

Ю. Л. КАПУСТИН

**НАХОДКА АКЦЕССОРНОГО МАНГАНО-ТАНТАЛО-КОЛУМБИТА
В АМАЗОНИТОВЫХ ПЕГМАТИТАХ**

В амазонитовых пегматитах постоянно содержатся акцессорные редкометалльные минералы, в том числе — разнообразные по составу титано-тантало-ниобаты (Ильменские горы; Кольский п-ов; Пайкс Пик, Колорадо и др.). Обычно тантало-ниобаты в этих пегматитах характеризуются высоким отношением Fe/Mn, Nb/Ta и Y/Ce. В Туве нами обнаружены в амазонитовых пегматитах высокомарганцовистые и обогащенные танталом акцессорные минералы, обычно свойственные редкометалльным сподуменовым пегматитам — мангано-колумбит, манганотанталит и манганоильменорутил.

Амазонитовые пегматиты встречены на Сангилене (Юго-Восточная Тува), в верховьях рек Качик, Чахыртой и Баян-кол и представлены телами различной морфологии: линейными жилами мощностью до 5 м, реже — крупными штокообразными телами (р. Баян-кол). Пегматиты прорывают сланцево-мраморную толщу рифейских отложений и плагиограниты нижнепалеозойского (таннуольского) интрузивного цикла. По возрасту пегматиты, вероятно, относятся к верхнему палеозою.

Тела амазонитовых пегматитов постоянно четко симметрично-зональные, с резкими контактами (рис. 1). Периферические зоны их (менее 10% мощности) мелко- и среднезернистые, гипидиоморфной (гранитной) структуры, сложены агрегатом розового или розово-желтого микроклипертита, кварца и биотита, с примесью мусковита, шерла, магнетита и акцессорных минералов¹: циркона, альмандина, апатита и флюорита. В экзоконтактах пегматиты обогащены биотитом (в отдельных участках — до 20%), реже — мусковитом, а на контактах с доломитистыми мраморами (Чахыртой) — еще и роговой обманкой. В основном (60—90% мощности) жилы сложены блоковым амазонитом, проросшим вытянутыми выделениями белого кварца (гигантографическая структура) и сочетают в себе признаки типичных блоковых и гигантографических зон. Отдельные монокристаллы микроклина в них достигают 1,5 м в поперечнике, а вроски кварца имеют в сечении площадь 10—40 см². Участков, обладающих мелкой графикой, не обнаружено. В осевой части пегматитов располагается кварцевое ядро мощностью до 7 м или отдельные гнезда серого кварца (до 3×1 м). В блоковой зоне или на ее границе с кварцевым ядром встречаются редкие гнезда крупнопластинчатого (до 8×8×1 см) клевеландита, участки развития мусковита, сахаровид-

¹ Диагностика всех упомянутых в работе акцессорных и редких минералов подтверждена рентгенографическим, спектральным и иммерсионным методами. Для слюд определено также содержание всех щелочных металлов.

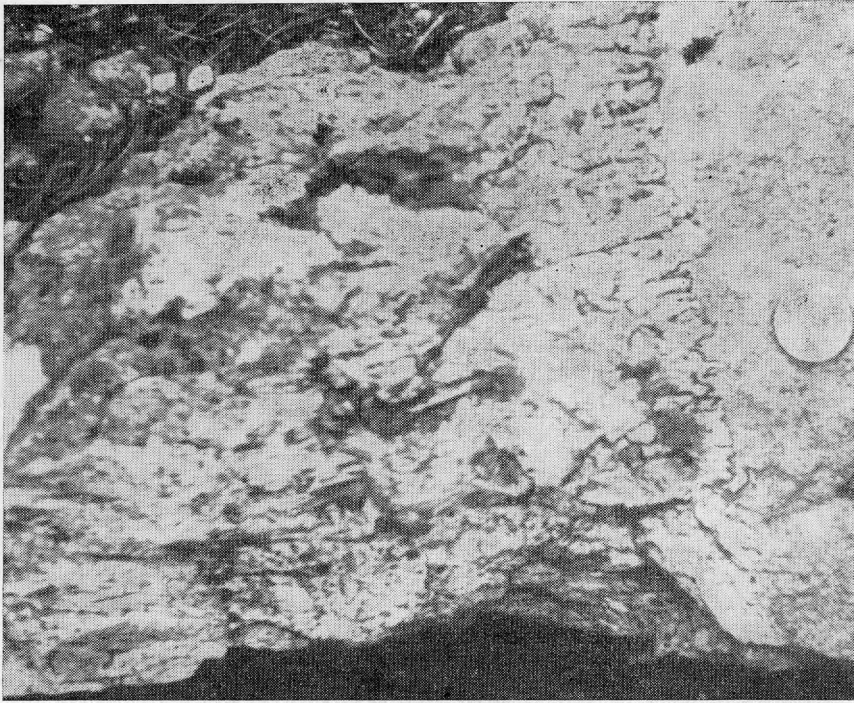


Рис. 1. Четкий контакт амазонитового пегматита с мелкозернистым гранитом. Хорошо заметно быстрое укрупнение кристаллов минералов в пегматите по мере удаления от контакта. Баян-кол

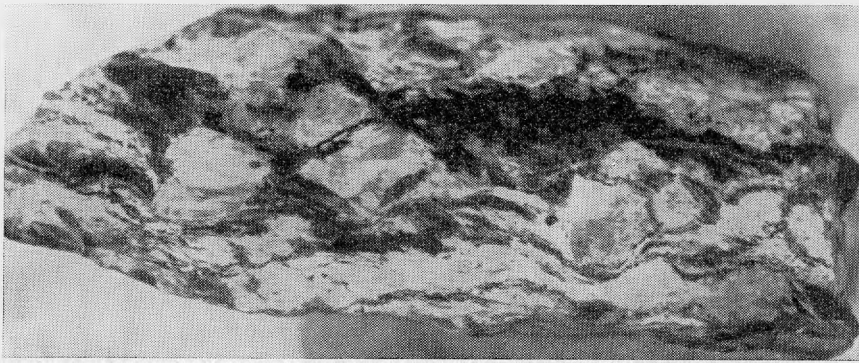


Рис. 2. Развитие прожилков биотит-мусковитового агрегата (темное) в амазонитовом пегматите. Баян-кол; штупф, нат. вел.

ного альбита, скопления флюорита и прожилки циннвальдита. Местами пегматит раздроблен и пересечен сетью мусковит-биотитовых и мусковитовых прожилков и приобретает брекчиевое строение. В слюдяном агрегате сохраняются обломки амазонита (рис. 2), теряющие с периферии зеленую окраску и окрашенные в розовый или желтовато-розовый цвет.

Вокруг гнезд клеветандита амазонит теряет зеленую окраску и интенсивно альбитизирован. Блоки амазонита обрастают крупнопластинчатым клеветандитом, отдельные кристаллы которого (до 5 см в поперечнике) проникают в амазонит вдоль границ вростков кварца. В центре гнезд клеветандита иногда располагаются скопления крупнолистоватого мусковита и секущие прожилки мелкочешуйчатого циннвальдита. Листовой агрегат слюд проникает по трещинам в окружающий амазонит

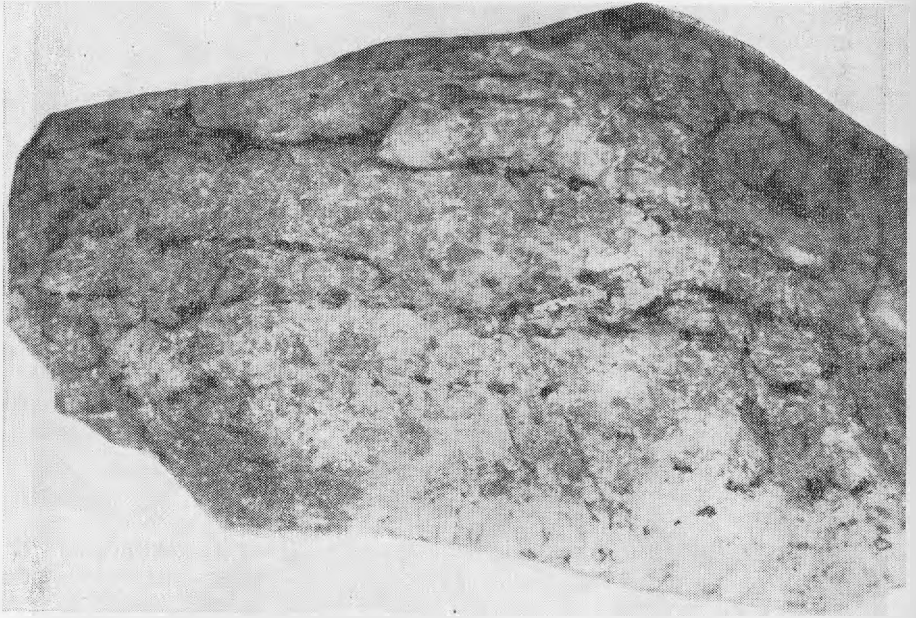


Рис. 3. Слабо полосчатая масса сахаровидного альбита с цепочковидными (последовательными) обособлениями мелких кристаллов колумбита и шерла (темное). Баян-кол; штуф, нат. вел.

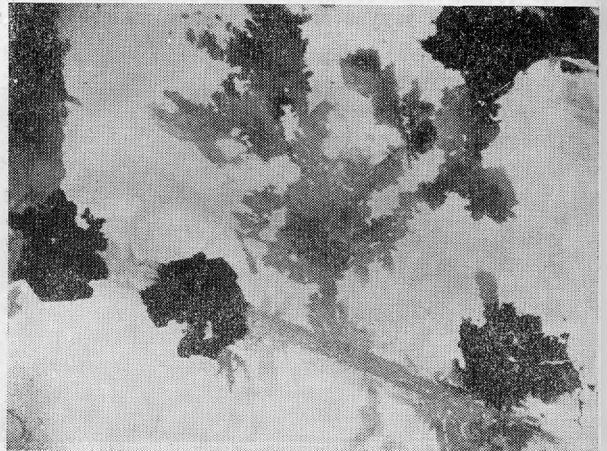


Рис. 4. Дендритовидные кристаллы колумбита (черное), прорастающие альбитизированный амазонит (светлое). Баян-кол; штуф, нат. вел.

Рис. 5. Тончайшие пластины колумбита (черное) в мусковите. Серое — биотит. Качик. Проходящий свет. Увел. 12

и развивается также между пластинчатыми кристаллами клеветандита. Встречаются и отдельные самостоятельные гнезда крупнопластинчатого мусковита в амазоните или на границе его с кварцевым ядром. Размеры отдельных пластин мусковита достигают $12 \times 10 \times 3$ см.

Слюды развиваются позже клеветандита, а циннвальдит — позже мусковита. Редкие тонкие (1—3 см) прожилки мелкочешуйчатого циннвальдита пересекают кристаллы мусковита. Вероятно, и клеветандит, и слюды образуются после кристаллизации основного тела пегматита на последующей гидротермально-пневматолитовой стадии за счет ло-

кальной переработки амазонита остаточными растворами. Этот процесс завершается развитием более поздней альбитизации. В ходе ее образуются секущие прожилки и гнезда мелкозернистого сахаровидного альбита и участки неравномерной альбитизации вокруг них. Сахаровидный альбит обладает слабой полосчатостью параллельно контактам. Полосчатость выражается в плоскопараллельном расположении скоплений кварца и акцессорных минералов: магнетита, граната, циркона и колумбита (рис. 3).

В кварцевом ядре пегматитов встречаются редкие гнезда измененного криолита и дымчатого крупнокристаллического флюорита, а также пустоты, стенки которых выстланы друзами мелких кристаллов дымчатого кварца. В этих пустотах встречены выделения фосфатов марганца. В блоковом амазоните встречаются редкие отдельные кристаллы или чаще — сростки кристаллов акцессорного танталит-колумбита; более мелкие уплощенные выделения его присутствуют и в массе клевеландита, в мусковите, циннвальдите и сахаровидном альбите. В последнем случае вместе обнаружены также редкие зерна ильменорутила. В клевеландите присутствуют округлые выделения акцессорных торита и монацита, тесно прорастающих друг друга.

Минералы группы колумбита представлены рядом последовательных генераций на разных стадиях развития пегматита. В блоковых зонах пегматитов выделения колумбита (I генерация) приурочены к границам крупных блоков амазонита, обычно теряющих в таких участках свою зеленую окраску, или проникают в амазонит вдоль границ вростков кварца. Колумбит образует бесформенные, уплощенные поликристаллические выделения с неровной поверхностью, покрытой ступенчатыми индукционными формами, повторяющими строение поверхности амазонита. Минеральных включений колумбит почти не содержит, за исключением тонких пленок кварца по трещинам или отдельности.

В крупных сростках мусковита и реже — клевеландита встречаются поликристаллические лепешковидные и бесформенные сростки колумбита толщиной 5—8 мм и до 3 см в поперечнике. В участках развития клевеландита колумбит (II генерация) прорастает и клевеландит, и амазонит. Колумбит здесь развивается в виде сложных ветвящихся дендритовидных форм (рис. 4), проникающих в полевые шпаты и слюдяной агрегат по спайности и по трещинам и имеющих вид поликристаллических сростков с субпараллельной ориентировкой отдельных индивидов. Иногда отмечается веерообразное разрастание таких сростков внутрь выделений полевых шпатов, и на окончаниях отдельных кристаллов колумбита заметно развитие граней головки, в то время как грани призматического пояса отсутствуют. Выделения и сростки колумбита имеют характер метакристаллов и переполнены включениями силикатов и кварца. В единичных случаях между пластинами клевеландита встречаются тонкие (до 1 мм) многоугольные лепешковидные кристаллы колумбита (до 1 см в поперечнике) с тонкой линейной концентрически-зональной индукционной штриховкой, параллельной их внешним контурам. Колумбит здесь ассоциирует с торитом и монацитом.

В гнездах крупнопластинчатого мусковита колумбит (III генерация) образует округлые или уплощенные выделения без заметных кристаллических граней. Тонкие пластины колумбита проникают в кристаллы мусковита по спайности, образуя иногда тончайшие пленковидные кристаллы площадью до $0,5 \times 1$ мм при толщине менее 0,01 мм, с четкими многоугольными очертаниями (развитие боковых граней — рис. 5). Поверхность сростков колумбита покрыта резкими индукционными штрихами, обусловленными вращением пластин мусковита. Мелкие вросстки мусковита встречаются и в центре выделений колумбита. В ассоциации с колумбитом здесь встречаются торит, монацит, апатит, шерл и магнетит.

Циннвальдит по распространенности значительно уступает мусковиту и образует редкие гнезда и прожилки в его массе или в блоковом амазоните вблизи от кварцевого ядра. Колумбит (IV генерация) распределен в этом агрегате весьма неравномерно, преимущественно концентрируясь в участках выклинивания или в контактах прожилков и скоплений циннвальдита. Колумбит образует мелкие (2—5 мм) плохо ограненные кристаллы и зерна с вростками слюды и грубой индукционной штриховкой. Лишь на отдельных кристаллах слабо развиты грани призматического пояса. В циннвальдите также рассеяны зерна кварца, короткопризматические редкие кристаллы шерла и мелкие выделения сульфидов — молибденита, пирротина и висмутина, преимущественно образующего тончайшие уплощенные иглы, врастающие по спайности в циннвальдит.

В сахаровидном альбите колумбит (V генерация) образует наиболее идиоморфные, мелкие (до 5 мм в длину) шестовато-призматические кристаллы, иногда — со слабым развитием граней дипирамиды. Он постоянно содержит мелкие вростки альбита. С ним ассоциируют гранат, турмалин, ильменорутил, кварц, циркон.

Проведенным рентгенографическим исследованием установлено, что все изученные образцы принадлежат структурному типу колумбита-танталита. Представителей группы воджинита среди них не обнаружено. Дебаеграммы и дифрактограммы образцов колумбита имеют обычный набор линий.

Физические свойства изученных минералов также обычны и аналогичны таковым для промежуточных разновидностей минералов ряда колумбит — танталит. Во всех случаях колумбит имеет железо-черный цвет, металлический или полуметаллический блеск, неровный или зернистый излом. Цвет порошка минерала (черта) слабо меняется от темно-красно-бурого (I и III генерации) до буро-красного (IV и V генерации), в целом отличаясь выраженным буро-красным оттенком, что является характерным признаком высокомарганцовистых (обычно — и высокотанталистых) разновидностей. Под микроскопом в отраженном свете кристаллы колумбита имеют однородное строение, слабые буро-красные рефлексии, иногда выраженную отдельность вдоль удлинения и обычную отражательную способность. В проходящем свете, в сверхтонких шлифах, минерал просвечивает бурым светом, с более выраженным красным оттенком у III и IV генераций. В шлифах хорошо заметно обогащение периферических зон поликристаллических сростков колумбита включениями силикатов и кварца, а в единичных случаях — также торита и монацита. Незаконномерные вростки силикатов особенно обильны в метакристаллах и дендритовидных сростках колумбита. В центре крупных выделений включения отсутствуют. Торит и монацит образуют тонкие (до 1 мм) шестовато-пластинчатые вростки, обычно ориентированные вдоль удлинения кристаллов колумбита (вдоль плоскостей отдельности). Наиболее чисты от включений кристаллы колумбита I, IV и V генераций, а наиболее богаты — II и III генерации.

При травлении поверхности шлифовок колумбита подогретыми кислотами четко выявляется их поликристаллическое и иногда — полисинтетически-зональное строение, в отдельных случаях — по двум пересекающимся плоскостям. Удельный вес изученных образцов колумбита повышен (табл. 1) и для всех образцов превышает 5,5, особенно повышаясь в минерале IV генерации.

Все произведенные полные химические анализы танталит-колумбита показали достаточную чистоту отобранного материала (табл. 1). Он содержит лишь незначительную примесь SiO_2 , которая скорее всего объясняется присутствием небольшой механической примеси кварца, от которого трудно освободиться. Содержание CaO (до 0,33%), вероятно, обусловлено вхождением его в минерал (замещение Mn, менее 3 атомных %), так как в ассоциации с танталит-колумбитом собственно каль-

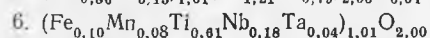
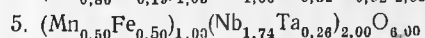
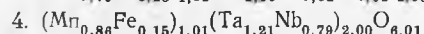
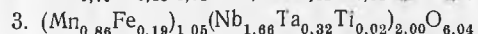
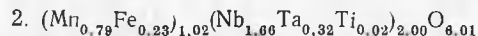
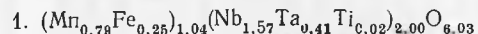
Таблица
Химический состав танталит-колумбита и ильменорутила

Компоненты	Колумбит										Ильменорутил		Танталит-колумбит			
	1		2		3		4		5		6		7	8	9	10
	вес. %	атомн. колич.	вес. %	атомн. колич.	вес. %	атомн. колич.	вес. %	атомн. колич.	вес. %	атомн. колич.	вес. %	атомн. колич.	весовые %			
Nb ₂ O ₅	53,31	0,4159	59,61	0,4482	59,00	0,4437	23,25	0,1748	62,50	0,4700	24,18	0,1819	56,48	27,22	61,00	23,43
Ta ₂ O ₅	24,42	0,1105	18,80	0,0850	19,00	0,0860	60,13	0,2721	15,35	0,0695	8,04	0,0364	22,12	53,47	17,80	51,64
TiO ₂	0,35	0,0043	0,50	0,0062	0,48	0,0060	—	—	—	—	51,6**	0,6450	—	1,30	0,76	3,67
FeO	4,77	0,0672	4,32	0,0603	3,76	0,0530	2,44	0,0344	9,82	0,1364	9,08	0,1272	8,07	11,91	5,62	7,43
MnO	14,98	0,2109	15,14	0,2132	16,30	0,2300	13,81	0,1945	9,60	0,1352	5,87	0,0827	12,45	5,66	13,50	5,86
CaO	—	—	0,30	0,0054	0,33	0,0060	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,03
SiO ₂	2,00*	—	0,95*	—	0,85*	—	—	—	1,00*	—	—	—	—	—	—	1,24
SnO ₂ + WO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	1,60	—	—	—	0,56	0,44	0,76	—
Прочие	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,15	—	—	4,61
Сумма	99,83	—	99,62	—	99,72	—	99,63	—	99,85	—	98,77	—	99,83	100,00	99,44	100,02
Уд. вес Аналитик	5,70	—	5,60	—	5,53	—	6,61	—	5,48	—	—	6,1	5,661	—	5,460	6,17
													Дж. Д. Дэна и др. (1951)		Берггрэн, Назаревич (Минералы, 1971)	

А. В. Быкова

Г. В. Любомилова

Формулы анализированных образцов:



1—6—Сангилен (в порядке генераций); 7—Колорадо, США; 8—Ю. Дакота, США; 9—Варутреск Швеция; 10—УССР. В целях сравнения определены также содержания Nb и Ta в колумбите из амазонитовых пегматитов Ильменских гор: Nb₂O₅—68,54% (копь 63) и 70,12% (копь 50); Ta₂O₅—4,04% (копь 63), 1,71% (копь 50) и 4,87% (копь 90).

* Примесь кварца.

** Определено рентгеноспектральным методом из отдельной навески.

циевых минералов не обнаружено. При расчете результатов анализов на химическую формулу танталит-колумбита $(\text{Mn}, \text{Fe})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$ получена практически идеальная сходимость, и формульные коэффициенты чрезвычайно близки к теоретическим. В целом характерно преобладание Nb над Ta и Mn над Fe, и лишь в минерале из циннвальдита преобладает Ta. Минералы различных генераций неодинаковы по составу. Наиболее ранние из блоковой зоны, не связанные генетически с поздними процессами альбитизации (I генерация), представлены марганцево-тантало-колумбитом с соотношением¹ $\text{Nb}/\text{Ta}=4$ и $\text{Mn}/\text{Fe}=3,2$ (анализ № 1 в табл. 1). В колумбитах из клевеландита (II генерация) эти отношения

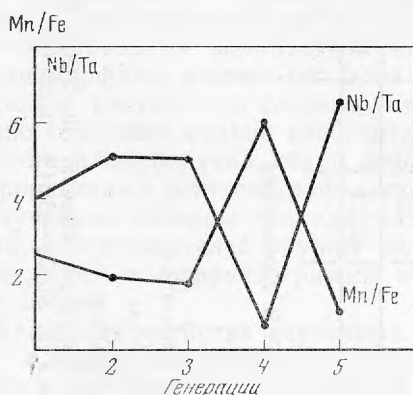


Рис. 6. График соотношений Nb/Ta и Mn/Fe в колумбите из амазонитовых пегматитов Сангилена. Хорошо заметна четкая обратная корреляция между соотношениями или прямая корреляция между Ta и Mn (соотношения в атомных % %)

слабо меняются в пользу Mn и Nb: $\text{Nb}/\text{Ta}=5,2$ и $\text{Mn}/\text{Fe}=3,4$ (обр. № 2 в табл. 1). Колумбит из ассоциации с мусковитом (III генерация) близок к нему и соотношения в нем почти не меняются: $\text{Nb}/\text{Ta}=5,2$ и $\text{Mn}/\text{Fe}=4,5$ (обр. № 3 в табл.). Но в прожилках циннвальдита (IV генерация) присутствует марганцево-ниобий-танталит с соотношением $\text{Nb}/\text{Ta}=0,7$ и $\text{Mn}/\text{Fe}=5,7$ (обр. № 4 в той же таблице). Колумбит из сахаровидного альбита (V генерация) отличается значительным понижением содержания Ta и Mn до соотношений: $\text{Nb}/\text{Ta}=6,8$ и $\text{Mn}/\text{Fe}=1$. В ильменорутиле из сахаровидного альбита соотношение $\text{Nb}/\text{Ta}=5$. Параллельно возрастанию содержания Ta в танталит-колумбите увеличивается его удельный вес. Происходит постепенное монотонное уменьшение содержания Fe от ранних генераций к поздним. Лишь в последней генерации этого минерала содержание Fe возрастает и отношение $\text{Mn}/\text{Fe}=1$. Соотношение Nb/Ta меняется более сложно. Оно медленно возрастает от I генерации к III (рис. 6), но четвертая генерация представлена ниобистым танталитом с минимальным содержанием Nb и максимальной — марганца ($\text{Mn}/\text{Fe}=5,7$). Наиболее поздний колумбит из сахаровидного альбита содержит минимальное количество Ta при близком отношении Mn/Fe. Ассоциирующий с ним ильменорутил характеризуется резким преобладанием Nb над Ta.

Амазонитовые пегматиты Сангилена обладают несколько необычной геохимической спецификой. Хотя в настоящее время группа амазонитовых пегматитов вообще изучена недостаточно, в известных пегматитовых полях этого типа в Ильменских горах, на Кольском п-ве и в США (Колорадо) резко преобладает редкоземельно-ниобиевая минерализация с высоким значением отношения Nb/Ta (в ниобатах — обычно выше 15; реже — до 10—7). В амазонитовых пегматитах Кольского п-ва танталит-колумбит вообще не установлен. В Ильменских горах, где аксессуарный колумбит встречается часто, содержание в нем Ta_2O_5 не превышает 5% (в ильменорутиле — 14%), при соотношении Nb/Ta — свыше 21. Не-

¹ Здесь и далее — соотношения в атомн. %.

обычно высоко в тувинских минералах и содержание Mn. В амазонитовых пегматитах других регионов преобладает железистая разновидность колумбита с содержанием MnO до 5%. В изучавшихся пегматитах Сангилены встречены и другие минералы Mn. В центральной части кварцевого ядра обнаружены редкие пустоты, поверхность которых выстлана друзами кристаллов кварца с налетом серицита и бесформенными выделениями (до 0,5 см в поперечнике) измененных фосфатов Mn. Среди них обнаружены триплит, трифилин, измененные с периферии, пурпурит и ближе не определенный аморфный водный фосфат Mn и Fe, близкий к дельвокситу (Mn — дельвоксит?). В этих же пустотах часто обнаруживаются почковидно-натечные или мелкокристаллические массы пиролюзита. Вероятно, для амазонитовых пегматитов Сангилены характерно первичное обогащение Ta и Mn, что является их геохимической особенностью. В этом отношении изучавшиеся жилы отличаются от ранее известных амазонитовых пегматитов и приближаются к редкометалльным литиеносным (сподуменовым) пегматитам. Последние также содержат литиевые фосфаты и слюды и при постоянном присутствии танталита в них отношение Nb/Ta обычно близко или ниже 1. Однако в колумбите из изучавшихся пегматитов преобладает отношение Nb/Ta=4—6 и лишь в редко встречающемся ниоботанталите из прожилков циннвальдита это отношение близко к уровню сподуменовых пегматитов (0,7). По уровню марганцевистости танталоколумбита рассмотренные пегматиты аналогичны сподуменовым пегматитам СССР, США и Швеции (см. табл. 1). Таким образом, по содержанию Mn и Ta, пегматиты Сангилены представляют собой специфическую переходную группу от обычных амазонитовых пегматитов к сподуменосодержащим и являются новым типом танталоносных пегматитов.

ЛИТЕРАТУРА

Дэна Дж. Д. и др. Система минералогии. Минералы, т. 2, вып. 3, Изд-во «Наука», ИЛ, 1951.

Минералы, т. 2, вып. 3, Изд-во «Наука», 1967.