

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ПЕГМАТИТЫ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

А.И. Гусев

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический
университет им. В.М. Шукшина, г. Бийск

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) [Ферсман, 1960]. Редкие элементы чрезвычайно важны в металлургических процессах, поскольку позволяют повышать качество сплавов никеля, стали, алюминия, титана. Используя низколегированные стали, содержащие 0,03-0,07 % ниобия и 0,01-0,1 % ванадия, можно на 30-40 % снизить вес конструкций при строительстве автомобилей, мостов, многоэтажных зданий, газо- и нефтепроводов, геологоразведочного оборудования и увеличить срок их службы в 2-3 раза. Это весьма актуально при строительстве нефте- и газопроводов в сложных природных и климатических условиях и в агрессивных средах (дно Балтийского и Чёрного морей), а также при строительстве нефте- и газодобывающих платформ для добычи углеводородов на шельфе. Всё это обуславливает в самом ближайшем будущем кардинальный рост потребности в редких элементах.

Редкие земли имеют стратегическое значение в энергетической сфере и в ближайшее десятилетие в глобальном мире главным лозунгом будет: «кто владеет энергией – владеет миром». Они находят применение в ряде инновационных технологий в получении высокотехнологичной продукции в катализаторах двигателей внутреннего сгорания, сотовых телефонов, дисплеев мониторов, микроэлектроники и медицинских приборах. Огромное значение редкоземельные элементы имеют для оборонной продукции, реактивных двигателей и спутниковых систем, электроприборов оперения стабилизаторов баллистических ракет, систем контроля гравитации в стабилизаторах «умных» бомб и других направлениях. При этом сферы инновационного применения редких элементов расширяются практически ежедневно. Из этого перечня можно сделать вывод – «кто владеет редкими землями – тот владеет миром». Следует отметить, что спрос на редкоземельные элементы в 2010 году оценивался в 136 тыс. тонн, в то время как мировое производство их оставалось на уровне 133,6 тыс. тонн. Ожидается, что в ближайшее время спрос на редкоземельные элементы продолжит свой рост. К примеру, Китайская ассоциация редкоземельной промышленности прогнозирует рост спроса к 2015 году до 210 тыс. тонн.

На Алтае и в приграничных районах Казахстана, Китая и Тувы гранитные пегматиты весьма разнообразны по составу и содержат все выше перечисленные типы минерализации [Гусев и др., 2008, 2011; Гусев А., Гусев Н., 2011; Гусев, 2010, 2011, 2012а, 2012б, 2013а, 2013б]. Они связаны с гранитоидами белокурихинского комплекса [Гусев и др., 2008], а также с редкометалльными пегматитами Прителечья [Гусев, 2010]. В последние годы установлено, что многие редкометалльные пегматиты Алтая весьма перспективны и на редкоземельное оруденение. Это стало возможным благодаря тому, что в практику геологических исследований по изучению вещественного состава руд и пород внедрён эмиссионный спектрометрический анализ с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на спектрометре «ОРТМА-4300», позволяющий с высокой точностью определять редкоземельные элементы из малых навесок. Ранее геологи были лишены такой возможности и на многих объектах редкоземельные элементы не выявлялись.

ТИПЫ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ ПЕГМАТИТОВ РЕГИОНА

Наибольшее количество редкометалльных пегматитов на Алтае находится в пределах Белокурихинского рудного района, пространственно и парагенетически связанного с одноименным интрузивным массивом. Пегматиты в пределах Белокурихинского плутона размещены на севере и юге, образуя 2 полосы, к которым приурочены редкометалльные месторождения. В северной полосе пегматиты образуют проявления и месторождения тантала, ниобия (руч. Крутенький, ключ Слепой, Даниловское), 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, монацит, ортит.

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 порфировидными биотитовыми гранитами в различной степени мусковитизированными и турмалинизированными. Среди гранитов отмечается большое количество аплитовых и пегматитовых тел. Пегматитовые тела имеют жиллообразную, 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°, падение на северо-запад 80-85°. 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 жиллообразное тело пегматитов с бериллом согласно залегает в средней части дайки. Оно имеет длину 16 м, среднюю мощность 0,12 м. Сложено среднезернистой пегматидной 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 скоп-

1. Содержания редкоземельных элементов в некоторых минералах пегматитов
Рудного и Горного Алтая (г\т)

Элементы, отношения	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y	77623	76623	85642	876	773	173	134	525,7	1234
La	64224	63228	611	56798	57768	57667	56334	371,2	1,2
Ce	52626	53626	735	21345	25343	65343	66241	1012,3	74
Pr	151,8	150,2	102,8	210	201	211	213	110,5	1,3
Nd	788,1	798,3	388,1	453	352	334	346	268,7	4,8
Sm	125,3	126,8	126,3	121	102	92	88	130,6	9,7
Eu	100,6	101,2	106,6	87,6	77,1	75,1	72,3	1,45	2,8
Gd	175,4	185,7	192,7	56,7	46,4	48,2	49,1	96,8	34,3
Tb	24,8	25,1	23,8	18,6	18,1	20,5	21,4	28,7	8,1
Dy	268,2	278,3	248,2	119,4	129,3	139,1	150,2	115,6	112
Ho	17,23	18,28	19,23	10,5	10,1	10,7	10,9	11,1	43
Er	52,3	55,1	56,3	42,7	41,6	42,9	43,7	18,2	203
Tm	10,2	11,4	13,2	10,6	10,6	10,1	10,4	2,48	50
Yb	42,1	47,3	83,1	32,7	57,5	59,2	58,1	14,7	485
Lu	9,6	10,2	10,6	9,9	10,9	10,1	10,3	1,35	101
(La/Yb) _N	1007	882	4,85	1147	663,5	643,2	640,3	16,7	0,002
Eu/Eu*	2,1	2,0	2,11	2,9	3,0	3,14	3,1	0,038	0,43
TE _{1,3}	1,09	1,07	1,09	1,35	1,6	1,88	1,94	1,71	3,3

Примечания. Анализы выполнены в Лабораториях ИМГРЭ (г. Москва) и ИГиМ СО РАН (г. Новосибирск) методом ICP-MS. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ как среднее между первой и третьей тетрадами по [Irber, 1999]. Eu* = (Sm_N + Gd_N)/2. Элементы нормированы по [Anders, Greevesse, 1989]. 1-2 – ортиты Ортитовой Сопки; 3 - ксенотим Даниловского проявления; 4 - монацит Даниловского проявления; 5 – монацит Тузуктинского проявления; 6 - монацит ручья Слепого; 7 - монацит ручья Чернового; 8 - апатит Даниловского проявления; 9 - циркон Даниловского проявления.

лений до 5 см в длину. Среднее содержание, по данным 14 бороздовых проб, BeO - 0,02 %. Анализы рудоразборного берилла не проведены. В протолочках 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. Содержания иттрия в пробах варьируют от 0,1 до 1,4 %, церия – от 0,05 до 0,9 %.

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 протопочки пегматитов установлено содержание тантало-ниобиевых минералов до 552 зерен, а также единичные зерна монацита, малахита, азурита, молибде-

нита, лейкоксена, сфена, циркона, флюорита. В монофракции монацита ручья Слепого выявлены повышенные концентрации церия, диспрозия, иттербия (табл. 1). Монацит можно отнести к цериевой разновидности.

Проявление тантало-ниобатов ручья Черногового находится в среднем течении одноименного ручья в районе между притоками Солдаткой и ручьем Крутым. Обнаружено проявление редкометалльно-редкоземельных пегматитов в процессе проведения полевой геологической практики студентов Алтайской государственной академии образования им. В.М. Шукшина в 2008 году. В обоих бортах ручья обнажены 2 тела пегматитов мощностью 3-5 м. Видимая протяжённость их от 15 до 20 м. Пегматиты полнодифференцированные с кварцевым ядром и переходной зоной, в которой отмечены, помимо полевых шпатов и мусковита, турмалин, гранат, эпидот. Из рудных минералов обнаружены ферроколумбит, танталит, пироксид, циркон, монацит, ортит. Ниже проявления по ручью зафиксирована россыпь тантало-ниобатов. Состав монацита приведен в табл. 1. Он также относится к цериевой разновидности и для него характерны повышенные концентрации церия, диспрозия, иттербия. В последнее время в пределах северной периферии Белокурихинского плутона обнаружено несколько новых проявлений пегматитов. Они располагаются по реке Берёзовка и её притокам и объединены в **Берёзовское пегматитовое поле**. В пределах этого пегматитового поля локализуется Устаурихинско-Берёзовский шток двуслюдяных гранитов и лейкогранитов, к которому и приурочены пегматитовые проявления Устаурихинское, Карьерное, Правая Берёзовка и Раиса. Все они, за исключением Карьерного, приурочены к штоку, а Карьерное к экзоконтакту штока. Карьерное проявление локализуется в порфировидных гранитах главной фазы Белокурихинского плутона и, в отличие от всех остальных проявлений, характеризуется интенсивно проявленной эпидотизацией.

Проявления пегматитов Карьерное и Правая Берёзовка локализируются в бортах ручьёв Карьерный и Правая Берёзовка. На каждом из проявлений обнаружены по несколько пегматитовых тел мощностью от 1,5 до 3,5 м и протяжённостью в несколько десятков метров. Пегматиты дифференцированы и состоят из кварца, ортоклаза, альбита, мусковита, турмалина, граната, эпидота, редко - тантало-ниобатов, ортита. Все они относятся к числу камерных пегматитов, локализующихся в лейкогранитах, с которыми они пространственно связаны. Проявления слабо изучены и требуют вскрытия канавами.

Устаурихинское проявление пегматитов локализуется в двуслюдяных гранитах и лейкогранитах в самом урочище Устауриха, а также в бортах Малой и Большой Сычёвки. Мощности пегматитов варьируют от 10 до 80 см, видимые протяжённости от 15 до нескольких десятков метров. В наиболее крупных телах пегматитов отмечается зональность с кварцевым ядром, крупноблоковой частью и мелко-агрегатными микропегматитовыми оторочками. Состав: кварц нескольких генераций, мусковит, биотит, калиевый полевой шпат, альбит, реже гранат, турмалин, тантало-ниобаты.

Проявление пегматитов Раиса находится в правом и левом бортах ручья Берёзовка. Выявлено Раисой Ивановой в 2015 году. Проявление обнаружено при прокладке дороги на Сухую гриву при строительстве объекта Белокуриха 2. Пегматиты уникальные. Они приурочены к Берёзовскому штоку двуслюдяных гранитов и лейкогранитов площадью более 15 км². Пегматиты образуют пегматитовое поле и вскрыты по вертикали более чем на 400 м. В нижней части пегматиты пронизывают гранитоиды штока в виде жил мощностью от 10 см до 1,1 м с субширотным простиранием и падением на юг. Пегматитовых жил насчитывается более 50. В верхней части пегматиты образуют своеобразный штокверк, где более мощные тела образуют субгоризонтальные жилы мощностью от 0,5 до 1,5 м, от которых ответвляются субвертикальные и вертикальные жилы. Создаётся впечатление, что пегматиты здесь наследуют трещины отдельности, образовавшиеся при застывании гранитоидов. В местах сочленений разнонаправленных жил пегматитов образуются раздувы до 10 м. Пегматиты сложены среднезернистыми крупнозернистыми пегматоидными породами, состоящими из розового микроклина, дымчатого кварца, альбита, часто принадлежащего клеветандито-

вой разновидности, зеленоватого и белого мусковита, чёрного биотита, редко турмалина, граната, эпидота, монацита, танталита, колумбита, пирохлора, циркона. Местами отмечаются участки с письменной текстурой. Изредка отмечаются зональные пегматиты с кварцевым ядром, крупноблоковой полосой и мелкопегматитовой оторочкой. В этой части пегматитов Берёзовки обнаружены кварц-турмалиновые и кварц-гранатовые шлиры размерами от 5 до 7 см. Среди таких шлиров отмечены графические сростания граната с кварцем и цирконом. Здесь гранат образует специфические удлинённые выделения до 2-3 см в длину. Изредка отмечаются «инейподобные» сростания мусковита. Содержания элементов по штучным пробам составляют: тантала и ниобия от 0,05 до 0,7 %, циркония от 0,1 до 0,5 %, церия от 0,1 до 1,2 %, иттрия от 0,2 до 1,3 %. Пегматиты требуют доизучения, так как содержат повышенные концентрации редких и редкоземельных элементов. Сами тела пегматитов не прослежены по простиранию. Общая площадь пегматитовых жил и штокверков составляет несколько км².

Пегматитовое проявление тантало-ниобатов Проходная Грива расположено на Проходной Гриве вблизи абсолютной отметки 769,2 м (в 1 км по азимуту 350°). Проявление выявлено А.И. Гусевым. Участок сложен приконтактовыми частями порфировидных гранитов главной фазы Белокурихинского плутона, двуслюдяных гранитов и лейкогранитов Осокинского штока и гнейсами Белокурихинского метаморфического комплекса. Пегматитовое тело имеет мощность более 1 м и отчётливо дифференцировано с обособлением зон тонко-пегматитовой и крупноблоковой. Кварцевое ядро проявлено не повсеместно. В крупноблоковой части отмечены выделения ортоклаза, кварца дымчатого, мусковита и крупных правильных кристаллов турмалина (шерла) с красноватым оттенком. Длина кристаллов от 2 до 5 см. Местами с турмалином ассоциируют апатит в виде игольчатых выделений, тантало-ниобаты в виде вкрапленности размерами 1 -2 мм. Отмечены также прозрачные выделения призматического циркона размерами до 0,5 см в длину. Концентрации элементов составляют: тантала от 0,05 до 0,6 %, ниобия от 0,06 до 0,8 %, циркония от 0,02 до 0,4 %. Содержания редкоземельных элементов варьируют (%): иттрия от 0,5 до 0,8, лантана от 0,2 до 0,5.

Проявление пегматитов Точильное находится в пределах одноименного штока лейкогранитов белокурихинского комплекса.

В Точильном штоке выделяются миароловые граниты, в которых миаролы выполнены кварцем, турмалином (шерл), редко зелёной прозрачной разновидностью турмалина - верделитом, раухтопазом, алмандином. Местами отмечаются сплошные миаролиты. В западной части штока проявлены многочисленные прожилки, выполненные щётками горного хрусталя, аметиста, халцедона. Наиболее крупные выделения раухтопаза приурочены к жилам крупноблоковых пегматитов, которых насчитывается 9. Чаше средние, реже крупные миароловые пустоты, инкрустированные щётками и друзами горного хрусталя, раухтопаза, реже аметиста. Длина отдельных кристаллов достигает 7-10 см. Дымчатый кварц полупрозрачен. В наиболее мощных пегматитах, состоящих из кварца, микроклина, мусковита, турмалина, проявлена минерализация: вольфрамит, шеелит, ортит, циркон, колумбит размерами от 0,5 до 1,5 см в поперечнике, тяготеющие к дымчатому кварцу. Содержания элементов по штучным пробам варьируют (%): иттрия от 0,1 до 0,7, церия от 0,2 до 1,7, циркония от 0,2 до 1,6, ниобия от 0,05 до 0,7, тантала от 0,01 до 0,2, триоксида вольфрама от 0,1 до 0,9.

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 грейзенизированными гранитами третьей фазы белокурихинского комплекса, которые в виде штока размером 150x200x300 м размещаются среди основной массы биотитовых порфировидных 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 четы-

ре 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 жилок 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°). 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 СЗ 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 геологической съёмке масштаба 1:200000 [Кривчиков и др., 2001] подсчитаны прогнозные ресурсы категории P₁ четырех разведанных рудных тел до глубины 300 м, составившие 650 т оксида бериллия, в том числе 99,6 т категории C₁ + C₂.

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 жилообразные тела альбит-микроклин-кварцевых пегматитов и аплит-пегматитов с вкрапленностью и гнездами монацита, ксенотима, ортита, тортвейтита, апатита, циркона (гиацинта). Для микроклина получены данные рентгеноструктурного анализа: триклинная упорядоченность $\Delta\rho = 0,859$; моноклинная упорядоченность $\Delta Z = 0,838$; $Ort = 91,47\%$; $t_{1o} = 0,889$; $t_{1m} = 0,0297$; $t_{2m} = t_{20} = 0,0405$. Состав калиевой фазы $Ort_{91}Ab_9$. Данные анализа позволяют отнести его к максимальному микроклину. Установлены содержания пятиоксида тантала до 0,238 %, пентоксида ниобия - до 2%, урана - 0,1266 %, тория - 0,639 %, циркония - 3,0 %, иттрия - 0,5 %, церия - 0,15 %, лантана - 0,4 %, скандия - 2,0 %. Концентрации редкоземельных элементов в монофракциях монацита и ксенотима приведены в табл. 1. Следует отметить, что в указанных минералах помимо главных элементов (Y, La, Ce) в повышенных количествах присутствуют и тяжёлые РЗЭ – гадолиний, диспрозий, эрбий. В апатите из пегматита Даниловского проявления установлены повышенные концентрации лёгких редкоземельных элементов (La, Ce, Pr, Nd), а также гадолиния и диспрозия. Апатит относится к фтор-apatиту с содержанием фтора 3,5 %.

На генезис пегматитов имеются различные точки зрения. За рубежом выделяется работа, посвящённая генетической проблеме пегматитообразования [Jahns, Burham, 1969]. В этой работе подчёркнута роль воды и других летучих компонентов в эволюции пегматитовых тел. Однако, Д. Лондоном показано, что насыщение водной фазой не является необходимостью для формирования пегматитовых структур [London, 1992]. Частичное плавление метаосадочных пород может быть другим возможным процессом, который создаёт широкие вариации по составу, наблюдаемые в природных пегматитовых полях. В случае Даниловских пегматитов можно с уверенностью констатировать глубинный гранитоидный очаг и предположить кристаллизационную дифференциацию гранитоидного расплава, близкого к шошонитовому с образованием заключительных порций лейкогранитового состава, парагенетически с которым формировались пегматиты, насыщенные и водой, и другими летучими компонентами. По составу они близки редкометалльным пегматитам района Саламанка в Испании [Roda et al., 1999].

Общепринятой классификации пегматитов нет. По содержаниям основных рудных компонентов пегматиты Даниловского месторождения (пробы №№ 6-8 в табл. 1) ближе

всего к сподуменовой подформации тантал-бериллиевого геохимического эволюционного ряда, принятой в России, по [Загорский и др., 1997]. Однако они отличаются от тантал-бериллиевого геохимического ряда повышенными концентрациями скандия, циркония, а также суммой редкоземельных элементов, которая достигает 10223 – 14562 г/т.

По другим более поздним классификациям пегматиты Даниловского проявления ближе к семейству Nb>Ta-Y-F (NYF) по [London, 2008]. NYF пегматиты относятся к пералкалиновым по составу, отражая субалюминиевый средне фракционированный анорогенный (А-тип) или изверженный (I-тип) родоначальный (пегматитогенерирующий) тип гранитов. Пегматиты этого семейства часто обогащены HREE, Be, Ti, Sc, Zr, что и имеет место в пегматитах Даниловского проявления, однако для пегматитов последнего наблюдается связь с шошонитовым интрузивным магматизмом, в котором на заключительных этапах формируются значительные объёмы лейкогранитов.

Более детальное подразделение пегматитов основано на глубинах их формирования. Выделяют 5 классов: абиссальные, мусковитовые, мусковит-редкометалльные, редкоэлементные и миаролитовые [London, 2008]. В нашем случае даниловские пегматиты следует относить к редкоэлементному классу. Обычно редкоэлементный класс пегматитов соотносится с зеленосланцевой и амфиболитовой фациями метаморфизма, формирующихся на малых и умеренных глубинах. Они, как правило, сильно переменны по составу и характеризуются различной степенью фракционирования редкоземельных элементов [London, 2008]. По геохимическим данным выделяются два подкласса: редкоземельный (REE), обогащённый Zr, Nb, Sc, и литиевый, обогащённый Rb, Cs. Редкоземельный подкласс расплавов обычно генерируется из посторогенных и до анорогенных пералкалиновых и пералюминиевых расплавов, производных геологических обстановок с условиями растяжения, в то время как литиевый подкласс расплавов формируется из син- до посторогенных пералюминиевых расплавов, генерированных в обстановке сжатия. Редкоземельный подкласс подразделяется на 3 типа, различающихся минералогическими и геохимическими особенностями. В составе редкоземельного подкласса рассматриваются следующие типы: 1 - алланит (ортит)-монацитовый, обогащённый лёгкими РЗЭ; 2 - эвксенитовый, обогащённый Y, с переменными отношениями лёгких РЗЭ к тяжёлым (LREE:HREE); 3 - гадолинитовый тип, обогащённый тяжёлыми РЗЭ с Y и Be. Согласно приведенной классификации, пегматиты Даниловского проявления следует относить к ортит-монацитовому типу. Специфика даниловских пегматитов – это высокие концентрации Zr, Ta, Nb, Sc, Hf помимо типоморфных лёгких РЗЭ. Пирамидальные формы циркона в пегматитах и наличие осцилляционной зональности в нём указывают на рост кристаллов из расплава [Nasdala et al., 2010], подтверждая что циркон, вероятно, имеет изверженное происхождение.

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 12х6 см), жильбертитом, турмалином (шерл), флюоритом. Строение этого тела аналогично строению тела Тигирекского месторождения [Гусев, 2013]. В пробах ортита отмечаются высокие концентрации многих элементов. По содержаниям РЗЭ ортит относится к иттриевой разности (табл. 1).

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 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_2) и гранодиорит-гранитового кубадринского (D_2) 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 %. Нами в составе рудных минералов обнаружен монацит, образующий тонкую вкрапленность кристаллов и их сростков размерами до 1-2 мм. Повышенные концентрации редкоземельных элементов в монаците отмечаются для иттрия, диспрозия, иттербия (табл. 1).

По результатам работ ПГО «Березовгеология» в 1991 г., оценены прогнозные ресурсы лития: по кат. P_2 – 375 тыс. т Li_2O и по кат. P_3 – 875 тыс. т Li_2O . Перспективы этого участка на тантал не оценены.

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 протяжённостью 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 Разработной, а остальные – на её восточном склоне. На месторождении проявлены пегматиты полнодифференцированные, 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 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. Зона 1 – ядерная часть пегматита, сложена трещиноватым полупрозрачным розовым кварцем с неравномерной интенсивностью окраски от почти бесцветного до ярко розового, образует неправильные участки и гнёзда размером до 1-2 м. Зона 2 - сложена серовато-белым и белым кварцем, иногда полупрозрачным. Зона 3 - состоит из крупно- и гигантозернистого микроклин-пер-

тита 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. Зона 4 - представлена средне- и крупнозернистым пегматитом с монацитом, аквамарином и редким ксенотимом. Мощность зоны до 50 см. Зона 5 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. Отдельные кристаллы прозрачного аквамарина небесно-голубого и голубого цвета достигают 8-6 см в длину. Аквамарин 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.

Пегматитовое проявление аквамарина Сопки Чайной находится в пограничной части с Казахстаном на Тигирекском хребте к юго-востоку от Тигирекского месторождения и является продолжением единой полосы 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 полнодифференцированных пегматитов и оптимальные условия флюидного режима, способствовавшего генерации миароловых 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 [Гусев, 2013].

В тесной связи с гранитоидами Коровихинского массива (находится южнее Тигирекского массива на территории Казахстана) выявлено **Коровихинское** проявление редкометалльных пегматитов. Коровихинский массив гранитоидов также относится к белокурухинскому комплексу [Гусев А., Гусев Н., 2011]. В дифференцированном теле пегматитов по периферии кварцевого ядра отмечаются участки проявления редкометалльной минерализации в виде вкрапленности берилла, флюорита, апатита, танталита, колумбита, циркона, самарскита, фергюсонита, поликразы, гатчетолита, монацита, ортита, ксенотима. Содержания элементов составляют бериллия от 0,005 до 1,3 %, ниобия от 0,01 до 0,5 %, тантала от 0,01 до 0,6 %, циркония от 0,5 до 2 %, иттрия от 0,2 до 2,4 %.

В пределах Коровихинского массива наиболее богатая и перспективная минерализация наблюдается в южной его части в бассейне рек Саманухи, Коровихи, Яжихи и Ричарджихи. Здесь в шлиховых пробах в значительном количестве присутствуют тантало-ниобаты группы поликразы. Содержание тантало-ниобатов в верховьях р. Саманухи составляет от 125 до 152 г/т. Примерно такие же концентрации отмечаются в шлихах из р. Яжихи. Помимо поликразы в бассейнах этих рек обнаруживается значительное содержание монацита, количество которого на р. Яжихе достигает 10 % от массы шлиха. В тантало-ниобатах, по данным спектрального анализа, содержится до 10 % тантала, более 10 % ниобия, от 1 до 10 % иттрия, лантана и урана. По данным перлово-люминисцентного анализа, содержание

последнего несколько выше (до 20 %). Учитывая наличие значительного количества тантало-ниобатов в шлихах, а также принимая во внимание довольно большой объем четвертичных отложений в котловине у слияния рек Убинки, Яжихи и Коровихи, этот район следует считать заслуживающим внимания при поисках тантала, ниобия и минералов редких земель пегматитового типа. Интерес к этому участку еще более повышается в связи с приуроченностью к нему довольно значительных концентраций в шлихах ильменита, что было отмечено выше.

С Коровихинским гранитным массивом связано также проявление урановой минерализации. Оно располагается в верховьях ключа Ричарджихи (правого притока р. Раскаты) и приурочено к зоне эндоконтакта Коровихинского массива. Здесь наблюдается ксенолит кварцевых порфиров среднего девона. У контакта их с гранитами имеется небольшое пегматитовое тело столбчатой формы. Размер тела составляет 60x45x45 м. В пределах тела обнаружено два участка с гнездами, обогащенными ильменитом. Строение гнезд в основном однотипно. Главная масса каждого из них сложена темно-серым сильно дробленным кварцем, который пронизан тонкими пластинчатыми лениями ильменита. Почти всегда присутствуют крупные кристаллы мясо-красного полевого шпата, также содержащего ильменит. С указанными участками связана повышенная гамма-активность. По определениям Л. П. Вилюновой, повышенная активность гнезд связана с наличием в них вкрапленности ураноторита и торогуммита.

Особенно богатые на редкие земли пегматиты на территории Казахстана связаны с гранитоидами калбинского комплекса в Калба-Нарымской зоне. Здесь известны редкометалльные месторождения Калай-Топкан, Карагоин, Огнёвское, Чердожское и другие. Промышленное значение имеют крутопадающие рои пегматитов, образующих узкие кулисы [Загорский и др., 1997]. Они локализуются по периферии висячих боков гранитных массивов и в надинтрузивной позиции на удалении до 1-2 км от контактов. Согласно геолого-геофизическим данным, Калба-Нарымский плутон в Восточном Казахстане, с которым связаны редкометалльные пегматитовые поля Центральной Калбы, состоит из ряда лакколитообразных массивов, имеющих щелевидные глубинные магматические подводящие каналы или магмоводы. Последние в наиболее широких частях приобретают в сечении овальную штокообразную форму. Магмоводы контролируются разломами и их пересечениями. Именно магмоводы, а не массивы гранитов в целом или отдельные их фазы, по-видимому, следует рассматривать в качестве концентров при формировании зональных пегматитовых полей.

Средняя вертикальная мощность Калба-Нарымского плутона в Центральной Калбе оценивается в 6-7 км, а «корни» - магмоводы – погружаются вниз ещё на 3-5 км и более. Многие массивы плутона состоят из совокупности сравнительно маломощных пологозалегающих линз или пластообразных тел, разделённых прерывистыми перегорodkaми вмещающих пород, так что массивы состоят как бы из нескольких этажей. «Межэтажные» перегорodka играют роль крупных структурных ловушек, в которых локализуется значительная часть жильных образований, в том числе пегматитовых тел часто зонального строения. Характерной чертой этого района является то, что все крупные редкометалльные пегматитовые объекты размещаются внутри гранитных интрузивов. Оруденение в пегматитах связано с многостадийным метасоматическим процессом. Состав редкометалльных пегматитов сложен. Главные жильные минералы: кварц, микроклин, альбит, мусковит; второстепенные – апатит, турмалин, гранат, онкозин, куккеит, флюорит; рудные минералы – танталит-колумбит, касситерит, микролит, амблигонит, редко монацит, ортит, ксенотим.

В пределах Калба-Нарымского редкометалльного пояса выделены четыре рудных района: Шулбинский (потенциальный), Северо-Западно-Калбинский, Центрально-Калбинский и Нарымский. Известны две рудные зоны (Гремячинско-Киинская, Карагоин-Сарыозекская) и 22 рудных узла, в том числе 25 месторождений. Наиболее крупные месторождения редкометалльных сподуменовых пегматитов (Бакенное, Белая Гора, Юбилейное, Асубулак) сконцентрированы в Центрально-Калбинском районе и характеризуются комплекс-

ным оруденением (Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn). Максимальное развитие имеют сподумен-клевеландит-кварцевый и лепидолит-поллуцит-клевеландитовый парагенезисы, с которыми связано кондиционное литиевое сырьё. По геохимическим особенностям пегматиты Калба-Нарымской редкометалльной провинции относятся к сподуменовой и петалитовой подформациям редкометалльной формации, по богатству уникальных минералов они близки таким знаменитым зарубежным пегматитовым месторождениям как Берник-Лейк в Канаде, Бикита в Зимбабве.

Бакенное месторождение размещается в пределах Гремячинско-Киинской рудной зоны, контролируемой системой глубинного широтного разлома. В пегматитах преобладает кварц-микроклин-альбитовый минеральный комплекс со сподуменом. Главные рудные минералы – танталит, касситерит и сподумен, второстепенные – берилл, микролит, манганотанталит, лепидолит, петалит и другие. Впервые в рудах обнаружены микровключения танталоносного шеелита, колумбита, касситерита, бунзенита, галенита, тетраэдрита, сильвина, монтеонита, висмита и самородного серебра. Отмечается обогащённость пегматитовых флюидов фтористыми и галлоидными соединениями (F, P, Cl), а также рудными элементами (Cu, Pb, Sb, Zr, Zn, Ag) и другими.

Юбилейное месторождение расположено в Асубулакском рудном поле, контролируемым Плачгоринским глубинным разломом широтного направления. Пегматитовые объекты локализованы в его оперяющих пологих трещинных структурах (Юбилейное, Красный Кордон, Унгурсай, Кармен-Куус, Будо и другие месторождения). В пегматитах проявлен комплекс уникальных минералов (клевеландит, лепидолит, сподумен, петалит, амблигонит, поллуцит, цветные и полихромные турмалины, берилл, танталит-колумбит и другие). В рудах обнаружены также ураноносный микролит, оловоносный антимонит, галенит, цинкит и другие минералы. В танталитах определено тонкодисперсное золото, а в поздних кварцевых прожилках выявлено самородное золото (Au-60,79, Ag-1,52 вес. %). Для сподуменовых пегматитовых жил Юбилейная и Красный Кордон определён $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -изотопный возраст (295-280 млн. лет по мусковиту и лепидолиту), что отвечает ранней перми.

Месторождения Белая Гора и Верхняя Баймурза сформировались в восточном эндоконтакте Чебундинского гранитоидного массива калбинского комплекса. Пегматитовые месторождения приурочены к меридиональным трещинным структурам, оперяющим Белогорский широтный разлом. В пегматитах развиты процессы альбитизации с образованием кварц-микроклин-мусковитовых, альбитовых и сподуменовых минеральных комплексов, типичных для пегматитов других регионов. Аргон-аргоновый изотопный возраст сподуменовых пегматитов Белогорского месторождения по мусковиту равен 290-286 млн. лет (ранняя пермь).

В Туве редкометалльные пегматиты встречены в пределах **Тастыгского пегматитового поля** [Загорский и др., 1997]. Указанное рудное поле находится в нагорье Сангилен. Это наиболее крупное литиевое месторождение в пределах редкометалльной пегматитовой провинции Центрально-Азиатского складчатого пояса. Месторождение располагается в 1,2-1,5 км от ближайшего массива палеозойских мелкозернистых биотитовых, двуслюдяных гранитов и приурочено к складке корабления в зоне развития тектонических дислокаций.

Сподуменовые пегматиты слагают преимущественно плитовидные плавно изогнутые тела, расположенные кулисообразно. Оконтурено 120 сближенных жил пегматитов в зоне шириной 100-450 м, прослеженной на 1200 м. Мощность их уменьшается с глубиной и простираению. Контакты пегматитовых тел с вмещающим известняками чёткие. На контактах в пегматитах нередко образуется узкая (3-5 см) прерывистая оторочка, сложенная флогопитом, цоизитом, маргаритом. Приконтактные зоны пегматитов часто обогащены органическим веществом, которое заимствуется из битуминозных известняков вмещающей рамы.

В целом пегматиты Тастыга по составу отличаются от других пегматитов альбит-сподуменового типа повышенной основностью плагиоклаза. Минеральный состав пегматитов следующий (%): плагиоклаз (олигоклаз-андезин) – 40-60, сподумен – 10-20, калиевый полевой шпат 5-15, кварц -20-20. Пегматиты очень бедны слюдами. Главную роль в составе

пегматитов имеет кварц-сподумен-плагиоклазовый минеральный агрегат, структура которого меняется от директивной до неравномернозернистой беспорядочно шестоватой, спутанно-волокнуистой и флюидалной. Многие относительно маломощные (до 2-3 м) пегматитовые тела практически целиком сложены этим минеральным агрегатом. В телах значительной мощности появляются элементы симметрично-зонального строения. Во внутренних частях присутствуют участки и прерывистые зоны кварц-микроклинового состава блоковой, реже графической текстуры, а также гнёзда, участки сливного кварца со сподуменом. Для многих тел характерны вкрапленные, прожилковые, полосчатые текстуры. В качестве характерной отличительной особенности следует отметить отсутствие или слабое развитие в составе пегматитов Тастыга альбитовых и кварц-альбитовых агрегатов. Набор акцессорных и рудных минералов достаточно специфичен: флюорит, гельвин, литий-содержащий мусковит, фергусонит, гатчетолит, циртолит, сфен, колумбит-танталит, берилл, пироксенолор, кальцит, эпидот, ортит, ксенотим, касситерит, спессартин-гроссуляр, графит, сульфиды. В приконтактных зонах отмечаются также корунд, скаполит. Наряду с породообразующим олигоклазом приведенный список минералов наглядно иллюстрирует повышенную роль кальция в данных пегматитах по сравнению с их аналогами, залегающими в кристаллических сланцах и других породах, бедных кальцием.

Установлена возможность получения концентратов сподумена, гельвина, касситерита и минералов тантала и ниобия. Прогнозные ресурсы лития по категориям P_1+P_2 оцениваются в 351 тыс. т.

На соседней территории Северо-Западного Китая (провинция Ксинджиан) известно пегматитовое месторождение *Коктогай*, в составе которого наибольшую роль играет *Пегматитовое тело № 3* по [Liu, Zhang, 2005]. Это типичные сильно дифференцированные гранитные пегматиты, относящиеся к литиевому подтипу. Гранитные тела представлены гранодиоритами и биотитовыми гранитами, относящимися к пералюминиевому типу. В пегматитовом теле, локализующемся среди амфиболитов и метагабброидов, от периферии к центру выделяется 8 зон от графического пегматита до блокового кварцевого ядра. Возраст пегматитов составляет 178,18 млн лет [Chen et al., 2000]. В составе пегматитов выделяются кварц, микроклин, альбит, берилл, поллуцит, лепидолит, спессартин, мусковит, апатит, турмалин, сподумен. На месторождении выделены 4 генерации поллуцита: 1 – поллуцит округло-мозаичной структуры, содержащий Na- и Cs-обогащенную фазы, которые явно образовались в результате локального растворения первичного поллуцита в субсолидусном состоянии; 2 – близок к конечному члену (высокоцезиевой разности), который встречается в ореолах первичного поллуцита в контакте с лепидолитом или кластерами кристаллов калиевого полевого шпата; 3- симплектитовый (червеобразный) поллуцит, который ассоциирует с кварцем, наблюдаемым в виде субпараллельных прожилков, пронизывающих окружающие кристаллы альбита, обогащенного также цезием; 4 – осцилляционно-зональный поллуцит встречается в контактах с небольшими миароловыми пустотами. Осцилляционная зональность в этом случае связана с вариациями отношений Cs/Na в зонах и объясняется локальными изменениями состава флюидов [Wang et al., 2006]. Фторapatит присутствует во всех зонах и относится к обогащенной редкими землями разности. Сумма редких земель в апатите может достигать 3038 г/т.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Приведенные материалы показывают, что пегматитовые проявления региона могут быть отнесены к 5 типам: 1 - бериллиевому (Курановское месторождение), 2 - тантал-ниобиевому (ручья Слепого), 3- редкоземельному (Ортитовое проявление), 4 - комплексному бериллий-тантал-ниобий-уран-редкоземельному (Даниловское, Тузуктинское, Раиса), 5 - литиевому (Тастыгское месторождение, Тува; Коктокайское, Китай). Кроме того, некоторые бериллиевые пегматиты содержат ювелирный аквамарин, горный хрусталь, раухтопаз

(Тигирекское, Сопки Чайной). Пегматитовое редкометалльное и редкоземельное оруденение связывается пространственно и парагенетически с двумя типами гранитоидов: шошонитовым (белокурихинский комплекс) и анорогенным (калбинский комплекс Казахстана и Алтайского края). Появление редкоземельной минерализации связано с обильной насыщенностью флюидами и, в первую очередь, комплексами бора, фтора, хлора. Об этом свидетельствует обязательное присутствие в пегматитах значительного количества турмалина, флюорита и других минералов.

В целом петрогеохимические особенности пегматитов Белокурихинского плутона и Коровихинского массива могут быть отнесены к редкометалльной пегматитовой формации, петалитовой подформации, бериллиевому геохимическому эволюционному ряду, формирование которых происходило при начальном давлении 2-3,5 кбар [Лопатников и др., 1982]. Пегматиты Саввушинского массива относятся к редкоземельному типу. Проявления редкометалльно-редкоземельных пегматитов требуют доизучения в связи с проявлением в них собственных редкоземельных минералов (ортита, монацита, ксенотима и др.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возрастной интервал пегматитового минералообразования охватывает промежуток от ранней перми до ранней юры. Пегматиты региона относятся к 5 редкометалльным типам: бериллиевому, редкоземельному, тантал-ниобиевому, комплексному бериллий-тантал-ниобий-уран-редкоземельному, литиевому. В бериллиевом типе имеются ювелирно-поделочные камни: аквамарин, горный хрусталь, раухтопаз, а в редкометалльном - гиацинт. Монофракции редкоземельных минералов (ортита, монацита, ксенотима) и апатита содержат в повышенных количествах, помимо главных элементов, некоторые тяжёлые редкие земли (диспрозий, гадолиний, эрбий, иттербий). Повышенные концентрации тяжёлых РЗЭ отмечены и в цирконах. В литиевых пегматитах в повышенных количествах присутствуют минералы цезия (поллуцит). Содержания цезия в них достигают промышленных значений.

Литература

- Гусев А.И.* Минерагения и полезные ископаемые Республики Алтай. - Бийск: Изд-во АГАО, 2010. - 385 с.
- Гусев А.И.* Минерагения и полезные ископаемые Алтайского края. - Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. - 365 с.
- Гусев А.И.* Типы эндогенной редкоземельной минерализации Горного и Рудного Алтая // Успехи современного естествознания, 2012а, № 12, с. 92-96 .
- Гусев А.И.* Самоцветы Алтая. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2012б. - 250 с.
- Гусев А.И.* Типы бериллиевых оруденений Алтая // Успехи современного естествознания, 2013а, № 2, с. 31-35.
- Гусев А.И.* Петрология, геохимия и рудоносность Синюшинского массива Горного Алтая // Современные наукоёмкие технологии, 2013б, № 12, с. 117-123.
- Гусев А.И.* Типизация пегматитовой минерализации Алтая // Современные наукоёмкие технологии, 2014, № 3, с. 93-98.
- Гусев А.И., Гусев Н.И.* Минерально-сырьевая база редких земель юга Сибири // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2011, № 8, с. 16-19.
- Гусев А.И., Гусев Н.И., Васильченко Т.А.* Магматизм и оруденение Рудного Алтая. - Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. - 270 с.
- Гусев А.И., Дзгоева Е.А., Табакаева Е.М.* Петрология и рудоносность Белокурихинского плутона Горного Алтая // Отечественная геология, 2008, № 4, с.25-33.
- Кривчиков В.А., Селин П.Ф., Русанов Г.Г.* Геологическая карта масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Алтайская. Лист М-45-I (Слонешное). Объяснительная записка. - СПб. : ВСЕГЕИ, 2001. - 183 с.

- Загорский В.Е., Макагон В.М., Шмакин Б.М.* Гранитные пегматиты. Т. 2. Редкометалльные пегматиты. – Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятие РАН, 1997. – 285 с.
- Лопатников В.В., Изох Э.П., Ермолов П.В., Пономарёва А.П.* Магматизм и рудоносность Калба-Нарымской зоны Восточного Казахстана. – М.: Наука, 1982. – 248 с.
- Ферсман А.Е.* Пегматиты. Т.1-Т.6. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 742 с.
- Anders E., Greevesse N.* Abundances of the elements: meteoric and solar // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1989, v. 53, p. 197-214.
- Chen F., Li H., Wang D., Ca, H., Chen W.* New chronological evidence for Yanshanian diagenetic mineralization in China's Altay orogenic belt // *Chin. Sci. Bull.*, 2000, v. 45, p. 108–114.
- Irber W.* The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1999, v. 63, № 3/4, p. 489-508.
- Jahns R.H., Burham C.W.* Experimental studies of pegmatite petrogenesis: 1. A model for the derivation and crystallization of granitic pegmatites // *Econ. Geol.*, 1969, v. 64, p. 843-863.
- Liu C-Q., Zhang H.* The lanthanide tetrad effect in apatite from the Altay No. 3 pegmatite, Xingjiang, China: an intrinsic feature of the pegmatite magma // *Chemical Geology*, 2005, v. 214, p. 61–77.
- London D.* The application of experimental petrology to the genesis and crystallization of the granitic pegmatites // *The Canadian Mineralogist*, 1992, v. 30, p. 499-540.
- London D.* Pegmatites. // *The Canadian Mineralogist*, Special Publication 10., 2008, 345 p.
- Nasdala L., Hanchar J. M., Rhede D., Kennedy A. K., Vóczy T.* Retention of uranium in complexly altered zircon: An example from Bancroft, Ontario // *Chemical Geology*, 2010, v. 269, p. 290-300.
- Roda E., Pesquera A., Velasco F., Fontan F.* The granitic pegmatites of the Fregenda area (Salamanca, Spain) // *Mineral. Magazine*, 1999, v. 61, p. 535-558.
- Wang R.C., Hu H., Zhang C., Fontan F., Zhang H., Parseval P.* Occurrence and late re-equilibration of pollucite from the Koktokay no. 3 pegmatite, Altai, northwestern China // *American Mineralogist*, 2006, v. 91, p. 729–739.