюдитов в амфиболитах. — Геохимия, № 9, 1342—1348.
- Гранитные пегматиты. Т. I. Слюдяносные пегматиты. 1990. Новосибирск, Наука. 208 с.
- Загорский, В. Е., А. И. Макарыгин. 1976. Эволюция состава слюд в экзоконтактах танталоносных пегматитов. — Геохимия, № 9, 1362—1369.
- Загорский, В. Е., Б. М. Шмакин. 1987. Принципы классификации миароловых пегматитов. — В: Современные проблемы теоретической и прикладной геохимии. Новосибирск, Наука, 57—63.
- Иванов, А. Н., Б. М. Шмакин. 1980. Граниты и пегматиты Западного Прибайкалья. М., Наука. 220 с.
- Калинин, П. В. 1957. О пегматитах Слюдянского района в Южном Прибайкалье. — Тр. Моск. геолого-разв. инст., 31, 81—101.
- Кузьменко, М. В. 1976. Поля редкометалльных гранитных пегматитов. М., Наука. 332 с.
- Макагон, В. М., Б. М. Шмакин. 1972. О причинах проявления редкометалльной минерализации в пегматитах с кларковыми содержаниями редких элементов. — Ежегодник — 1971, СибГЕОХИ, 139—144.
- Макагон, В. М., Б. М. Шмакин. 1988. Геохимия главных формаций гранитных пегматитов. Новосибирск, Наука. 210 с.
- Мануйлова, М. М., И. К. Асланов, М. В. Терентьева. 1964. Особенности геологического положения и минерализации редкометалльных пегматитов одного из районов Сибири. — Тр. Лабор. геол. докембрия, 19, 322—331.
- Никитин, В. Д., Д. В. Рундквист. 1967. Влияние динамики тектонических движений на процессы гидротермального минералообразования. — Зап. Всес. Минерал. об-ва, 96, № 5, 597—607.
- Овчинников, Л. Н., И. А. Полетаев, В. Е. Рябенко, Н. А. Солодов, В. А. Хвостова. 1972. Цезиевые слюдиты — новый перспективный тип цезиевого оруденения. — Докл. АН СССР, 206, № 3, 698—701.
- Перетяжко, И. С. 1989. Минералого-геохимические особенности миароловых пегматитов Малханского поля (Центральное Забайкалье). Автореферат канд. дисс. Иркутск. 24 с.
- Соколов, Ю. М., В. С. Быкова, М. М. Мануйлова. 1962. Граниты пегматитовых жил Северо-Байкальского пегматитового пояса. — Зап. Всес. Минерал. об-ва, 91, № 5, 537—549.
- Татаринов, А. В., Б. М. Шмакин. 1976. Средний состав, особенности распределения элементов-примесей и геохимическая специализация миароловых пегматитов (Восточная Сибирь). — Геохимия, № 2, 272—282.
- Ферсман, Е. Е. 1940. Пегматиты. Т. I. Гранитные пегматиты. М.—Л., АН СССР. 640 с.
- Шигорова, Т. А., Б. М. Шмакин. 1977. ИК-спектры слюд с исходными и экспериментально введенными ионами аммония. — Геохимия, № 11, 1718—1722.
- Шмакин, Б. М. 1976. Мусковитовые и редкометалльно-мусковитовые пегматиты. Новосибирск, Наука. 368 с.
- Шмакин, Б. М. 1984. Причины и следствия высоких содержаний бария в листовых мусковите и флогопите. — Докл. 27 Междунар. геол. конгр. Т. 15. Неметалльные полезные ископаемые. М., Наука, 110—115.
- Uspensky, N. M. 1943. The genesis of the granitic pegmatites. — Am. Mineral., 28, No 7/8, 437—447.