

Мало-Кулиндинское танталовое пегматитовое месторождение

А.М.Гребенников

Мало-Кулиндинское месторождение редкометалльных пегматитов находится в центральной части Восточного Забайкалья, на правом берегу р. Онон. Территориально расположено в Оловянинском районе Читинской области.

Мало-Кулиндинское месторождение как оловянное открыто в 1813 г., а как редкометалльное известно с 1951 г.

Редкометалльные пегматиты в районе имеют широкое распространение. Общее число выявленных пегматитовых жил около 200, которые концентрируются в четырех рудных полях: Мало-Кулиндинском, Верхне-Кулиндинском, Хара-Быркинском и Нижне-Шаранайском. Они локализованы цепочкообразно в широтной Этыкинской редкометалльной зоне.

Пегматитовые жилы весьма различны по своим размерам, морфологии и вещественному составу. Наиболее крупные из них прослеживаются по простиранию на 500-1000 м при мощности, достигающей 10-20 м, но основная масса жил имеет более мелкие размеры: 200-300 м по простиранию и 1-2 м по мощности. На участке Подгранитном проводится эксплуатация по жиле 36 "Д" по горизонтам 720-780 м Орловским ГОКом.

Мало-Кулиндинское месторождение занимает площадь 13 км² и объединяет несколько участков редкометалльных пегматитов, из которых наиболее перспективными на тантал и бериллий в пределах месторождения являются пегматитовые жилы участка Подгранитного.

Участок Подгранитный Мало-Кулиндинского месторождения (рисунок) расположен на правом склоне ключа Малая Кулинда в 7 км от его впадения в р. Онон, где локализовано 30 пегматитовых жил с редкометалльной минерализацией. Эти жилы представлены плитообразными, линзообразными, седловидными и неправильной формы телами, вытянутыми в основном СЗ (295-315°) направлении. Падение их к юго-западу. Углы падения изменяются от пологих (5-8°) до крутопадающих (40-66°), причем характерно, что на СЗ фланге жилы залегают под очень пологими углами, а по направлению к юго-востоку отмечается "выкручивание" их, а затем опять некоторое выполаживание. Жилы имеют ЮВ склонение. Очень часто пегматитовые жилы представляют не единые рудные тела, а состоят из нескольких линзующихся или переслаивающихся, иногда кулисообразно располагающихся ветвей, которые в свою очередь включают несколько пегматитовых "прослоев", разделенных сланцами и песчаниками. Так, в пределах наиболее крупной жилы 36 выделяется 8 ветвей, протяженность которых по простиранию колеблется от 100 до 750 м, а по падению 50-300 м. Мощность отдельных пегматитовых прослоев изменяется от долей метра до 35 м, но чаще всего составляет 2-7 м. Выклинивание жил в большинстве случаев происхо-

дит постепенно, оно нередко сопровождается разветвлением тела на несколько маломощных ветвей; реже наблюдается тупое выклинивание, когда на небольшом протяжении происходит резкая потеря мощности. Большинство жил, выявленных на участке, являются "слепыми" телами, т.е. не имеют выхода на дневную поверхность. По вещественному составу пегматитовые тела участка Подгранитного разделяются на два типа: замещенные и частично замещенные. К первому относятся жилы 36, 182, 183, 173 и 174, к второму - 40, 31-190 и 175.

Замещенные пегматиты сложены в основном альбитовым замещающим комплексом с отдельными блоками и реликтами зон первичной кристаллизации. В частично замещенных пегматитах альбитизация выражена слабо, а наибольшее распространение имеют зоны первичной кристаллизации (см. рисунок).

Минералы редких и рудных элементов (танталониобаты, берилл, касситерит) как по отдельным жилам, так и внутри них распределяются весьма неравномерно. Есть жилы, в которых редкие элементы практически отсутствуют, в других же отмечаются их высокие содержания. Распределение полезных компонентов в жилах также неравномерное, причем закономерность изменения содержаний в них не наблюдается. Содержание Ta_2O_5 колеблется от 0,003 до 0,048%, BeO от 0,010 до 0,104%, Nb_2O_5 от 0,01 до 0,022%.

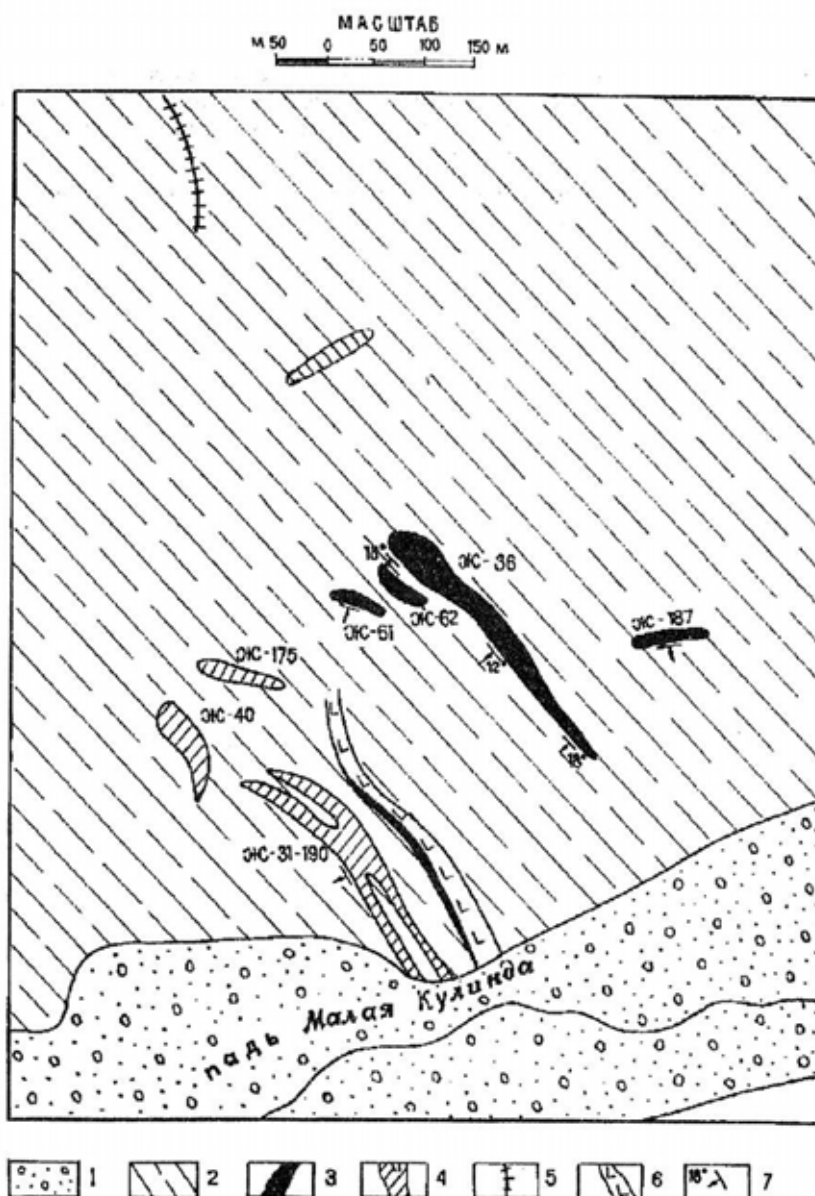
Главным рудным телом участка является жила 36, которая содержит 72,5% Ta_2O_5 , 69,7% BeO и 66,2% Nb_2O_5 от соответствующих запасов, подсчитанных по участку. Жила 36 состоит из 8 ветвей, которые субпараллельно, кулисообразно заходя одна за другую, вытягиваются в СВ направлении. Прослеженная длина ее составляет 300 м, по падению скважинами на 350 м, в юго-восточном направлении она осталась неоконтуренной и, возможно, продолжается примерно на 1500 м.

По жиле 36 по простиранию и мощности прослеживаются различно замещенные зоны первичной кристаллизации, несущие неоднородную редкометалльную минерализацию. Ниже приводим данные по отдельным ее зонам (табл. 1).

По минеральному составу жила 36 относится к микроклин-альбитовому типу с тантал-бериллиевым, оловянным и литиевым оруденением.

Она характеризуется слабо выраженным зональным строением и складывается в основном тремя структурно-минералогическими комплексами:

- 1) аплитовидным в приальбитовых частях жилы;
- 2) неравномернозернистым кварц-альбитовым с блоками микроклина наиболее широко распространен в жиле. В виде полос в нем часто встречается мелкозернистый кварц-альбит-мусковитовый пегматит с турмалином, апатитом, гранатом, бериллом и танталониобатами, мусковит крупночешуйчатый зеленый;



Геологическая карта Подгранитного участка Мало-Кулиндинского танталового месторождения

(составил В.В.Сункинзян с использованием материалов В.Г.Гладкова, 1959 г.):

1 – четвертичные отложения; 2 – песчано-глинистые биотитовые сланцы с прослоями песчаников и конгломератов; 3 – замещенные альбитовые и мусковитовые грейзенизированные пегматиты с колумбит-танталитом и бериллом; 4 – частично замещенные пегматиты с колумбит-танталитом и бериллом; 5 – альбититы с тонковкрапленным колумбит-танталитом и бериллом; 6 – диабазы (дайки); 7 – элементы залегания пегматитовых тел

3) крупнокристаллическим альбит-кварц-мусковитовым с танталит-колумбитом, касситеритом и бериллом в осевых частях раздувов жилы.

Среди ветвей, слагающих жилу 36, наиболее богатой на танталовую минерализацию является ветвь "Д". Это рудное тело имеет прослеженную длину 300 м, мощность его непостоянна и изменяется от 1 до 10-18 м, средняя мощность 8,6 м.

По минеральному составу жила "Д" относится к микроклин-альбитовому с мусковитом типу пегматитов. Она характеризуется неоднородным составом и имеет зональное строение. По направлению от заль-

бандов к осевой части жилы выделяются следующие минеральные зоны и комплексы (табл. 2).

Внутреннее строение руд жилы "Д".

Рудными минералами, представляющими практический интерес, кроме танталит-колумбита, являются берилл, касситерит и частично сподумен. Колумбит-танталит встречается в пегматитовых жилах и, в частности, по жиле 36 в нескольких генерациях, приуроченных к различным зонам первичной кристаллизации пегматитов, и интенсивно развитыми комплексами замещения, по А.Г.Теремецкой (1960).

Таблица 1

Средние содержания, г/т, рудных элементов по массивам кукульбейского интрузивного комплекса (J₃) (сподумен-альбитовые и колумбит-бериллиносные, микроклин-альбитовые пегматиты и пегматитоносные граниты) по данным химических анализов. Мало-Кулиндинское пегматитовое поле

Название гранитного массива, породы	Nb	Ta	$\frac{Nb}{Ta}$	Li	F%	Sn	Be
Двуслюдяные пегматоидные граниты	21	16-40	1,3	160	0,09	12,9	12,3
Мусковит-альбитовые пегматиты	98	160	0,61	-	0,09	-	183,6
Альбитовые пегматиты с бериллом, сподуменом и колумбит-танталитом	83	90	0,9	1210	0,09	-	210
Сподумен-альбитовые пегматиты с танталитом и бериллом	84	152	0,55	1200	-	360	184
Технологическая проба № 10	84	112	0,75	-	-	100	169
Технологическая пробы № 9	49	144	0,34	-	-	-	133
Сподумен-альбитовые пегматиты, валовая проба № 11	49	104	0,48	190,8	-	200	144
Сподумен-альбитовые пегматиты, технол. проба № 12	84	140	0,6	279	-	180	144

В различных типах пегматитовых жил содержания тантала и ниобия различны. Наиболее высокое содержание Ta и Nb обнаруживается в сильно замещенных пегматитах участка Подгранитного в первой его зоне, в которой локализована жила 36. Итак, главным промышленно ценным минералом в жиле является танталит-колумбит, вкрапленность которого неравномерно распределена по объему жилы. Минерал представлен таблитчатыми и тонкопластинчатыми кристалликами черного цвета, основное количество которых (до 85-90%) по данным (Зив и Евлановой, 1959), имеет размеры менее 0,5 мм; в том числе размеры - 0,5+0,074 мм составляют 74% от всей массы танталит-колумбита. Эти же исследователи пегматитовой руды жилы 36 отмечают большое непостоянство состава минерала: в разных образцах содержание пятиоксида тантала меняется от 27 до 62%. I ранняя генерация колумбит-танталита с содержанием 30-65% Ta₂O₅ представлена крупными толстотаблитчатыми кристаллами, столбчатыми и пластинчатыми. Колумбит-танталиты представлены несколькими разновидностями с переменными содержаниями Ta и Nb. Эти особенности отражены в табл. 3 (по данным Гиредмета и Иргиредмета).

Наименьшее значение имеет, таким образом, изометричный танталит. По данным Гиредмета, содержание танталита достигало 20%, а наименьшее

значение имел толстотаблитчатый танталит-колумбит.

Танталит с выделениями 2-3 см, редко до 5 см в длину при ширине 1 см встречается преимущественно в блоковых участках микроклина и кварца, чаще на их границе. Развитая во всех жилах II генерация колумбит-танталита генетически связана с процессами альбитизации, их химический состав изменяется от колумбита до колумбит-танталита с содержанием от 22,6 до 65,0% Ta₂O₅.

Мелкорассеянная вкрапленность в альбите равна размеру зерен альбита, чаще преобладают тонкопластинчатые образования размером 0,75-0,025 мм. Размер свободного танталита по технологической пробе МК-2Л в Т-4 составляет 0,8x0,2 мм. В сахаровидном альбите присутствует в виде точечной вкрапленности едва различимой глазом. III генерация колумбит-танталита связана с грейзеновым комплексом, состоящим из мелкочешуйчато-таблитчатого зеленого мусковита, альбита и серого кварца. Типичный колумбит-танталит с содержанием от 57 до 64% - Ta₂O₅. Встречается он обычно в виде таблитчатых выделений, иногда кубических и копьевидных сростков размером до 0,1-1,5 мм, реже до 1 см, состоящих из нескольких параллельно сростшихся пластинчатых кристаллов. Широкого развития III генерация не получила и встречается преимущественно в приконтактных участках пегматитовой жи-

Таблица 2

Содержание колумбит-танталита по различным замещающим зонам пегматитовой жилы 36

№ п/п	Наименование минеральных зон и комплексов	Объем, %	Колумбит-танталит, г/т	Извлечение Та, %
1	Мелкозернистая аплитовая оторочка с касситеритом	3-5	130	36,1
2	Зона графического кварц-микроклинового пегматита	1-2	80	12,4
3	Неравномерно-среднезернистая кварц-микроклино-альбитовая зона с мусковитом	60-70	270	54,0
4	Комплекс таблитчатого альбита (кавернозного)	5-10	460	59,7
5	Комплекс сахаровидного альбита	5-10	360	72,5
6	Комплекс мусковит-кварцевого грейзена	7-10	169-240	66,2
7	Блоковая кварц-микроклиновая зона по оси жилы с альбит-мусковитовым комплексом	1-3	145	64,6
8	Зона мономинерального кварца по оси жилы и в раздупах	3-5	85	42,0

лы. IV генерация танталит-колумбита связана с процессами гидротермального выщелачивания и переотложения минералов; в пустотах выщелачивания среди альбита, кварца и мусковита преимущественно развита в кавернозном таблитчатом альбите, где ассоциирует с вольфрамитом. Это преимущественно переотложенный более поздними растворами колумбит-танталит ранних генераций.

Взаимоотношения между минеральными компонентами, входящими в колумбит-танталит, довольно сложные, часто наблюдается их тесное прорастание (касситерит, циркон, топаз и стрюверит), характерна также зонарная структура кристаллов колумбит-танталита, образующаяся в результате последовательного чередования зон, сложенных различными компонентами до манганотанталитов, располагающихся параллельно краям основных кристаллов. Все это является следствием отложения зон с меняющимся составом твердых изоморфных смесей железа, марганца, тантала и ниобия. В колумбит-танталите присутствуют титан, цирконий и олово. Примесь титана и циркония объясняется изоморфным вхождением их в кристаллическую решетку колумбит-танталита. По данным химического анализа, содержание олова в колумбит-танталитах варьирует от следов до 1,3-6,3%.

Кроме того, в кристаллах колумбита присутствует мельчайшая вкрапленность пирита. Изучение колумбит-танталита разных генераций позволило установить его тесную генетическую связь с касситеритом. Зерна касситерита иногда выделяются на границе кристаллов колумбит-танталита, но чаще наблюдаются в виде включений в последнем. Струк-

турное травление кристаллов колумбит-танталита плавиковой кислотой показало, что они состоят из 3 компонентов: легко и быстро травящегося (колумбита), медленно и слабо травящегося (средний член ряда колумбит-танталита) и совсем не травящегося (манганотанталита).

Касситерит встречается в пегматитовых жилах довольно часто, однако крупных скоплений этого минерала не наблюдается. Содержание касситерита в исходной пробе 220 г/т, но наиболее высокими содержаниями касситерита отличаются приконтактные участки жилы 36, сложенные кварц-альбит-турмалин-мусковитовым агрегатом, где в концентратах оно достигает 0,179% и во вмещающих песчаниках и сланцах в концентрате до 0,3%. В касситеритах, отобранных из различных типов пегматитов, присутствует тантал - 1,125% и ниобий - до 1,0-1,82%. При этом существенных отличий в их содержании в касситеритах различных генераций не наблюдается.

Присутствие тантала и ниобия в касситерите объясняется тонким взаимным прорастанием его с колумбитом, хотя не исключена возможность и изоморфного замещения олова ниобием и танталом. Повышенные содержания касситерита, как правило, сопутствуют накоплению колумбит-танталита в рудном поле.

Берилл. Образование берилла на Мало-Кулиндинском месторождении наблюдается во всех типах пегматитовых жил на протяжении основной части пегматитового процесса, начиная с момента формирования крупнокристаллических пегматоидных структур и кончая гидротермальной стадией. Осо-

Химический состав колумбит-танталитов

Разновидности минерала	Уд. вес	Содержание, %		
		Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Ta:Nb
Изометричный танталит	6,9	62-63	3,75-5,0	12,4-16,8
Толстотаблитчатый танталит-колумбит	6,75	40-45,5	28-29,6	1,41-1,6
Тонкопластинчатый колумбит-танталит	6,25	27,0	41,1	0,7
Толстотаблитчатый колумбит-танталит	6,7	53,0	23,0	2,3
Тонкопластинчатый колумбит-танталит	5,53	45,0	32,0	1,4
Изометричный танталит	-	65,0	6,0	11
Толсто- и тонкотаблитчатый колумбит-танталит	-	41	22,5	1,8

бенно красивы совершенно прозрачные винно-желтые и бесцветные кристаллы берилла из миароловых пустот.

Наиболее высокотемпературные бериллы выделяются в крупнокристаллической кварц-микроклинной зоне до 2-3 см в длину. От бериллов других генераций высокотемпературные разности отличаются относительно высокой прозрачностью и голубой или зеленовато-голубой окраской.

В исходной руде Т-1-4 содержание берилла – 3560 г/т, гердерита – 29 г/т. Бериллий склонен к рассеянию в других минералах, г/т: микроклине – 13, кварце – 26-40, мусковите – 27, сахаровидном альбите – 36, гранате – 9-13, турмалине – 13.

Руды Мало-Кулиндинского месторождения можно отнести к легкообогатимым, по сравнению с рудами Орловского месторождения. В свободной форме танталита до 60,1%, в сростках 39,9%, причем максимальная степень раскрываемости минерала происходит в классах 0,2 и 0,1 мм, соответственно 89,18 и 83,05%. Так, по минералогическому анализу в исходной пробе свободный танталит составляет 300,4 г/т, в сростках – 30 г/т.

Наиболее характерной особенностью танталита жилы 36 (ветвь "Д") является высокое содержание Ta₂O₅ в минерале, равное 65%, тантала – 53,5%, ниобия – 6,2-23,5 (см. табл. 3). В танталитах всех кристаллографических форм тантала – 51,5%, ниобия – 19,7%. Во всех остальных жилах месторождения содержания тантала от 34 до 37,2%, ниобия – 11,9-25%, что, естественно, резко снижает их промышленную значимость. Танталит месторождения из жилы 36 не является радиоактивным.

Колумбиты имеют резко подчиненное значение с содержанием Та – 18,5-22,8% и развиты на остальных жилах месторождения. Спорадически отмечается микролит с содержанием тантала 63,7%, ниобия – 0,46%.

Содержание микролита в руде 20 г/т, а в кон-

центрах 16-92 г/т, что резко – до 10% повышает долю тантала в рудах.

Проведенный поминеральный баланс распределения Ta₂O₅ и Nb₂O₅ в пегматитовой жиле 36 показывает, что в собственных минералах этих элементов сконцентрировано 74,4% Ta₂O₅ и 59,65 Nb₂O₅, соответственно в рассеянной форме и шламе находится 25,6% Ta₂O₅ и 40,35% Nb₂O₅. В пегматитах с содержанием слоды 2,6-7,0% доля рассеянной пятиокиси тантала может достигать 2,5%.

Кроме танталит-колумбита, с успехом может быть получен касситеритовый концентрат, в головке классов +0,5-0,2 мм с содержанием 5900-6900 г/т.

Сложные пегматитовые жилы развиты на участках Подгранитном и Чистяковских работ. Жилы имеют северо-западное простирание, падение их к юго-западу от пологого до крутого. Длина отдельных жил достигает 50-200 м, мощность до 8-10 м.

Пегматитовые жилы данного типа редко встречаются в одиночку и чаще всего группируются в линейно-вытянутые зоны северо-западного простирания, с падением на юго-восток. Зоны состоят из пегматитовых жил линзобразной, сигарообразной формы и кулисообразно расположенных в направлении склонения жил.

Пегматитовые тела Верхне-Кулиндинского месторождения, залегающие в гранодиоритах, имеют простую форму. Они вытянуты согласно с простиранием интрузива на СВ (70°, реже 20-30°). Падение жил к северо-северо-западу под углом 12-18°, реже к юго-востоку.

Они имеют выдержанную мощность по простиранию и часто группируются по несколько жил вместе. Форма жил плитообразная, контакты их резкие.

По вещественному составу редкометалльные пегматиты классифицируются на три типа: незамещенные, частично замещенные и замещенные. Минералогический состав пегматитов очень сложный. Это обусловлено как большим числом минералов, слагающих пегматиты, так и наличием нескольких нео-

дновозрастных разновидностей их. Количественные соотношения минералов в разных типах пегматитов также различны.

Главными породообразующими минералами в замещенных пегматитах являются альбит, кварц и мусковит. Частично замещенные и незамещенные пегматиты состоят главным образом из калиевых полевых шпатов, плагиоклазов, кварца, мусковита и турмалина.

Рудными минералами, представляющими практический интерес, являются танталит-колумбит, берилл, касситерит и сподумен.

Колумбит-танталит встречается в пегматитовых жилах месторождения в виде нескольких (4) генераций. Наиболее высокое содержание тантала и ниобия обнаруживается в сильно замещенных пегматитах участка Подгранитного. Основным носителем танталового и ниобиевого оруденения является вторая генерация колумбит-танталита, характерная для интенсивных альбитизированных пегматитовых жил месторождения (7, 36, 39, 182, 187).

Берилл практически является единственным минералом пегматитов, в котором концентрируется бериллий. На месторождении выделено шесть генераций берилла. Промышленный интерес представляет мелко- и крупнокристаллический берилл IV генерации, связанный с альбитизацией пегматитов (7, 39), а также бериллы II и III генераций.

Касситерит встречается довольно часто, однако крупных скоплений этого минерала не наблюдается. Наиболее высоким содержанием касситерита отличаются пегматитовые жилы 1, 7, 31 и 40, где он приурочен к приконтактовым участкам рудных тел, сложенных кварц-мусковитовым агрегатом. В касситерите обнаружено присутствие ниобия и тантала в количествах до 1%, редко до 1,82%.

Сподумен часто встречается в пегматитовых жилах Верхне-Кулиндинского месторождения и довольно редко в пегматитовых жилах Мало-Кулиндинского месторождения.

Результаты полного минералогического анализа исходной руды из пегматитовой жилы 36 и продуктов ее гравитационного обогащения

Минеральный состав технологической пробы МК-2Л (кл. - 2,0 мм) характеризуется значительным преобладанием плагиоклаза (57,8%) над всеми остальными породообразующими минералами (табл. 4). Основной рудный минерал танталит-колумбит содержится в количестве 187 г/т (ИМГРЭ, минералог Ю.И.Филиппова), а из 12 проб, составляющих технологическую пробу МК-2л, минералог Л.И.Федорова и В.И.Проскуракова определили колумбит-танталит в количестве 300,4 г/т.

Бериллиевая минерализация представлена в основном бериллом 3560 г/т. Содержание касситерита в пробе 220 г/т. В очень ограниченном количестве присутствуют гердерит, циртолит, рутил и монацит.

Из аксессуарных минералов наиболее широко распространены турмалин и гранат.

Силикатный анализ этой пробы показал значительное преобладание натрия над калием, повышенные содержания кальция и фосфора и низкое содержание фтора, %: SiO₂ - 71,3; TiO₂ - 0,08; Al₂O₃ - 16,58; Fe₂O₃ - 0,22; FeO - 0,46; MnO - 0,04; Mg - 0,11; CaO - 1,2; Na₂O - 6,21; K₂O - 2,43; Li₂O - 0,04; Rb₂O - 0,06; Cs₂O - 0,00-0,006; P₂O₅ - 0,44; H₂O⁺ - 0,38; H₂O⁻ - 0,18; F - 0,04. Сумма 99,80.

В исходной руде (кл. + 1,6 мм) отмечаются максимальные содержания микроклина и мусковита - по 25% и минимальные - плагиоклаза - 32,3%. В этом классе руды обнаружено значительное количество берилла - 0,32%, тогда как танталит-колумбит встречен только в виде единичных сростков с породообразующими минералами.

Минеральный состав пробы из концентрата перемешки сопоставим с составом грубого концентрата III стадии, в них установлены близкие содержания как танталит-колумбита, так и других аксессуарных минералов. Особенностью минерального состава пробы из отвальных хвостов гравитации является присутствие в ней значительного количества берилла - 0,24%.

Полученный на Мало-Кулиндинской фабрике готовый тантало-ниобиевый концентрат имеет следующий минеральный состав, %: танталит-колумбит - 5,4, турмалин - 32,3, гранат - 23,1, апатит - 4,2, топаз - 4,5, окислы железа - 6,2, гетерозит - 3,6, биотит - 3,0, мусковит - 1,5, касситерит - 1,2, железная стружка - 3,7.

По минеральный баланс тантала и ниобия в технологической пробе МК-2Л из пегматитовой жилы 36, горизонт 780 м проведен по Подгранитному участку Мало-Кулиндинского месторождения.

С целью выяснения соотношений между рассеянной и концентрированной формами нахождения тантала и ниобия на эти элементы были проанализированы все породообразующие минералы, танталит-колумбит, а также шлам. Подсчитанный баланс показал, что в данной руде 74% всего тантала и около 60% ниобия сосредоточены в одном собственном минерале танталит-колумбите (см. табл. 4).

Из всех породообразующих минералов только альбит вследствие широкого распространения в породе и повышенного абсолютного содержания в нем этих элементов оказывает существенное влияние на распределение - в нем рассеивается 14,5% всего тантала и 18,7% ниобия.

Кроме того, в шлам ушло 8% тантала и 11,5% ниобия, в мусковите соответственно 1,52 и 7,01%, в касситерите рассеивается 1,125% тантала и 1% ниобия, но его доля в руде мала - 0,0220%.

Содержание в пробе по минералогическим подсчетам 0,0119 пятиокси тантала и 0,0093 пятиокси ниобия.

Содержание в пробе по результатам химического анализа 0,012 пятиокси тантала и 0,010 пятиокси ниобия.

Из породообразующих минералов был изучен

Таблица 4

Поинеральный баланс пентаоксида тантала и ниобия в исходной пегматитовой руде из жилы 36, %

Минералы	Содержание минерала в пробе	Содержание в минерале		Относительное содержание в пробе за счет минерала	
		Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅
Альбит	57,8	0,003	0,003	14,46	18,70
Микроклин	16,1	0,001	0,001	1,34	1,74
Кварц	13,3	0,0002	0,001	0,22	1,43
Мусковит	2,6	0,007	0,025	1,52	7,01
Танталит-колумбит	0,0187	47,70	29,58	74,40	59,65
Шлам	9,66	0,010	0,011	8,06	11,46
Всего	99,48	-	-	100	99,9

химический состав микроклина как возможного источника полевошпатового сырья.

В мусковите из технологической пробы установлены следующие содержания редких элементов, %: Li – 876-560; Rb – 5466; Cs – 300-570; Ta – 60-300; Nb – 235-330; Sn – 494-1692 и до 0,093 (табл. 5).

Турмалин, представленный в пробе мелкими призматическими кристалликами бурого цвета содержит, %: Li – 0,02-0,03; Sr – 0,012; Ga – 0,01; V₂O₅ – 10,2. Турмалин довольно широко распространен, особенно в приконтактной зоне.

Гранат – типичный акцессорный минерал пегматитовой жилы 36, составляющий, как и турмалин, значительную часть готового концентрата Мало-Кулиндинской обогатительной фабрики. В нем обнаружены следующие элементы-примеси, %: Ta₂O₅ – 0,025; Nb₂O₅ – 0,006; Zr – 0,014; V – 0,0027.

В апатите отмечаются повышенные содержания Sr – 0,086%, Th – 0,014%, V – 0,011%. Апатит в пегматитовых жилах в качестве акцессорного минерала наблюдается во всех типах жил в ассоциации с биотитом, мусковитом и полевым шпатом и выделяется на широком интервале: начиная от стадии первичной кристаллизации до самых поздних стадий – отложения минералов по трещинам в альбитизированном пегматите.

Выделяются три генерации апатита:

- 1) в блоковых участках пегматитовых жил;
- 2) стадии замещения;
- 3) гидротермальной стадии в жилах.

Концентрация ниобия и тантала на различных стадиях минералообразования пегматитов

В пегматитах Кулиндинского комплекса минералы группы колумбит-танталита, в которых практически полностью происходит концентрация Ta и Nb выделяется почти на всем интервале пегматитового процес-

са. Поскольку Ta и Nb практически не входят в кристаллическую решетку породообразующих минералов, в частности микроклина и кварца, то они концентрируются в растворе и в стадии первичной кристаллизации выпадают в виде толстотаблитчатой разновидности колумбит-танталита в ассоциации с кварцем, мусковитом и микроклином. С этой стадией связан первый крупный этап накопления Ta и Nb в пегматитах (Теремецкая, 1960).

В стадию образования кварц-мусковитового комплекса не происходит заметной концентрации Ta и Nb. В небольшом количестве они присутствуют здесь в виде колумбит-танталита, образующего тонкую вкрапленность в касситерите, выделяющемся в эту стадию или иногда в виде отдельных первых кристаллов колумбит-танталита среди мусковита.

Второй этап накопления Ta и Nb связан с процессами альбитизации. В эту стадию выделяется тонкопластинчатый колумбит-танталит второй генерации, образующий чаще всего мелкорассеянную вкрапленность в альбите.

В более позднюю стадию замещения – в стадию развития грейзенового комплекса – происходит образование третьей генерации колумбит-танталита – наиболее богатой танталом.

И, наконец, в стадию гидротермальных процессов небольшое количество, видимо, переотложенного колумбит-танталита выделяется в пустотах выщелачивания. Для количественной оценки содержания Ta и Nb в различных минеральных комплексах образующиеся на различных стадиях процесса пегматитообразования, были проведены определения Ta₂O₅ и Nb₂O₅.

Наблюдается явное повышение содержания обоих элементов при переходе от более ранних комплексов (микроклинового и кварц-мусковитового) к более поздним (альбитовому и грейзеновому) замещающим комплексам. Так, содержание Ta₂O₅ и Nb₂O₅ в микроклиновом и кварц-мусковитовом

Таблица 5

Средние содержания элементов-примесей в мусковите Мало-Кулиндинского пегматитового месторождения, участок Подгранитный, жила 36, микроклин альбитовый и альбитовый тип

Мусковиты метасоматически замещенных пегматитов	Число проб	Содержание, г/т							
		Li	Rb	Cs	Ta	Nb	Sn	W	BeO
По технологич. пробе МК-2Л	35	876,9	2457	278,3	49,8	123,8	494	115,4	29,4
III генерации кварц-альбит-мусковитового комплекса	4	-	-	-	75,0	-	800	59,2	-
Мелкочешуйчатой II генерации грейзенового комплекса	5	-	-	-	60-148	-	994	64,3	-
Крупночешуйчатый I генерации	1	560	5400	570	300	330	1692	168,5	29,0
Крупночешуйчатый "ельчатый" мусковит I генерации	4	710	6200	300	251,5	280	2300	111,0	15,0
Мусковиты I, II и III генераций	19	620	5466	344	139,6	281,7	756,9	70,4	20,3
Сводные данные по мусковитам участка	27	590	4800	270	113,8	235	935,7	61,9	17,0

комплексах обычно составляет тысячные доли процента. В том же случае, когда оно поднимается до 0,01%, то это обычно бывает связано со значительной альбитизацией пегматита. Из этих элементов значительно выше: для Ta₂O₅ оно во всех пробах больше 0,01%, поднимаясь до 0,02-0,03%, а в отдельных случаях до 0,045%.

Автор считает, что наиболее вероятным источником тантала и ниобия в пегматитовых телах участка Подгранитный Мало-Кулиндинского месторождения являются биотиты гранитов и мусковиты пегматитов, двуслюдяных – биотитового интрузивного комплекса, им же обязано и появление повышенных концентраций олова, лития, бериллия и реже вольфрама (см. табл. 5). Так, повышенные содержания тантала до 251,5-300 г/т установлены в крупночешуйчатом мусковите I генерации, на плоскостях пластинок образующие своеобразные "ельчатые" веерообразные рисунки. Слюды отбиралась из кварц-микроклин-альбит-мусковитового комплекса. Содержания ниобия в них достигают 330-280 г/т и мало чем отличаются от первых. В мелкочешуйчатых слюдах II и III генераций грейзенового замещающего комплекса содержания тантала и ниобия уменьшаются в 2 и даже в 5 раз. Эта существенная разница в содержаниях тантала и ниобия между исходными биотитами и мусковитами первой генерации и последую-

щих второй и третьей (см. табл. 5), по существу, замещена на образование собственных минералов колумбит-танталита при процессах кислотного выщелачивания и нейтрализации среды минералообразования. А потому не случайно максимальная концентрация колумбит-танталита в жиле 36 приходится на участок развития поздних мелкочешуйчатых мусковитов, и в последних нередко наблюдается не только тонковкрапленная сыпь колумбит-танталита, но их крупные кристаллы до 2x5 мм, в ассоциации с сахаровидным и таблитчатым альбитом и кавернозными альбититами, где в пустотках хорошо просматриваются тонковкрапленные пластинчатые кристаллики колумбит-танталита.

Внутреннее строение редкометалльных пегматитов изучали: Солодов (1962, 1971), Недумов (1974, 1975), Кузьменко и др. (1961, 1965, 1968).

Литература

- Беус А.А. Роль комплексных соединений в переносе в эндогенных растворах // Геохимия. – 1958. – № 4.
 Беус А.А. Режим кислотности-щелочности как фактор концентрации редких элементов в процессе метасоматоза // К 60-летию Д.С.Коржинского. – М.: Изд-во АН СССР, 1961.
 Беус А.А. О зональности гранитных пегматитов. – М. Изд-во АН СССР, 1953. – 26 с.
 Власов К.А. Факторы образования различных типов редкометалльных

- гранитных пегматитов // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1956. – № 1. – С. 65-89.
- Власов К.А. Принципы классификации гранитных пегматитов и их текстурно-парагенетические типы // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1961. – № 1. – С. 8-29.
- Гинзбург А.И. Специфические особенности месторождений редких элементов // Геология месторождений редких элементов и их поисковые критерии. – М.: Госгеотехиздат, 1961.
- Гинзбург А.И. Об источниках редких элементов в эндогенных месторождениях // Источники рудного вещества эндогенных месторождений. – М.: Наука, 1976. – С. 272-285.
- Гинзбург А.И., Тимофеев И.Н., Фельдман Л.Г. Основы геологии гранитных пегматитов. – М.: Недра, 1979. – 269 с.
- Гинзбург А.И. и др. Вопросы геологии и генезиса пегматитов // Геология месторождений редких элементов. – М.: Недра, 1964. – Вып. 22. – С. 134-140.
- Гладков В.Г. Об особенностях строения и формирования Кулиндинской интрузии верхнеюрского возраста (Восточное Забайкалье) // Тр. Иртиредмета. – Иркутск, 1965. – Вып. 13. – С. 101-117.
- Гребенников А.М. О зональности оруденения мезозойских редкометалльных пегматитов и метасоматически измененных гранитов Забайкалья. – Чита, Изв. Забайк. фил. Географ. об-ва СССР, 1972. – С. 20-24.
- Гребенников А.М. Геолого-минералогическое и геохимическое обеспечение крупнообъемной технологической пробы МК-2Л, жилы 36-Д Мало-Кулиндинского м-ния. – Фонды Орловского ГОКа, 1989.
- Кузьменко М.В. О роли слюд в процессе концентрации тантала // Докл. АН СССР. – 1961. – Т. 140. – № 6.
- Кузьменко М.В., Солодов Н.А. Пегматиты как модель магматического процесса // Новые данные по геологии, геохимии и генезису пегматитов. – М.: Наука, 1965. – С. 12-16.
- Кузьменко М.В., Еськова Е.М. Тантал и ниобий. – М.: Наука, 1968. – 341 с.
- Недумов И.Б. Магматизм и пегматообразование. – М.: Наука, 1975. – 235 с.
- Недумов И.Б. Закономерности формирования пегматитов различной рудной специализации // Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – М., 1974. – 40 с.
- Солодов Н.А. Внутреннее строение и геохимия редкометалльных пегматитов. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 234 с.
- Солодов Н.А. Научные основы перспективной оценки редкометалльных пегматитов. – М.: Наука, 1971. – 292 с.
- Солодов Н.А. Главные закономерности распределения редкометалльного оруденения в земной коре // Геол. и геофиз. – 1977. – № 2. – С. 11-23.
- Теремецкая А.Г. Окончательный отчет по изучению вещественного состава рудных тел Кулиндинского пегматитового поля. 1960. – Фонды ЧГУ, 1960.
- Ферсман А.Е. Пегматиты. Т.1. Гранитные пегматиты. – М.: Изд-во АН СССР, 1931.
- Филиппова Ю.И., Ефимов В.Ф. Геолого-минералогическое обеспечение крупнообъемной технологической пробы, пегматитовой жилы 36-Д Мало-Кулиндинского месторождения. – М., 1989. – Фонды ИМГРЭ и Орловского ГОКа (Новоорловск).
- Фадеев В.Н., Черник Л.Н., Гребенников А.М., Арова А.А. Карта редкометалльных пегматитовых полей Союза ССР м-б 1:1 000 000. Читинская область. 1960. – Фонды ЧГУ.

* * *