

В. А. КОРНЕТОВА

НЕКОТОРЫЙ ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ
КОЛУМБИТА — ТАНТАЛИТА

В настоящей статье рассматриваются минералы группы колумбита — танталита одного из месторождений пегматитов и зависимость скорости травления их плавиковой кислотой от состава.

Травление плавиковой кислотой тантало-ниобатов было разработано и предложено как метод их диагностики и выявления внутренней структуры и однородности строения Г. П. Барсановым в 1945 г. В отношении группы колумбита — танталита им было сказано, что «...танталовые разности травятся легче и быстрее по сравнению с ниобиевыми, и главное отличие танталита от колумбита состоит в том, что танталит более легко травится».

В 1956 г. появилась работа А. И. Гинзбурга (1956), в которой указанное положение Барсанова было опровергнуто; автор пришел к диаметрально противоположному выводу: танталит не травится, в то время как колумбит травится легко.

В связи с этим, мы решили еще раз проверить отношение группы колумбита — танталита к травлению плавиковой кислотой, подкрепив его там, где это возможно, химическими анализами.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕГМАТИТОВЫХ ТЕЛ, СОДЕРЖАЩИХ
КОЛУМБИТО-ТАНТАЛИТЫ, И МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ПОСЛЕДНИХ

Образцы минералов группы колумбита — танталита, отобранные нами для изучения, были взяты из различных пегматитовых тел одного месторождения пегматитов, залегающих в толще метаморфизованных песчаников и сланцев. Месторождение относится к V типу, по классификации А. Е. Ферсмана, причем альбитовый подтип выражен наиболее резко. В незначительном количестве присутствуют пегматитовые тела, которые можно отнести к литиевому подтипу.

Для всех нормальных гранитных пегматитов V типа (по Ферсману), к которому относятся пегматиты описываемого поля, минералы группы колумбита — танталита, как правило, являются основными носителями Та и Nb, которые выпадают на средних стадиях пегматитового процесса и концентрируются главным образом в ассоциации с альбитом, появляясь с началом процесса альбитизации.

В описываемом случае альбитизация проявилась достаточно широко, и с ней связана основная масса Та-Nb минерализации. Некоторые участки пегматитов, а порой целиком все пегматитовое тело бывает замещено альбитом. Альбит ранних этапов альбитизации представлен мелкокристал-

лической разностью, которая, по мере развития пегматитового процесса, перерастает в среднепластинчатую, а затем и в клевеландит. Минералы группы колумбита — танталита, ассоциируя с альбитом, имеют большей частью пластинчатую форму или образуются в виде удлиненных брусков. Очень часты радиально-лучистые агрегаты — «колумбитовые солнца». Наблюдаются массы сахаровидного альбита, имеющие типичные жилообразные формы, с тонкокристаллическим и лейстообразным колумбитом.

Геохимической особенностью описываемых пегматитов является повышенное содержание в них Та, преобладающего над Nb, которое, вероятно, является следствием обогащенности Та материнской гранитной магмы. Возникающие при дифференциации этой магмы пегматиты также обогащены Та, но так как изначальные порции пегматитового вещества, локализуяющегося впоследствии в отдельные пегматитовые тела, несут разные количества Та и Nb (не выходя, разумеется, из рамок геохимических особенностей данной провинции), то количество минералов этой группы в пегматитовых телах разное, так же как и их качественные характеристики. Поэтому одни пегматитовые тела особенно богаты танталитом и колумбито-танталитом, другие, наоборот, бедны Та и содержат лишь колумбиты. При этом большое количество Та в порциях пегматитового вещества и другие причины вызвали расширение диапазона выделения танталовых минералов, отчего танталиты в некоторых пегматитовых телах начинают появляться уже в ранних ассоциациях (например, в конце кристаллизации блокового микроклина).

В изучаемых пегматитах наблюдаются только ранние танталиты, в то время как так называемый альбит-грейзен, в котором обычно встречаются поздние танталиты, описанные в работах А. Н. Гинзбурга, в нашем случае отсутствует; нет в пегматитах и микролита.

Распределение Та, вероятно, зависит от содержания фтора. В описываемых пегматитах количество фтора весьма незначительно: здесь не наблюдаются ни топаз, ни флюорит, сравнительно мало слюд, и в телах, обогащенных Li, нет лепидолита. Отсутствие фтора в достаточных количествах, очевидно, было одной из причин накопления Та в отдельных пегматитовых телах, так как известно, что в присутствии фторидов Та и Nb образуют подвижные легко-летучие соединения. Этим же, возможно, объясняется отсутствие ассоциации танталита с поздними слюдами типа жильбертита, в которых необходимый для их образования фтор удерживал Та от выпадения.

Остановимся кратко на методах изучения группы колумбита — танталита и способе отбора образцов. Для изучения выбирались наиболее крупные выделения, чтобы для одного и того же кристалла произвести, по мере возможности, максимальное количество всех исследований: спектральных, химических, определение удельного веса, травление плавиковой кислотой и др.

При изучении результатов травления полированных шлифов у нас возникло предположение, что сила воздействия плавиковой кислоты на минералы группы колумбита — танталита находится в зависимости не только от содержания Ta_2O_5 , но и от того, насколько марганцовистым или железистым является тот или иной минерал этой группы.

Скорость травления естественно зависит также и от однородности строения минерала, которая вследствие изменения состава питающих растворов в условиях пегматитовой среды, является функцией длительности роста кристаллов.

Результаты травления показали, что большие кристаллы, как правило, отличаются сложным, грубо неоднородным строением, и по этой причине

данные химических анализов разных частей его могут значительно отличаться друг от друга.

В ходе исследования возникло также предположение о разной способности к протравливанию граней различных индексов или направлений им параллельных. Вероятно, у одного и того же кристалла одни грани травятся легче, другие — труднее и т. д.

Все изложенное выше говорит о том, что отношение представителей группы колумбита — танталита к травлению плавиковой кислотой — вопрос достаточно сложный.

ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГРУППЫ КОЛУМБИТА — ТАНТАЛИТА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПЕГМАТИТОВЫХ ТЕЛ

Для характеристики представителей этой группы минералов, мы приводим ниже отдельные примеры, располагая их приблизительно, за небольшим исключением, в возрастном порядке (т. е. в порядке выделения в ходе пегматитового процесса).

Колумбит из пегматита А, бедного Та (обр. 2-57). Пегматитовое тело А в плане отличается вытянутостью и, залегая в крыле куполовидной складки, сильно изменено процессами альбитизации, причем восточная половина тела значительно обогащена черно-синим турмалином в виде больших кристаллов конической формы. Западная половина тела содержит меньше турмалина и отличается от восточной малой величиной зерна, появлением местами сахаровидного альбита. В центральных частях тела встречаются гнезда берилла и в участках с пегматоидной структурой — большие кристаллы арсенопирита размером до 8 см и колумбита. Последний развит в виде толстотаблитчатых кристаллов, хорошо ограненных, с блестящей поверхностью граней, покрытых штриховкой. Размер кристаллов варьирует в пределах от 1 до 4,5 см по наибольшему направлению. Кристаллы-таблички большей частью изометричны в первых двух измерениях, тогда как в третьем они едва достигают 0,1—0,3 см и часто растут «квнжечкой», т. е. всером пластинок, вырастающих от одной какой-то линии. В промежутках между пластинками колумбита находится мелкопластинчатый альбит, гранат, кварц и альбитизированный микроклин. Кристаллов, годных для измерения на гониометре, не оказалось, но с помощью прикладного гониометра было установлено, что главными габитусными гранями являются: пинакоиды (001), (100) и (010) и горизонтальная ромбическая призма, притупляющая углы головок (021). Цвет минерала черный. На гранях часто наблюдается побежалость в индигово-синих тонах. Химический анализ обнаружил: Ta_2O_5 — 13%, Nb_2O_5 71%; следовательно, минерал относится к колумбиту. Ассоциация со слабоальбитизированным микроклином, серебристым мусковитом и арсенопиритом заставляет считать его ранним колумбитом, выпадающим в самом начале развития процесса альбитизации. Спектрально в этом образце установлены: Fe, Mn — очень сильные линии; Nb — выше средних; Ti — средние +; Si — средние; Ta, Mg — средние—; Sn, Al, Cu — слабые +; Ca, As, P — слабые; Bi — очень слабые.

По определению А. И. Гинзбурга (1956), этот колумбит следует отнести к группе — «Таблитчатые колумбиты, встречающиеся в мусковитово-берилловых пегматитах». Однако наши результаты травления HF оказались несколько отличными от тех, которые предлагает А. И. Гинзбург для этого типа колумбитов. Так, полированный шлиф обр. 2-57, подвергавшийся обработке плавиковой кислотой в течение 40 минут, следов травления не обнаружил, если не считать еле намечающейся слабой

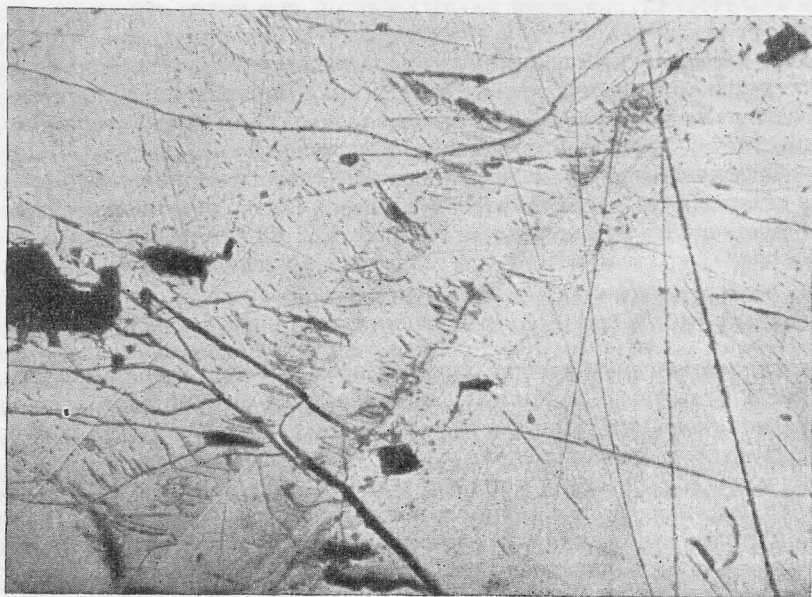


Рис. 1. Полированный шлиф. Пегматит А, обр. 2-57. Колумбит из ассоциации с арсенопиритом. Содержит Ta_2O_5 — 13%; Nb_2O_5 — 71%. При одном никеле, увел. 40. Травится с большим трудом. После 40 мин. травления HF наметилась слабая зональность и присутствие компонента другого состава (два различных более светлых участка неправильной формы). Интересен рельеф зон после травления, которое выявило на них продолговатые бугорки

зональности, а также появления небольших участков, вероятно, иного состава (рис. 1). Другой образец из подобной ассоциации с арсенопиритом после обработки HF в течение более одного часа вовсе не обнаружил следов травления.

Все вышеперечисленное свидетельствует, во-первых, о том, что травление HF разностей, богатых Nb_2O_5 , происходит с большим трудом и, во-вторых, об отсутствии четко выраженной зональности у колумбитов этого типа в пегматите А.

Колумбито-танталит из пегматита В (обр. 86), ассоциирующий также с альбитизированным микроклином, ранним мусковитом и кварцем, образует толстые кристаллы (1—3 см) изометричной формы, плохо ограненные. Цвет минерала черный с пестрой побелкой. Цвет черты коричневый с сероватым оттенком. Содержит: Ta_2O_5 — 35%; Nb_2O_5 — 46%. Спектрально обнаружены: Mn — очень сильные линии; Fe — сильные; Sn, Nb — выше средних; Ta, Si — средние +; Be, Mg, Al, Ti — средние; Cu, Ca — слабые.

Полированный шлиф подвергался травлению HF сначала в течение семи минут, а затем срок травления постепенно удлинялся. Лишь после двухчасовой обработки HF выявилась неоднородность строения, зональность и т. д. Однако участков, не подвергшихся травлению, на площади шлифа оказалось значительно больше. В приведенном случае опять наблюдается затрудненное травление из-за преобладания ниобиевого компонента.

Колумбито-танталит из пегматита В (обр. 25) связан в этом хорошо дифференцированном пегматите (с кварцевыми ядрами,



Рис. 2. Полированный шлиф. Пегматит В, обр. 25. При одном николе, увел. 40. Видно зональное строение с ядром, более богатым Ta_2O_5 . Протравлен HF в течение 15 мин. Белое — участки, не затронутые травлением

но чаще с крупными блоками микроклина и занорышами в них) со средне- и мелкокристаллическим альбитом. Он ассоциирует с альбитом и спессартином, образуя гнезда — скопления радиально расположенных кристаллов, которые напоминают известные «турмалиновые солнца». Кристаллы имеют форму брусков, т. е. огранены пинакоидами. Цвет минерала черный с переливчатой побелостью. Цвет черты черный с едва заметным коричневым оттенком. Содержит: Ta_2O_5 — 33%; Nb_2O_5 — 46%. По данным В. И. Михайкина, исследовавшего другой образец из этого же пегматита и из той же самой ассоциации, колумбит содержит: Ta_2O_5 — 40,8%; Nb_2O_5 — 37%; FeO — 8,0%; Mn — 8,3%; TiO_2 — 1,3%. Удельный вес 6,14.

В обр. 25 спектрально установлены: Mn , Fe — очень сильные линии; Nb — выше средних; Ta — средние +; Ti — средние —; W , Zr — слабые +; Mg , Si , Sn — слабые; Al , Ca , Cu — очень слабые; Be — следы. Крупные кристаллы несут весьма своеобразные включения квадратных и прямоугольных очертаний, заполненные каким-то белым порошковатым минералом, который определить не удалось.

При изучении полированных шлифов под микроскопом в отраженном свете отчетливо наблюдается резкая анизотропия минерала, прямое погасание, высокая отражательная способность. Минерал состоит из нескольких крупных зерен различной оптической ориентировки, что хорошо наблюдается в скрещенных николях. Часть зерен обладает тонким зональным строением. Последнее становится великолепно видно после протравливания HF. После 15 минут травления выявились участки — полоски вытянутой формы двух видов: с параллельным расположением двойников, совсем не затронутых действием HF, и очень сильно разбеденные, почти перетравленные (рис. 2).

После травления в течение одного часа внутренние части образца — ядра, имеющие вытянутую форму, совершенно перетравились. В участках-полосках, обладающих полисинтетическим двойникованием, все время наблюдалось чередование перетравленных полосок с менее перетравленными иногда со сложным треугольно-коленчатым рисунком. После одного часа травления наблюдались также участки абсолютно белые в отраженном свете, т. е. совершенно не подвергшиеся действию HF (рис. 3, 4). Помимо полисинтетических двойников было видно также зональное строение отдельных зерен, причем иногда се зерно было окружено нетравящейся каймой. Порой центр перетравленного ядра разъединен абсолютно не травящимся компонентом. Все это свидетельствует о крайней неоднородности строения кристалла колумбито-танталита, о том, что во время его роста существовали колебания в составе питающих растворов, порой ритмичные и постепенные, но иногда и очень резкие, скачкообразные.

После всего изложенного (а также учитывая опыт травления других образцов) можно сделать вывод, что в рассматриваемом случае более легко травящиеся участки, очевидно, богатые Ta_2O_5 , залегают ближе к центру кристалла, менее легко травящиеся, богатые Nb_2O_5 , — в периферических частях его. На рис. 3 полисинтетическое двойникование параллельно грани h (021), так как угол между гранями (001) и гранью h равен примерно 36° (Goldschmidt, 1897).

Описанный выше образец по составу относится к средним членам ряда колумбит — танталит.

Колумбито-танталит из пегматита Г, богатого танталом (обр. 104) принадлежит также к средним членам ряда. В пегматите Г встречаются очень крупные, но редкие выделения этого минерала, тяготеющие к центральным участкам тела, к кварцевым блокам в них. Форма выделений неправильная, напоминающая сростки грубоаблитчатых кристаллов. Некоторые редкие грани пинакоидов, которые удается наблюдать, покрыты грубой штриховкой. Цвет минерала черный, с буроватым оттенком, искажается пленками окислов Mn, интенсивно покрывающими не только кристаллы колумбито-танталита, за счет разрушения которого они возникают, но и все примыкающие к нему соприкасающиеся минералы — кварц, альбит. Цвет черты чаще всего темно коричневый с серым оттенком. Химическим анализом устанавливается содержание: Ta_2O_5 —42%, Nb_2O_5 —10,7%, FeO—6,7%, MnO—7,1%, TiO_2 —1,7% (данные В. И. Михейкина). Удельный вес 7,02. Спектрально в нашем образце установлены: Mn, Fe — очень сильные линии; Nb, Ta — средние; Be, Ti — слабые +; Cu, Zn, Sn, Mg — слабые; Ca, Si, Al — очень слабые.

Описанный колумбито-танталит по времени выделения соответствует стадии альбитизации и появляется в пегматитовом теле, богатом танталом.

Помимо описанных крупных выделений, каких-либо других представителей этой группы минералов в пегматите почти не встречается.

При изучении под микроскопом (в отраженном свете) в скрещенных николях благодаря анизотропии ясно обозначились крупные зерна разной ориентировки, окруженные целой системой ямочек выкрошившегося при полировке вещества колумбито-танталита (вероятно, вследствие разной твердости зерен различного состава). После травления в течение семи минут один из участков полированного шлифа был почти испорчен, т. е. минерал протравился очень легко. Снова выявилось три сорта вещества, как у обр. 25, по-разному реагирующих на травление: быстро, средние и медленно травящиеся.

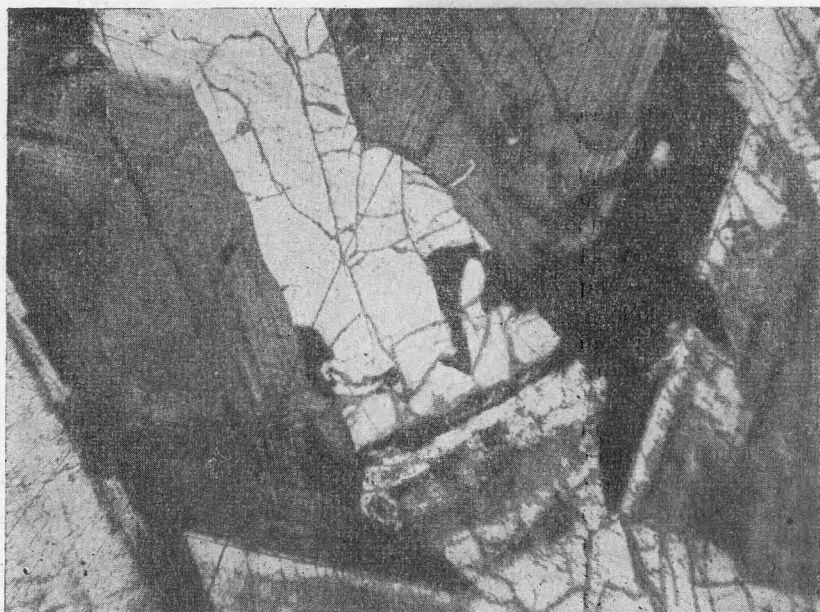


Рис. 3. Полированный шлиф. Пегматит В, обр. 25. При одном никеле, увел. 40. Результат травления в течение 1 часа колумбито-танталита, содержащего Ta_2O_5 —33%, Nb_2O_5 —46%. Видны участки полисинтетического двойникового строения, более сильно подвергшиеся травлению. Они, возможно, принадлежали к одному кристаллу, впоследствии разъединенному компонентом, менее подверженным травлению (т. е. более ниобиевого состава)

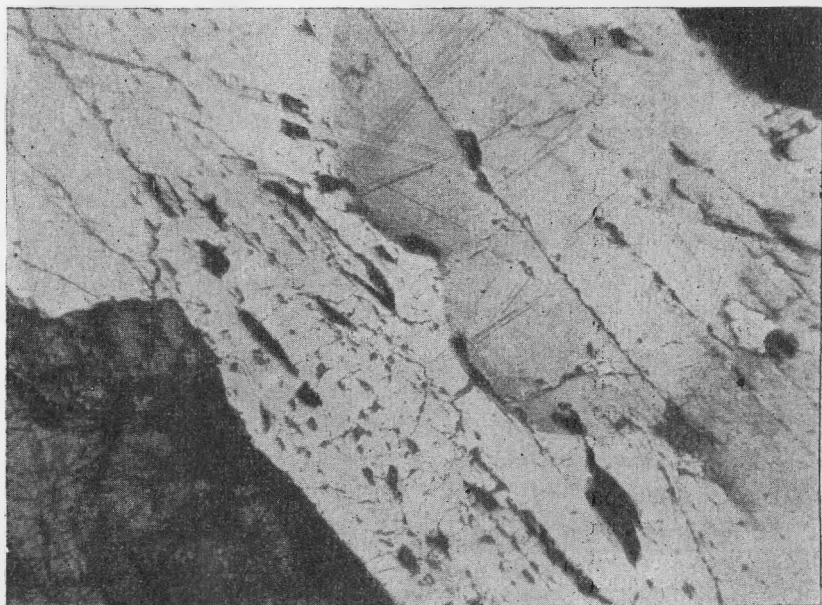


Рис. 4. Полированный шлиф. Пегматит В, обр. 25. При одном никеле, увел. 40. Другой участок того же аншлифа. Травление длилось 1 час. Отчетливо видны три участка различного состава. Черное —перетравленное ядро, вероятно, танталового состава. Серое — компонент, более богатый Nb_2O_5 — менее протравившийся. Белое — компонент, еще более богатый Nb_2O_5 — почти не травящийся

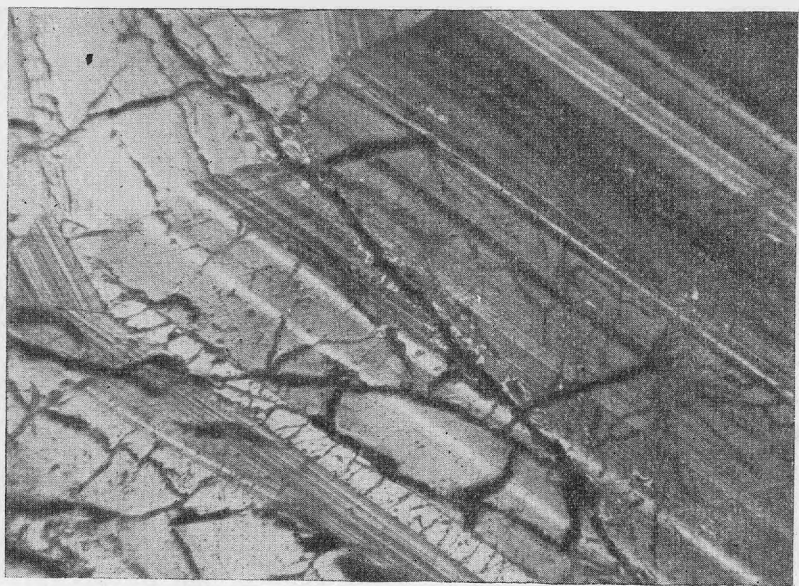


Рис. 5. Полированный шлиф. Пегматит Г, обр. 104. При одном николе, увел. 40. Результат травления HF в течение 5 мин. Отчетливо наблюдаются сильно (темное) и средне травящийся (серое) компонент, их грубая зональность, а также поздний, совершенно не травящийся (побисый) компонент, развивающийся по трещине между зонами (белое)

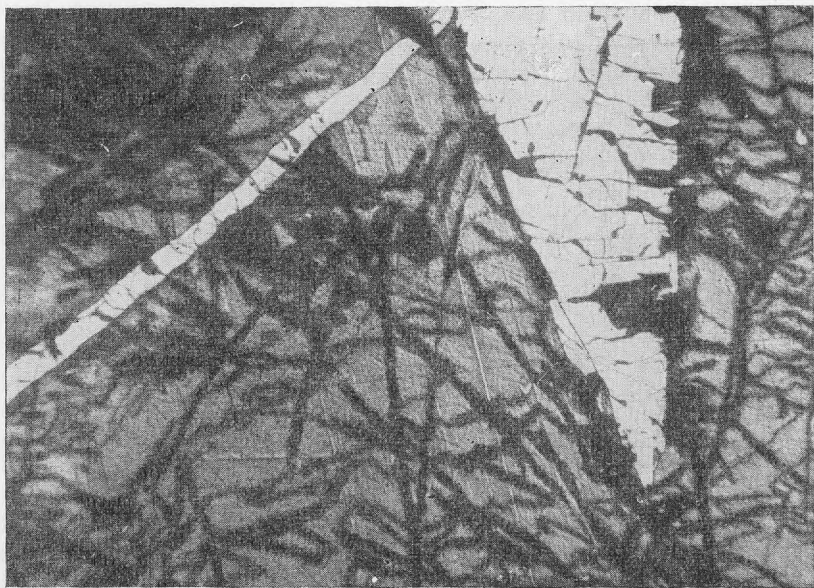


Рис. 6. Полированный шлиф. Пегматит Г, обр. 104. При одном николе, увел. 80. Результат 7 мин. травления HF. Сильно разветвленный HF компонент (темное) и не затронутый травлением ниобиевый компонент, сохраняющий высокую отражательную способность, развивается по трещинке и выполняет промежутки между ранее сформировавшимися кристаллами

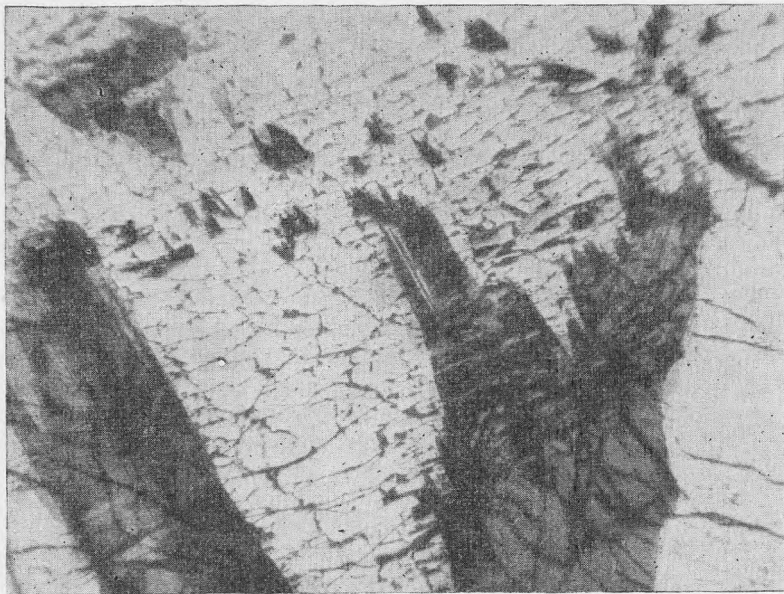


Рис. 7. Полированный шлиф. Пегматит Г, обр. 104. При одном микроле, увел. 40. Результат травления HF в течение нескольких секунд. Белое — компонент, не затронутый травлением. Черные фигуры с зубчатыми контурами и зональным строением — протравившиеся участки, принадлежащие компоненту, богатому Ta_2O_5

У быстро травящегося компонента (рис. 5) обнаружилась грубая зонарность, выраженная чередованием полос черного, серого, белого и всех промежуточных цветов (т. е. различной отражательной способности). Наряду с грубой наблюдается тончайшая зонарность.

Среднетравящийся компонент также обладает зонарным строением.

Нетравящийся компонент (белый в отраженном свете) проникает по трещинам в первые два, причем проникает в виде узких полосок даже на границе между зонами и заполняет промежутки между раздробленными зернами (рис. 6). Границы между среднетравящимися и нетравящимися компонентами нерезкие: компоненты постепенно переходят друг в друга, тогда как границы между нетравящимся и сильнотравящимся участками резкие, зубчатые (рис. 7). Подобная картина выявляется в течение двух-трех секунд.

Площадь, занимаемая травящимся компонентом, больше, т. е. иными словами, в образце преобладает компонент, богатый Ta_2O_5 , что подтверждается и химическим анализом.

Нетравящийся ниобийсодержащий компонент является более поздним и завершает формирование кристалла.

Танталит пегматита Д по времени выделения очень близок к колумбито-танталиту пегматита В. Выпадение его происходит в момент наиболее интенсивной альбитизации. Пегматит Д представляет собой сильно альбитизированное сподуменсодержащее тело, у которого энергично проявились процессы натриевого метасоматоза. В концевой части его обособились кварцевые ядра с занорышами, несущими минералы группы фосфатов. Позднее литиевое замещение почти не выражено. Танталит встречается на границе кварцевых блоков и почти мономинеральных альбитовых

обособлений в виде кристаллов неправильной формы. Цвет минерала темно-коричневый, цвет черты светло-коричневый с серым оттенком. Содержит: Ta_2O_5 — 60%, Nb_2O_5 — 20%. Спектрально установлены: Ta, Nb, Mn, Fe — очень сильные линии; Sn — средние +; Zr — средние —; Mg, Al, Ca — слабые +; Be, Ti — слабые; V — следы.

Образец легко протравился HF в течение двух минут, при этом выявилось полисинтетически-двойниковое строение, наметились сильно, средние и нетравящиеся участки. После обработки плавиковой кислотой в течение 10 минут образец перетравился. В скрещенных николях он резко анизотропен.

Танталит пегматита E встречается в виде сравнительно толстых, но мелких пластинок. Пегматит E представляет собой маломощное, почти нацело альбитизированное тело. Альбит развит в виде тонкопластинчатого клевеландита, в котором встречается заметная вкрапленность танталита. Цвет последнего темно-коричневый. Цвет черты светло-коричневый. Спектральный анализ установил: Mn — очень сильные линии; Fe — сильные; Sn — выше средних; Ta — средние +; Nb — средние ($Ta > Nb$ даже спектрально!); Zr — средние —; W — слабые +; Al, P, Mg, Si, Ti, Zn — слабые; Cu, Be, Bi, Ca — очень слабые.

Пегматит E, очевидно, представляет собой пример пегматитового тела, образовавшегося из порции пегматитового вещества, с самого начала обогащенного танталом. В других же пегматитовых телах описываемого пегматитового поля члены ряда колумбит — танталит в ассоциации с мелкозернистым альбитом или клевеландитом чаще представлены мелким пластинчатым колумбитом с невысоким содержанием Ta_2O_5 .

Колумбит пегматита Ж (обр. 56-57) — тонкопластинчатый. Пегматит Ж беден танталом. Общее содержание колумбита в пегматите, при примерной оценке невелико. Лишь в одном месте наблюдалось скопление тонкопластинчатого (листоватого) колумбита в тонколучистом клевеландите. Толщина пластинок в 100 раз меньше длины. Минерал черный, хрупкий. Блеск пластинок сильный металлический, в неровном изломе тоже сильный. Поверхность слабоизогнутых пластинок отливает вороненой сталью. Цвет черты темно-коричневый. Удельный вес, определенный в лаборатории ВИМС из малых навесок, оказался равным 5,49. По данным В. И. Михейкина, другой образец из этой же ассоциации пегматита Ж, взятый рядом, содержал: Ta_2O_5 — 15%; Nb_2O_5 — 59%; FeO — 12,6%; MnO — 10,3%; TiO_2 — 1,7%. Удельный вес 5,43. В нашем образце спектрально обнаружены: Mn — очень сильные линии; Fe, Nb — выше средних; Si, Ca — средние; Ta, Mg, Ti — средние —; Sn, Al, Cu — слабые +.

Под микроскопом в отраженном свете образец этого колумбита отличается очень высокой отражательной способностью (хорошо полируется), резко анизотропен, гаснет параллельно стенкам пластинки (рис. 8). Травление HF в течение 10, 20, 40 минут, одного часа и более не дало никакого результата. Пластинки представляют собой монокристаллы¹. В описываемом пегматите так же, как и во многих других, встречается сахаровидный и мелкокристаллический альбит, содержащий тонкие пластинки — лейсты колумбита. Специально мы его не изучали, но он очень однороден и состав его близок к вышеописанной разности, так как в полированных шлифах HF на него не действует.

¹ Отмечаемый А. И. Гинзбургом (1956) случай, когда поздний танталит из «альбит-грейзенов» не травится HF, вероятно, объясняется также однородностью исследованных кристаллов.



Рис. 8. Полированный шлиф. Пегматит Ж, обр. 56—57. При одном никеле, увел. 40. Тонкопластинчатый колумбит, очень трудно травящийся, бедный Ta_2O_5 . Травление HF в течение 1 часа не оставило никаких следов

Из изучения других пегматитовых полей известно, что с сахаровидным альбитом всегда ассоциируют ниобиевые разновидности описываемой группы.

Танталит и колумбит пегматита З представляет собой микроскопические пластинки. Пегматит З, обладающий очень сложной формой веретеновидного, местами разветвленного на апофизы тела, имеет блоковую текстуру и в участках пегматондной текстуры иногда несет ранний сподумен. В северной части тела, в месте раздува, наблюдается большое обособление блокового микроклина и кварца с полостью запорыша внутри. В краевых частях наблюдаются зоны жильбертитизации с апатитом. В некоторых апофизах сахаровидный альбит представлен своеобразной, очень тонкозернистой, плотной, вязкой разновидностью, по внешнему виду напоминающей фарфор. Как «фарфоровидный» альбит, так и мелкозернистый кварцево-альбито-мусковитовый комплекс, также развитый лишь местами, содержит точечные пластинки колумбита, весьма устойчивые по отношению к HF.

В микроклине блоковых обособлений, на гранях его кристаллов встречаются кристаллы танталита весьма своеобразной неправильной формы, напоминающей веточку кораллов или дендритовидные сростки. Танталит хрупок. Цвет его серо-черный. В неровном изломе блеск более тусклый, нежели у колумбита. Цвет черты серо-черный с заметным коричневым оттенком. Содержит: Ta_2O_5 — 65% и Nb_2O_5 — 6%. Сумма пентоксидов сравнительно мала (71%), что можно объяснить включениями касситерита. На это указывает высокое содержание Sn, установленное спектральным анализом. Для обр. 38 было сделано три спектральных анализа, при этом обнаружилось: Fe, Mn, Nb, Ta — очень сильные линии; Sn — сильные до средних; Sr, Zr — выше средних и средние (в некоторых анализах отсутствуют); Si, Al, Ca — средние линии; Ti — слабые до средних;

Mg, Na, Be, Pb — слабые; Cu — очень слабые. Данные дебаеграммы обр. 38, любезно выполненной Г. А. Сидоренко в лаборатории ВИМС, вполне соответствуют дебаеграмме танталита (табл. 1).

Таблица 1

Значения межплоскостных расстояний для танталита (обр. 38)

d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I
3,62	5	1,678	1	2,198	1	1,317	6
3,33	3	1,608	1 ш.	2,105	3 ш.	1,1024	2 ш.
3,27	2	1,543	3 ш.	1,894	3 ш.	1,0952	4
2,955	10	1,455	8 о. ш.	1,820	2	1,0872	2 ш.
2,841	1	1,375	2	1,764	6	1,0732	4 ш.
2,565	6	1,212	4 ш.	1,745	7	1,0371	3 о. ш.
2,485	5	1,1885	5 ш.	1,718	8		
2,364	4	1,1415	2				

В образце отмечается небольшая примесь касситерита, что и фиксируется на порошкограмме.

По данным качественного рентгеноспектрального анализа, произведенного в рентгенохимической лаборатории ИГЕМ АН СССР, в описываемом образце танталита содержится: Ta — большое количество; Fe ~ 10%; Nb ~ 5%; Mn ~ 1%; Ti ~ 0,5%; Ba ~ 0,5%; Zr ~ 0,3%; Ca ~ 0,2%. Точность полуколичественного определения $\pm 50\%$ от определяемой величины. Анализ подтверждает цифры частичного химического анализа, а также данные спектрального анализа.

Под микроскопом в полированных шлифах в отраженном свете танталит резко анизотропен. В скрещенных николях видны сростки, которые по форме напоминают удлинённый ромб и гаснут параллельно своей диагонали (рис. 9). Танталит обладает своеобразным эффектом поляризации в серовато-голубых тонах (у других колумбито-танталитов этого эффекта не наблюдалось). Отражательная способность его очень высокая. После пятиминутного травления плавиковой кислотой выявилась очень сложная внутренняя структура, в частности, ядро, состоящее из двух простых двойников, обладающих кристаллографическими контурами, которые обрастают материалом одной оптической ориентировки (один кристалл). Ядро местами раздроблено и обрастающий минерал проникает в него по трещинам, при этом раздробленные части ядра отодвигаются друг от друга (рис. 10). Минерал очень легко травится HF и через 25 минут может быть испорчен. Особенно легко травится ядро (рис. 11). Продукты травления в скрещенных николях окрашены в пестрые, белые и желтые цвета и очень хорошо видны. После травления в течение 25 минут, когда ядро было полностью перетравлено, в других участках выявилась полисинтетическая штриховка иногда очень тонкая, иногда грубая (см. рис. 11), а также вовсе не затронутая травлением узкая внешняя кайма.

Другие пришлифовки этого образца обнаружили двойники несколько иного типа — не ромбы, а узкие и длинные, параллельно расположенные полоски, обладающие очень сильным эффектом поляризации в синих тонах. После трехминутного травления эти тонкие двойники стали видны не только в поляризованном свете, но и при одном никеле, благодаря очень быстрому воздействию HF и потере при этом отражательной способности.

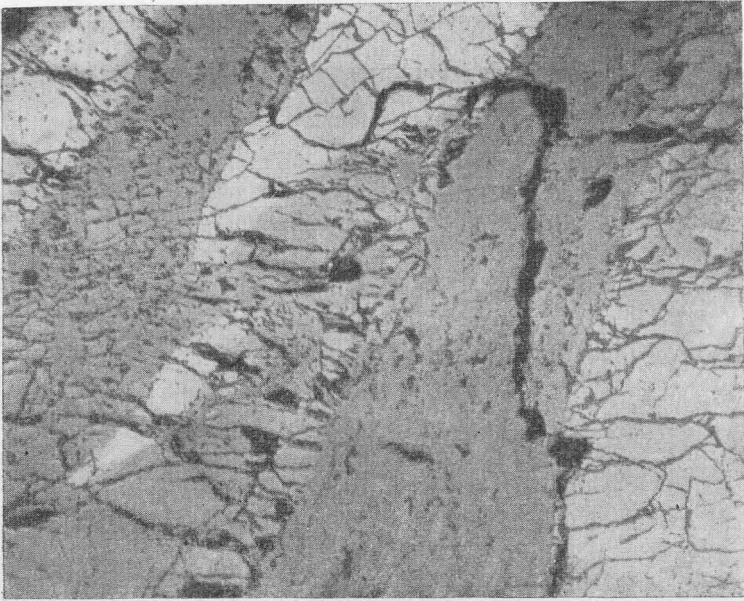


Рис. 9. Полированный шлиф. Пегматит 3, обр. 38. Николи +, увел. 40. Участок образца, еще не подвергавшийся травлению. Благодаря резкой анизотропии видна кристаллически-зернистая структура.

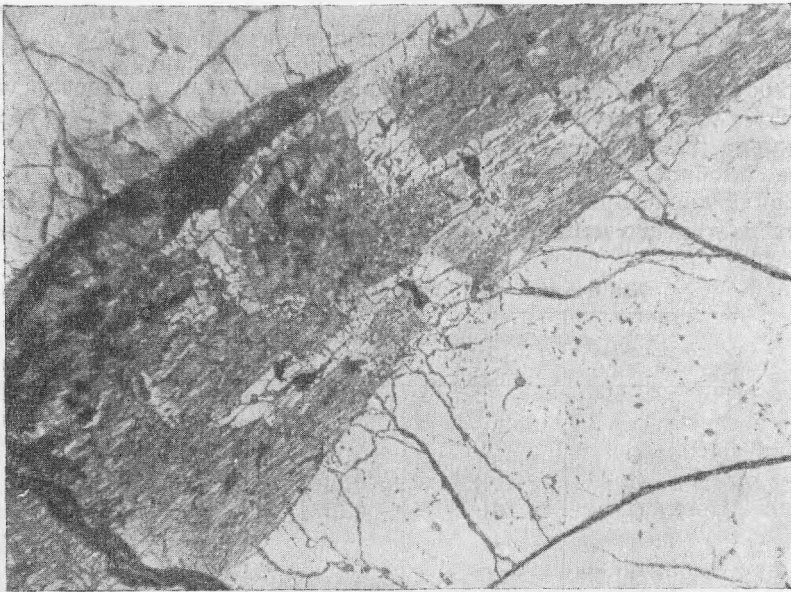


Рис. 10. Полированный шлиф. Пегматит 3, обр. 38. При одном николе, увел. 40. Танталит. Протравлено HF в течение 5 мин. Видно центральное ядро (темное), разбитое на отдельные части, которые отодвинуты друг от друга, а промежутки заполнены компонентом, значительно труднее травящимся (белое)

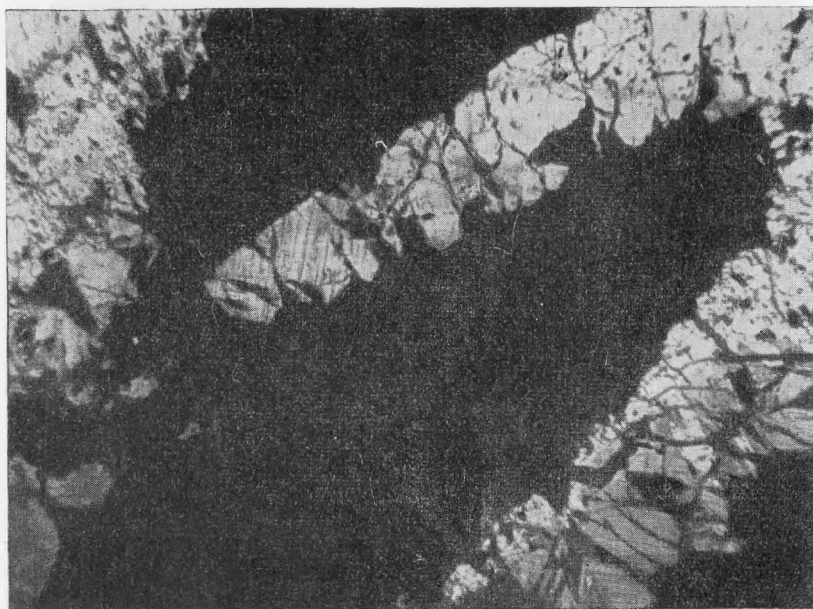


Рис. 11. Полированный шлиф. Пегматит 3, обр. 38. При одном никеле, увел. 40. Неоднородное строение кристалла танталита, выявленное после травления HF в течение 25 минут. Срединка — ядро полностью перетравлено (испорчено). Видно тонкое полисинтетическое двойникование и зональное строение периферической зоны. Ta_2O_5 — 65%, Nb_2O_5 — 6%

Поверхность, затронутая травлением, составляет более 75% от общей поверхности шлифа, а не затронутая травлением периферическая кайма — около 25%. Это обстоятельство еще раз свидетельствует о том, что разности, содержащие Ta_2O_5 в большом количестве, протравливаются быстрее и сильнее ниобиевых.

В заключение приводим результаты изучения тонколистоватого колумбита из другого пегматитового поля (V тип, альбитовый подтип).

Таблица 2

Химический анализ колумбита из пегматита

Компоненты	Содержание, %	Молекулярные количества	Молекулярные количества ани- онов и катионов
FeO	13,42	0,18676	0,29122
MnO	7,41	0,104468	
Ta_2O_5	8,19	0,01854	0,29365
Nb_2O_5	71,03		
TiO_2	0,11	0,27511	
SiO_2	0,14		
P_2O_5	0,13		
ZrO_2	Нет		
BaO	0,07		
H_2O	0,12		
Сумма	100,62		

Колумбит в виде очень тонкой пластины до 1 мм толщиной и площадью в ладонь был встречен в блоке кварца одной очень сильно альбитизированной пегматитовой жилы. Цвет колумбита черный. Цвет порошка темно-коричневый с шоколадным оттенком. Удельный вес, определенный пикнометрически, — 5,66. Химический анализ выполнен автором настоящей статьи (табл. 2).

В полированных образцах (аншлифы изготовлены поперек пластины) после травления в течение двух часов (наблюдения велись каждые 15 минут) обнаружались слабые неправильные очертания зерен другой оптической ориентировки. Колумбит обладает резко выраженной анизотропией и высокой отражательной способностью.

В приведенном примере опять наблюдается большая сопротивляемость колумбита травлению HF.

ЦВЕТ ЧЕРТЫ ИССЛЕДОВАННЫХ КОЛУМБИТОВ И ТАНТАЛИТОВ

Цвет черты этой группы минералов зависит, вероятно, от соотношения между главными хромофорами Fe и Mn, а также от степени выветрелости образца, причем, если Fe преобладает над Mn, цвет черты приобретает более шоколадные оттенки, а при обратном соотношении ($Mn > Fe$) наблюдаются сероватые оттенки. Подобную зависимость мы наблюдали в целом ряде случаев, однако это предположение требует специальной проверки. Использование цвета черты для различения танталитов (коричневая черта) и колумбитов (черная черта), указываемое при описании пегматитов Бразилии (провинции Сеара и Рио-Гранде-дель-Норте, где цена концентрата при его приемке устанавливалась по цвету черты), может быть применено лишь в отдельных случаях и при совпадении ряда других свойств.

Для более точной характеристики цвета черты изучаемых образцов была использована неглазурованная фарфоровая пластинка — бисквит,

Таблица 3

Таблица цветов порошка минералов группы колумбита — танталита

Образец	Цвет черты	Содержание, вес. %	
		Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅
Танталит, обр. 38	Серо-черный с заметным коричневым оттенком	65	6
Танталит пегматита Д	Светло-коричневый с серым оттенком (похож на обр. 95)	60	20
Танталит, обр. 95	Светло-коричневый (похож на образец пегматита Д)		
Колумбито-танталит, обр. 104	Темно-коричневый с серым оттенком	42	36
Другой образец этого же минерала	То же (FeO = 6,7; MnO = 7,1)	66,5	10,7
Колумбито-танталит	Серо-черный с едва заметным буроватым оттенком (похож на обр. 104)		
Танталито-колумбит из пегматита Б	Коричневый с сероватым оттенком	35	46
Танталито-колумбит из пегматита В	Черный с едва заметным коричневым оттенком	33	46
Колумбит из пегматита Ж	Темно-шоколадный (FeO = 12,6; MnO = 10,3)	15	59
Колумбит из пегматита А	Черный (похож на обр. из пегматита В)	13	71

на которую с одинаковым нажимом наносились одинаковой ширины полоски порошка минерала и сравнивались между собой. В табл. 3 приводятся сравнительные данные о цвете черты.

Из данных, приведенных в таблице, становится ясно, что о примерном составе колумбито-танталитов по цвету черты, без учета других особенностей минерала, с уверенностью судить нельзя. В нашем случае большинство танталитов имеет черту коричневых цветов, но с серым оттенком, а колумбиты — черных, но наблюдаются и исключения.

О МЕСТЕ Ta И Nb В ПЕГМАТИТОВОМ ПРОЦЕССЕ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ КОЛУМБИТА — ТАНТАЛИТА

В одной из своих работ А. И. Гинзбург (1956) пишет: «Общеизвестное указание А. Е. Ферсмана о том, что танталиты являются более высокотемпературными и выделяются раньше колумбитов, является ошибочным и не выдерживает критики». Ассоциации минералов одного из пегматитовых полей, изучаемого нами, свидетельствуют, наоборот, в пользу «общезвестного положения А. Е. Ферсмана», хотя, вероятно, в природе существуют и обратные случаи. Так, у нас наблюдаются ранние танталиты, выделяющиеся в конце кристаллизации микроклина и в начале развития процессов альбитизации и отсутствуют поздние танталиты из «альбит-грейзена». В пегматите З встречается ранний танталит (60% Ta_2O_5), и лишь в позднюю фазу альбитизации («фарфоровидный альбит», и сахаровидный кварцево-альбитовый агрегат) появляется точечный или листоватый колумбит (10—15% Ta_2O_5), иногда в сростании с касситеритом. То же мы наблюдаем и в пегматите Г.

По-видимому, в пегматитовых телах, особенно богатых Ta, порядок выпадения танталовых и ниобиевых разностей может меняться на обратный и, по всей вероятности, положение А. Е. Ферсмана о раннем выпадении танталитов справедливо именно для такого рода месторождений пегматитов.

Следует также заметить, что в телах, где тантала мало, в пегматите А, например, ранним минералом этой группы, встречающимся в ассоциации с арсенопиритом и альбитизированным микроклином, является толстотаблитчатый колумбит, содержащий Ta_2O_5 — 13% и Nb_2O_5 — 71%.

ВЫВОДЫ

1. В пегматитовых телах одного и того же пегматитового поля присутствуют танталито-колумбиты резко различного состава.

2. Все колумбито-танталиты, за одним исключением, связаны с альбитизацией, но на разных ее стадиях.

3. В тех пегматитовых телах, где изначальное содержание тантала велико, процесс идет в сторону выпадения танталитов уже на ранних этапах (вблизи блоков микроклина), и отложение танталитов предшествует выпадению колумбитов.

4. С альбитизацией связано большое количество представителей группы колумбита — танталита, но с тонкопластинчатым альбитом или с кварцево-альбито-мусковитовым замещающим комплексом ассоциирует только лейстообразный колумбит.

5. Цвет черты варьирует в широких пределах в коричнево-серо-черных тонах и в большинстве случаев не может характеризовать состав.

6. Выявилось крайне неоднородное строение отдельных кристаллов колумбито-танталитов (полисинтетическое двойникование, появление

ядер, зопарность и т. д.), свидетельствующее как о постепенной, так и о резкой смене состава питающих растворов. При этом более неоднородными оказались разности, богатые Ta_2O_5 .

7. Неоднородное строение кристаллов наводит на мысль о возможном отсутствии полной смесимости в изоморфном ряду танталит — колумбит, как на это указал А. И. Гинзбург (1956). Во всяком случае, судить о химическом составе средних членов этого ряда нельзя до тех пор, пока не будут проанализированы совершенно однородные их представители.

8. Отношение к плавиковой кислоте подтвердило ранее выдвинутое Г. П. Барсановым (1945) положение о более легком и быстром травлении разностей, богатых Ta_2O_5 , в то время как почти чистые колумбиты практически не травятся. Причина скорости травления лежит как в однородности строения кристалла, так, вероятно, зависит и от содержания Mn и Fe. Вполне возможно, что различные грани (или направления, им параллельные) одного и того же кристалла травятся с разной скоростью.

9. В рассмотренных нами случаях ядерные части кристалла слагаются компонентами, богатыми Ta_2O_5 , т. е. сначала кристаллизуются танталиты, а затем уже колумбиты, что в некоторых случаях подтверждает положение А. Е. Ферсмана о более раннем выпадении танталитов.

10. В связи с разным составом изначальных порций пегматитового вещества, которое пошло на образование того или иного пегматитового тела, часто не представляется возможным наметить общую возрастную схему выпадения колумбито-танталитов для всего поля в целом и, напротив, для каждого пегматитового тела в отдельности это не представляет труда.

ЛИТЕРАТУРА

- Барсанов Г. П. О критериях и методике определения редкоземельных ниобатов, титано-ниобатов и силикатов.— Записки Всерос. минер. об-ва, ч. 74, вып. 4, 1945.
- Барсанов Г. П. Структурные особенности строения метамиктных ниобо-танталатов.— Труды Минер. музея АН СССР, вып. 8, 1957.
- Гинзбург А. И. О некоторых особенностях геохимии тантала и типах танталового оруденения.— Геохимия, № 3, 1956.
- Goldschmidt V. Winkeltabellen. Berlin, 1897.