

УДК 553.3/4:553.2:550.4

## ТИПИЗАЦИЯ ПЕГМАТИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ АЛТАЯ

Гусев А.И.

*Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бийск,  
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные о составе и строении различных пегматитов Алтая. Пегматиты датируются ранним триасом и ранней юрой. Как правило, это дифференцированные разновидности с зональным строением. По составу среди них выделяются 4 типа: бериллиевый, редкоземельный, тантал-ниобиевый, комплексный бериллий-тантал-ниобий-уран-редкоземельный. Они состоят из кварца, полевых шпатов, слюды. Пегматиты включают также берилл, турмалин, флюорит, гранат, танталит, колумбит, пектолит, ортит, ксенотим, сиклерит, танталит-колумбит, циртолит, уранинит, висмутин, эвлитин, бисмутит, фергусонит, гатчетолит, халькопирит, борнит. В целом пегматиты региона являются редкометалльно-редкоземельными. В бериллиевом типе имеются ювелирные камни: аквамарин, горный хрусталь, раухтопаз.

**Ключевые слова:** дифференцированные пегматиты, типы, берилловые, ортитовые, тантал-ниобиевые, комплексные, циртолит, уранинит, пектолит, сиклерит, висмутин, эвлитин, фергусонит, гатчетолит, аквамарин.

## TYPEZATION OF PEGMATITE MINERALIZATION OF ALTAI

Gusev A.I.

*The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data about composition and fabric different pegmatites of Altai lead. The pegmatites date Early Triassic and Early Jurassic. There are differentiation varieties with zone fabric. 4 types detached on composition: beryllium, rare earth elements, tantalum-niobium, complex beryllium-tantalum-niobium-uranium-rare earth elements. They consist from quartz, feldspars, mica. Pegmatites include beryl, tourmaline, fluorite, garnet, tantalite, kolumbite, pectolite, orthite, xenotime, sicklerite, tantalite-kolumbite, cyrtolite, uraninite, bismuthinite, bismutite, evlinitite, fergusonite, hatchetonite, chalcopyrite, bornite so. Pegmatites of region appear rare metals-rare earth elements in whole. The jeweler stone has in beryl type: aquamarine, quartz crystal, rauchtopaz.

**Keywords:** differentiation pegmatites, types, beryllic, orthites, tantal-nyobium, complexic, cyrtolite, uraninite, bismuthinite, bismutite, evlinitite, fergusonite, hatchetonite, chalcopyrite, bornite, tantalite, kolumbite, pectolite, orthite, xenotime, sicklerite.

### Введение

Пегматиты имеют большое практическое значение, являясь источником разнообразных полезных ископаемых: керамического сырья (полевой шпат, кварц), электротехнического сырья (слюда), драгоценных и цветных камней (берилла, аквамарина, циркона и т.д.), рудных месторождений (бериллия, тантала, ниобия, редких земель) [12]. На Алтае гранитные пегматиты весьма разнообразны по составу и содержат все выше перечисленные типы минерализации [2-6, 11]. Они связаны с гранитоидами Белокурихинского комплекса [1], а также с редкометалльными пегматитами Прителечья [2].

### Типы редкометалльных пегматитов Алтая

Пегматиты Белокурихинского рудного района пространственно и парагенетически связаны с одноименным интрузивным массивом. Пегматиты в пределах Белокурихинского плутона размещены на севере и на юге, образуя 2 полосы, к которым приурочены редкометалльные месторождения. В северной полосе пегматиты образуют проявления и месторождения тантала, ниобия

(руч. Крутенький, ключ Слепой), редко – бериллия (Теплуха). В южной полосе к пегматитам приурочены месторождения и проявления бериллия (Курановское месторождение, Фёдоровское проявление). Пегматиты в первом случае локализуются среди меланогранитов первой фазы, двуслюдяных гранитов второй и лейкогранитов третьей фаз и тесно ассоциируют с дайками аплитов, лейкогранит-порфиоров. В южной части плутона пегматиты локализуются в пределах лейкократовых гранитов третьей фазы (Курановский, Осокинский) и нередко тесно ассоциируют с редкометалльными грейзенами. Редкометалльные пегматиты Белокурихинского плутона характеризуются разнообразием минералов, обнаруженных в них. Главными породообразующими минералами являются кварц и полевые шпаты. В некоторых из них присутствуют мусковит, турмалин, топаз, апатит, циркон, гранат, берилл, тантало-ниобаты.

**Проявление бериллия ручья Крутенький** находится в верховьях ручья Крутенького, правого притока р. Черновой в 1,5 км к юго-востоку от южной окраины с. Черновое. Жила пегматита с кристаллами берилла

впервые здесь была найдена Белокурихинской партией в 1940 г. Участок сложен порфиридовидными биотитовыми гранитами в различной степени мусковитизированными и турмалинизированными. Среди гранитов отмечается большое количество аплитовых и пегматитовых тел. Пегматитовые тела имеют жилообразную, реже линзовидную форму. Зональность выражена слабо. Структура большинства тел мелкозернистая, со слабым развитием зоны блокового полевого шпата и кварца. Пегматиты и вмещающие их граниты иногда пересекаются трещинками взбросового типа с амплитудой перемещения на несколько сантиметров. Простирание трещин близко к широтному. Вдоль некоторых трещин наблюдается пиритизация и флюоритизация в виде зерен желтовато-фиолетового флюорита размером 1-2 мм. На участке выявлено 4 жильных тела пегматитов с бериллием. Тело № 1 находится в верховьях ручья Крутенького. Оно приурочено к дайке аплитовидных гранитов. Дайка прослежена горными выработками на 240 м. Северо-восточный конец дайки, где ее мощность достигает 6 м, перекрыт рыхлыми отложениями, а юго-западный выклинивается. Мощность дайки колеблется от 0,5 до 6 м. Среднее простирание дайки  $50^\circ$ , падение на северо-запад  $80-85^\circ$ . Мусковитовые аплитовидные граниты содержат непрерывно распределенные выкаты пегматитов, линзообразной и неправильной формы, длиной до 40 м и мощностью до 5 м. Иногда в пегматитовых выкатах присутствуют кристаллы зеленовато-голубого берилла размером от долей миллиметра до 3 см. Наиболее крупное жилообразное тело пегматитов, с бериллом, согласно залегает в средней части дайки. Оно имеет длину 16 м, среднюю мощность 0,12 м. Сложено среднезернистой пегматоидной породой, состоящей из розового микроклина, дымчатого кварца, зеленоватого мусковита. Берилл присутствует в виде радиально-лучистых сростков и одиночных кристаллов зеленовато-голубого цвета. Длина кристаллов берилла колеблется от долей миллиметра до 10 см и толщиной до 3 см в поперечнике. Преобладают кристаллы длиной 4-5 см. Здесь же часто встречается пирит. В искусственном шлихе установлены следующие минералы, в единичных зернах: магнетит, ильменит, гранат, биотит, мартит, лимонит, эпидот, турмалин, монацит и циркон. Рудное тело №2 находится в 150 м к северу-западу от тела № 1.

Оно прослежено канавой на 28 м. Пегматит крупнокристаллический мусковитовый, с оторочкой аплита мощностью до 0,1 м. Местами пегматит имеет полосчатую текстуру, обусловленную параллельными тонкими прожилками стекловидного кварца и полевого шпата. Берилл встречается как в полосчатых пегматитах, так и в оторочках аплита, в виде веерообразных скоплений до 5 см в длину. Среднее содержание по данным 14 бороздовых проб  $BeO - 0,02\%$ . Анализы рудоразборного берилла не проведены. В протоколках бороздовых проб определены: бисмутит от единичных зерен до 912 зерен, монацит от единичных зерен до 87 зерен, в некоторых пробах отмечаются единичные зерна тантало-ниобиевых минералов и молибденита. Аналогичное строение и содержание полезных ископаемых установлено и в двух других наиболее крупных пегматитовых телах участка. Кроме того, здесь же вскрыты еще менее мощные жилообразные тела пегматитов без видимых кристаллов берилла. Прослеживание их не проводилось. На участке наиболее вероятно нахождение новых бериллоносных тел на продолжении жилы № 1 в обоих направлениях.

**Проявление тантало-ниобатов ручья Слепого** находится в верховье ручья Слепого, левого притока реки Черновой. Тела пегматитов на этом участке известны с дореволюционных времен, когда разрабатывались с целью добычи кварца для стекольного завода. Дмитриевской партией были вскрыты шесть полого залегающих тел дифференцированных пегматитов видимой мощностью от 2 до 1 м и имеющих СЗ простирание. Пегматиты состоят из крупных обособлений кварца и полевого шпата с неравномерной вкрапленностью гематита, турмалина, граната, охр висмута и тантало-ниобиевых минералов, которые представлены кристаллами плоско-призматической формы до 2 см в поперечнике и 1,5-2 м толщиной. В шлихах из протоочки пегматитов установлено содержание тантало-ниобиевых минералов до 552 зерен, а также единичные зерна монацита, малахита, азурита, молибденита, лейкоксена, сфена, циркона, флюорита.

**Курановское месторождение** находится в верховьях ручья Куранова, левого притока р. Черновой в 700 м от его устья. Впервые бериллиевое оруденение на участке было установлено геологами Дмитриевской партии в 1952-53 гг. Площадь месторождения сложена лейкократовыми слабо грейзе-

низированными гранитами третьей фазы белокурихинского комплекса, который в виде штока размером 150x200x300 м размещаются среди основной массы биотитовых порфиroidных гранитов массива. Бериллиевое оруденение на участке расположено в пределах штока лейкократовых гранитов и сосредоточено в пегматитовых телах различной мощности и формы, в штокверке кварцевых прожилков и в интенсивно грейзенизированных гранитах. По результатам поисково-оценочных работ выделено четыре рудных тела, три из которых расположены в южной части штока (участок №1) в пределах штокверковой зоны. Штокверк представляет собой густую сеть субширотных и субмеридиональных кварцевых жил и линзочек (до 50 штук на 1 погонный метр). Концентрация берилла приурочена преимущественно к местам их пересечения. Кроме берилла прожилки содержат флюорит, молибденит, танталит. По результатам опробования рудные тела характеризуются следующими параметрами: I – длина – 149 м; мощность – 4,6 м; среднее содержание окиси бериллия – 0,055 %; II – 75 м; 3,8 м; 0,07 %; III – 70 м; 3,8 м; 0,057 %. Общие запасы окиси бериллия по ним составляют по категории C1 – 49,8 т, C2 – 49,8 т. Жильные пегматитовые тела имеют мощность от 0,01 до 2 м, по простиранию прослеживаются на 20-30 м и расположены кулисообразно. Простирание субширотное, падение пологое (10-38°), они сложены стекловидным кварцем с включениями полевого шпата. Берилл присутствует в виде неравномерной вкрапленности кристаллов зеленовато-голубого цвета, длиной от долей миллиметра до 5 см. Четвертое рудное тело расположено в C3 части штока (участок №2) и приурочено к наиболее крупной линзе пегматита. Берилл тяготеет к границе кварцевого ядра. Мощность рудного тела составляет 1,5 м, по простиранию оно прослежено на 50 м и по падению на 11 м. По результатам опробования среднее содержание оксида бериллия – 0,088%. Ориентировочно геологические запасы на 1 м углубки составляют 3 т. При ГС-200 [11] подсчитаны прогнозные ресурсы категории P<sub>1</sub> четырех разведанных рудных тел до глубины 300 м, составившие 650 т оксида бериллия, в том числе 99,6 т категории C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub>.

**Даниловское проявление** расположено в истоках ручья Спирина, правого притока р. Даниловки, вблизи высотной отметки

683,8 м. Приурочено к экзоконтактной части Осокинского массива, где отмечаются жиллообразные тела альбит-микроклин-кварцевых пегматитов и аплит-пегматитов с вкрапленностью и гнездами монацита, ортита, тортвейтита. Установлены содержания пятиокси тантала до 0,238 %, трехокси ниобия – до 2 %, урана – 0,1266 %, тория – 0,639 %, циркония – 3,0 %, церия – 0,15 %, лантана – 0,4 %. скандия – 2,0 %.

В Рудном Алтае известно **Ортитовое проявление** в пегматитах, обнаруженное П.П.Пилипенко среди гранитов Саввушинского массива. В 1911 г. им из одного гнезда извлечено 15 кг ортита, а также найден кристалл длиной около 30 см и массой 3 кг. Известная часть тела Ортитовая сопка промышленного значения не имеет. Однако не исключено, что более глубокие горизонты массива могут представлять практический интерес на редкоземельное оруденение. Последнее представлено сверху розовым и частично белым кварцем, ниже — горизонтом (0,5 м) черного кварца с кристаллами полевого шпата и турмалина, в основании — грубозернистым письменным пегматитом (1,5 м) с мусковитом (до 12x6 см), жильбертитом, турмалином (шерл), флюоритом. Строение этого тела аналогично строению тела Тигирекского месторождения [8].

В верховьях ручья Харьковка, по сообщению Б.С. Митропольского, в рукописи «Редкие металлы Западной и Средней Сибири (1935), найден берилл. На южном склоне Тигирекского массива в верховьях р. Татарка (сейчас это территория Казахстана) Н.Д. Довгалем в 1934 г. были обнаружены свалы среднезернистых гранитов с аплитами и пегматитами кварца с вольфрамитом, шеелитом, молибденитом и повышенными концентрациями редких земель.

В Прителечье известен Челюш-Тузуктинский редкометалльный рудный узел, приуроченный к области развития интрузий габбро-диорит-гранодиоритового каракудюрского (D<sub>2</sub>) и гранодиорит-гранитового кубадринского (D<sub>2</sub>) комплексов, прорывающих метаморфические породы курайского комплекса. В составе гранитоидов кубадринского комплекса совместно с дайками гранит-порфиров, микрогранитов, аплитов встречаются многочисленные тела редкометалльных пегматитов. В последних присутствует оруденение олова, бериллия, тантала, ниобия. Наиболее концентрированное оруденение редких металлов локализовано

в двух прогнозируемых рудных полях: Тузуктинском и Челюшском. Компактные рои пегматитов имеют меридиональную ориентировку и приурочены к разлому, который сопровождается появлением гнейсоватости в гранитоидах и обильными дайками кислого состава, имеющими щелочной и умеренно-щелочной состав. Пегматиты явно наложены на девонские гранитоиды и имеют, вероятно, нижнеюрский возраст. Пегматиты слабо изучены.

**Тузуктинское проявление.** Редкометалльные пегматиты образуют более 100 жил на участках Тузукта и Дырях. Мощность пегматитов от 0,2 до 60 м. Вкрапленность берилла, сиклерита, танталит-колумбита, циртолита, уранинита, висмутина, эвлитина, бисмутита, халькопирита, борнита. Содержание тантала 0,01-0,03%, бериллия – 0,002-1%.

**Челюшское проявление** представлено редкометалльными пегматитами мощностью от 0,2 до 2 м и протяженностью от 100 до 250 м, в пегматитах наблюдается вкрапленность берилла, тантало-ниобатов, фергюсонита, гатчетолита. Содержание бериллия от 0,001 до 1%, ниобия от 0,01 до 0,1%.

**Дырях-Кокшинское проявление.** Обнаружено около 60 пегматитовых тел мощностью от 1 до 40 м и протяженностью от 100 до 400 м. Содержание (%): бериллия до 0,0018; олова до 0,001; цинка, свинца от 0,001 до 0,1.

Кроме указанных проявлений в рудном поле известны: *проявление Шалтанское* со свалами пегматитов среди метаморфических пород терехтинского комплекса с диаметром глыб до 2 м с призмами чёрного турмалина; содержания (%): BeO – 0,003, Sn – 0,001-0,03, Cu – 0,001-0,3; *проявление Конуй-Кот-Агачское* с 50 пегматитовыми телами мощностью от 1 до 40 м и протяженностью до 300 м, среди метаморфических пород терехтинского метаморфического комплекса; содержания (%): BeO – 0,001, Sn – 0,001, Cu, Pb – 0,001-0,01.

Некоторые пегматитовые тела в пределах гранитоидов белокурухинского комплекса содержат ювелирные аквамарины. **Месторождение аквамарина Тигирекское** находится в водораздельной части одноименного хребта и локализуется в районе горы Иркутки или Разработной. Месторождение приурочено к пегматитам. Всего на участке выявлено 15 пегматитовых тел разной величины, из которых 3 наиболее крупных находятся вблизи вершины горы Разра-

ботной, а остальные – на её восточном склоне. На месторождении проявлены пегматиты полно дифференцированные, крупноблоковые, образующие 3 жилы. Наибольший интерес представляет самое крупное тело пегматита – тело №1. На поверхности оно имеет штокообразную форму, вытянутую в северо-западном направлении. Длина выхода имеет 15 м. Месторождение не доизучено. Штольня пройденная в 1933 году по телу пегматита до 18,3 м, не вышла из него. Мощность тела колеблется от 4 до 9 м. Строение пегматита симметрично-зональное с обособлением 5 зон.

1 – ядерная часть пегматита сложена трещиноватым полупрозрачным розовым кварцем с неравномерной интенсивностью окраски от почти бесцветного до ярко розового, образуя неправильные участки и гнёзда размером до 1-2 м. 2 – следующая зона сложена серовато-белым и белым кварцем, иногда полупрозрачным. 3 – третья зона состоит из крупно- и гигантозернистого микроклин-пертита с крупными пластинками мусковита, редко биотита, дымчатого кварца (раухтопаза), горного хрусталя и берилла. Кристаллы берилла грязно-зелёного, изредка чистого голубовато-зелёного прозрачного аквамарина, правильной «карандашной» огранки, но трещиноватые, размерами в первые сантиметры. Мощность зоны до 1,5 м. В этой зоне обнаруживались кристаллы аквамарина до 1 м длиной и 15 см шириной. 4 – четвёртая зона представлена средне- и крупнозернистым пегматитом с монацитом, аквамарином и редким ксенотимом. Мощность зоны до 50 см. 5 – внешняя, пятая зона мощностью от 5 до 15 см сложена красноватым среднезернистым мусковит-плагиоклазовым лейкогранитом и имеет постепенные переходы к вмещающим светло-серым и розоватым среднезернистым гранитам Тигирекского массива.

Основной объём берилла приурочен к границе 2 и 3 зон. В составе пегматитов отмечено 28 минералов, из которых основные – микроклин, кварц, берилл, мусковит. Акцессорные минералы: монацит, ильменорутит, флюорит, апатит, турмалин, танталит, колумбит, ксенотим.

Аквамарин локализуется в пегматитах в виде гнёзд в переходной части от кварцевого ядра к альбитовой зоне. Размеры гнёзд до 20-30 см в поперечнике. П.И. Кокориным отмечаются единичные кристаллы аквамарина длиной до 1 м и 15 см. толщиной. От-

дельные кристаллы прозрачного аквамарина небесно-голубого и голубого цвета достигают 8-6 см в длину. Ассоциирует со слюдой зелёного цвета, иногда монацитом, ксенотимом, танталитом и колумбитом. Запасы берилла по категории Б составляют 5,18 т при среднем содержании по телу пегматита 0,28 % и по отвалу – до 0,045% (запасы в отвалах – 35 кг берилла). Аквамарин Тигирекского месторождения хорошего качества.

**Проявление аквамарина Сопки Чайной** находится в пограничной части с Казахстаном на Тигирекском хребте к юго-востоку от Тигирекского месторождения и является продолжением единой полосы роя тел пегматитов Тигирекского месторождения. Находки берилла и аквамарина на проявлении отмечены давно. Делювиальные шлейфы свалов аквамарина наблюдаются на Российской и Казахстанской территориях. Сопка Чайная представляет собой выступ лейкогранитов умеренно-щелочных, относящихся к заключительной фазе становления Тигирекского гранитоидного массива. Здесь создались благоприятные условия для формирования полно дифференцированных пегматитов и оптимальные условия флюидного режима, способствовавшего генерации миоэроловых пустот и погребков, минерализованных бериллом, аквамарином, зелёной слюдой, турмалином, апатитом, монацитом, ксенотимом, танталитом, пектолитом, рухтопазом. Сростки и отдельные кристаллы аквамарина достигают 5-7 см в длину. Отдельные кристаллы отличаются совершенной прозрачностью и небесно-голубым цветом [9].

#### Интерпретация результатов

Приведенные материалы показывают, что пегматитовые проявления региона могут быть отнесены к 4 типам: 1- бериллиевым (Курановское месторождение), 2- тантал-ниобиевым (ручья Слепого), 3- редкоземельным (Оргитовое проявление), 4- комплексным бериллий-тантал-ниобий-уран-редкоземельным (Даниловское, Тузуктинское). Кроме того, некоторые бериллиевые

пегматиты содержат ювелирный аквамарин (Тигирекское, Сопки Чайной).

В целом петро-геохимические особенности пегматитов Белокурихинского плутона могут быть отнесены к редкометалльной пегматитовой формации, петалитовой подформации, бериллиевому геохимическому эволюционному ряду, формирование которых происходило при начальном давлении 2-3,5 кбар [10]. Пегматиты Саввушинского массива относятся к редкоземельному типу.

#### Заключение

Пегматиты региона относятся к 4 редкометалльным типам: бериллиевому, редкоземельному, тантал-ниобиевому, комплексному бериллий-тантал-ниобий-уран-редкоземельному. В бериллиевом типе имеются аквамарин, горный хрусталь, раухтопаз.

#### Список литературы

1. Гусев А.И., Дзагоева Е.А., Табакаева Е.М. Петрология и рудоносность Белокурихинского плутона Горного Алтая // Отечественная геология. – 2008. – №4. – С. 25-33.
2. Гусев А.И. Минерагеня и полезные ископаемые Республики Алтай. – Бийск: Изд-во АГАО, 2010. – 385 с.
3. Гусев А.И. Минерагеня и полезные ископаемые Алтайского края. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. – 365 с.
4. Гусев А.И., Гусев Н.И. Минерально-сырьевая база редких земель юга Сибири // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – №8. – С. 16-19.
5. Гусев А.И., Гусев Н.И., Васильченко Т.А. Магматизм и оруденение Рудного Алтая. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. – 270 с.
6. Гусев А.И. Типы эндогенной редкоземельной минерализации Горного и Рудного Алтая // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 12. – С.92-96.
7. Гусев А.И. Самоцветы Алтая. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2012. – 250 с.
8. Гусев А.И. Типы бериллиевых оруденений Алтая // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 2. – С.31-35.
9. Гусев А.И. Петрология, геохимия и рудоносность Синюшинского массива Горного Алтая // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №12. – С. 117-123.
10. Загорский В.Е., Макагон В.М., Шмакин Б.М. Гранитные пегматиты. Т. 2. Редкометалльные пегматиты. – Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятие РАН, 1997. – 285 с.
11. Кривчиков В.А., Селин П.Ф., Русанов Г.Г. Геологическая карта масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Алтайская. Лист М-45-1 (Слонешное). Объяснительная записка. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. – 183 с.
12. Ферсман А.Е. Пегматиты. Т.1 – Т.6. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 742 с.