

Рис. 3. Зональные образования магнетита (Mg) и касситерита (Cs). Увел.  $\times 60$ .  
Отраженный свет.

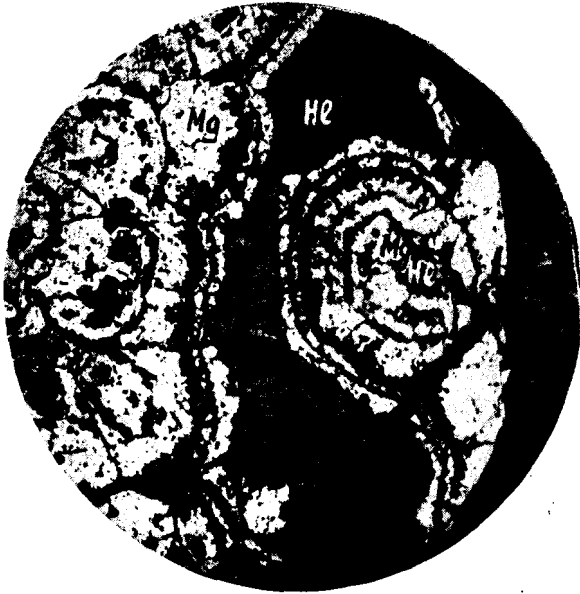


Рис. 4. Зональные образования магнетита (Mg) и хлорита (Hl). Увел.  $\times 60$ .  
Отраженный свет.

Я. Я. ЯРЖЕМСКИЙ

(Ленинград. Всесоюзный и.-и. институт галургии)

### КУРГАНТАИТ — НОВЫЙ БОРАТОВЫЙ МИНЕРАЛ

В 1943 г. на Западном Курган-тау Индерского поднятия А. А. Скروبовым были замечены мелкие вкрапленники какого-то твердого минерала, выступающего на выветрелой поверхности обнажающихся здесь гипсово-ангидритовых пород. Они были переданы нам на определение. По величине показателя преломления, повышенной твердости (царапают стекло) и резкой положительной реакции с хинализарином эти вкрапленники были отнесены к минералу, близкому к борациту, имеющему, по справочной литературе,  $N_p = 1,662$ ;  $N_g = 1,673$ . Однако значение  $N_p'$  нашего бората ниже 1,662, а  $N_g'$  принималось выше 1,673, в связи с чем величина двойного лучепреломления явно превышала ту, которая имеется у борацита (0,011). Условно еще тогда мы поместили этот борат между хильгардитом и борацитом, назвав его «хильборацитом». Ничтожные количества материала не дали возможности в то время произвести более детальные исследования этого бората.

При полевых работах 1951 г. Н. К. Воробьев указал нам в двух пунктах Западного Курган-тау на скопления бората в виде желваков, достигающих иногда величины 3—4 см в поперечнике, но, как правило, более мелких — от едва видимых невооруженным глазом до 1—2 см. Совместно с ним и геологом А. Ф. Горбовым 19 сентября 1951 г. мы отобрали многочисленные образцы этого кургантауского бората.

На рис. 1 приведена фотография расположения в коренном залегании кургантауского бората в гипсово-ангидритовой породе. Пластмассовая черная накладка положенного для масштаба перочинного ножа имеет длину 90 мм и ширину 20 мм; нижняя заклепка его диаметром в 8 мм.

На рис. 2 приведена фотография (образца № 1160) с групповым расположением округлых желваковидных скоплений кургантауского бората в грязно-серой гипсово-ангидритовой породе, а на рис. 3 — более мелкие скопления (1, 2, 3, 4) кургантауского бората, совпадающие со слоистостью ангидритовой породы.

На рис. 4 показана внешняя форма отдельных желваковидных образований кургантауского бората, вынутых на выветрелых по-

верхностях вмещающих гипсово-ангидритовых пород Западного Курган-тау.

Иммерсионное изучение привело к установлению  $N_p = 1,641$  и  $N_g' = 1,682$ . Таким образом, двупреломление кургантауского бората значительно (почти вчетверо) выше, чем у борачита, и превышает его у хильгардита ( $N_p$  последнего = 1,630;  $N_g = 1,664$ ). Бо-



Рис. 5. Кургантауский борат. В левой верхней части и внизу проникает ангидрит (точки). Шлиф № 1160. Увеличено  $\times 60$ . Зарисовка и материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.

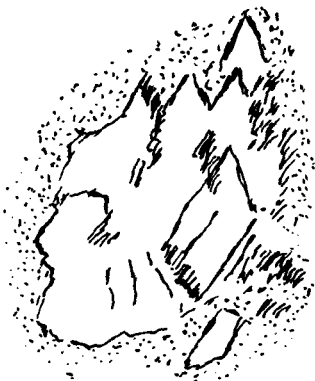


Рис. 6. Кургантауский борат в виде группы недоформировавшихся кристаллов (белое) в ангидритовой породе (точки). Шлиф № 1160. Увел.  $\times 60$ . Зарисовка и материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.

рат этот двуосный, с очень малым углом оптических осей, очень близкий к одноосному положительному минералу. Удлинение положительное. Удельный вес меняется в различных желвачках бората: у одних — около 3 (медленно тонут в бромформе с удельным весом 2,89), у других — менее, что стоит в связи с различной степенью выветривания отдельных боратовых скоплений в гипсово-ангидритовой толще.

Изучение шлифов, приготовленных из этой гипсово-ангидритовой породы, включающей скопления кургантауского бората, приводит к выводу, что последние представляют собою либо единичные образования, либо скопления различного строения.

На рис. 5 представлен участок, напоминающий большой кристалл (более 0,5 мм), который, однако, не представляет в действительности монокристаллического образования, а сам сложен массой различной величины зерен и кристаллических скоплений того же кургантауского бората. В верхней левой части и внизу произошло проникновение ангидрита в борат.

На рис. 6 виден кургантауский борат в виде группы недоформировавшихся кристаллов (белое) в ангидритовой породе (точки).

Контакты боратовых скоплений со вмещающей гипсово-ангидритовой породой различны сравнительно резко; переходных зон нет. Тем не менее изучить их под микроскопом достаточно трудно, потому что именно здесь отмечается какое-то пелитовое вещество.

В одном из шлифов видны два желваковых образования кургантауского бората, соединенных между собою гипсово-ангидритовой породой. Структура боратовых участков разномзернистая. Неправильной формы и разной величины (от едва видной — около 0,01 до 0,25 мм) зерна бората беспорядочно срastaются между собою. В связи с их очень разнообразной оптической, ориентировкой в скрещенных николях наблюдается типичная мозаичная структура боратового скопления (рис. 7). Что касается гипсово-ангидритовой породы, цементирующей оба боратовых желвака, то здесь структура в разных местах различна. Собственно ангидритовые участки сложены мелкозернистым (от 0,03 до 0,10 мм) минералом того же наименования неправильного или изометрического, или несколько вытянутого облика.

Ангидрит местами гидратируется, превращаясь в волокнистые гипсовые агрегаты. Последние не успевают перекристаллизоваться в сплошные гипсовые зерна, как уже захватываются последующим процессом карбонатизации. Процесс замещения гипса карбонатами можно наблюдать на разных стадиях его протекания. Первоначально карбонатное вещество проникает в гипсовое вкось (рис. 8а) или перпендикулярно (рис. 8б) к гипсовым волокнам. Сразу же образуются контуры («рамки») будущего карбонатного зерна (рис. 8а). В последующем идет разрастание карбонатной части либо в виде микропрожилковых внедрений в пределах карбонатной «рамки» (рис. 8а), либо комбинированное — такое же, как указано на рис. 8а, но в сочетании с дальнейшим более или менее сплошным зарастанием «рамки» (рис. 8б). Законченный процесс полного образования карбонатного зерна изображен на рис. 8б.

Шлиф 1160в изготовлен из желвака кургантауского бората размером  $20 \times 12$  мм в ангидритовой породе микро- и мелкозернистой структуры. Боратовый желвак имеет разномзернистую структуру, по-

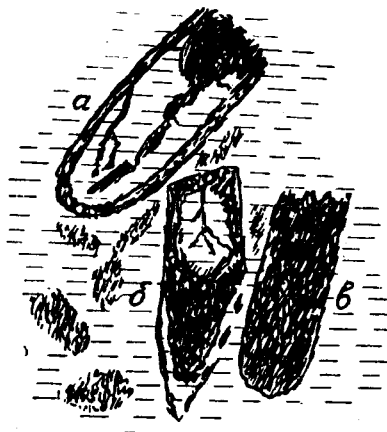


Рис. 8. Формирование карбонатных зерен (а, б, в) на различных этапах замещения гипсовых волокнистых новообразований (черточки), получившихся в процессе гидратизации ангидрита между двумя желваковыми скоплениями кургантауского бората (детали в тексте). Увел.  $\times 160$ . Шлиф № 1160/2. Материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.

добную той, которая приведена на рис. 7. Преобладают зерна размером около 0,01—0,05 мм; более крупные (до 0,20 мм) редки, причем располагаются они преимущественно на периферической части желвакового образования. Контакт последнего со вмещающей ангидритовой породой местами резкий, местами же расплывчатый, так что образуется ангидритово-боратовая микрizona шириной до 0,3 мм.

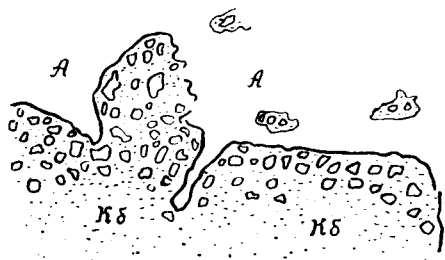


Рис. 9. Характер контакта одного из участков кургантауского боратового желвака (КБ) с вмещающей ангидритовой породой (А). Шлиф № 1160-г. Увел.  $\times 24$ . Материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.

Надо полагать, что эта зона образовалась в результате перекристаллизации боратовой и вмещающей ангидритовой пород.

Изрезанный мывовидный характер контакта одного из участков кургантауского боратового желвака со вмещающей ангидритовой породой приведен на рис. 9. В шлифе № 1160-г главная масса боратового желвака имеет микрозернистую (при

величине зерен около и менее 0,01 мм) структуру (рис. 10), и лишь на его периферии близ контакта с вмещающей ангидритовой породой появляется разнoзернистая, частично, следовательно, перекристаллизованная структура того типа, который представлен на рис. 7. Таким образом микрозернистая структура кургантауского бората (как и многочисленных других пород) является его первичным признаком. Однако в большинстве случаев она в той или иной степени перекристаллизована.

На рис. 11 приведен электронно-микроскопический снимок тонкоотмученной части предварительно раздробленной пробы кургантауского бората менее 0,001 мм. Как видно, преобладает форма более или менее вытянутых обломочков. Обращают на себя внимание частые зубчатые контуры зернышек. Причина их появления пока достоверно не установлена. Однако есть наблюдения, представляющие некоторый интерес для объяснения этого явления.

Рассматривая многочисленные иммерсионные препараты из кургантауского бората, мы заметили в нескольких его зернах какие-то очень тонкие нитевидные образования со значительно более низким показателем преломления, чем у нашего бората.

На рис. 12 приведена зарисовка наиболее крупного из таких зернышек под обычным поляризационным микроскопом с увеличением в 1000 раз. К сожалению, пока эти образования определить не удалось. Характерно, что они дают выступы за пределы поверхности боратового зерна. Эти выступы, возможно, и получаются на электронно-микроскопических снимках в виде зубчатых контуров на зернышках бората.

В дальнейшем изучении кургантауского бората приняли участие работники различных учреждений. Предварительный химический анализ был произведен химиком-аналитиком М. М. Вильнером (ВНИИГ), определившим наличие бора, кальция и  $\text{SO}_4$ . Кальций был определен объемным путем. Сумма компонентов оказалась порядка 75%, причем предполагалось, что нехватка до 100% падала

на кристаллизационную воду. Однако это предположение не подтвердилось, потому что потеря при прокаливании давала около 8%. Отсюда выяснилось, что значительную часть недостачи следовало относить к элементу, пока не обнаруженному химическим анализом. По нашей просьбе кандидат химических наук В. Ф. С ма ч н а я (Ленингр. горный институт) сделала ряд качественных химиче-

ских анализов, которыми в составе нашего бората было обнаружено большое количество стронция. Химиком-аналитиком К. А. Б а к л а н о в о й (ВСЕГЕИ) было определено в борате некоторое количество конституционной воды (7,5%).

Химик-аналитик геохимической лаборатории ВНИИГа Т. В. М а н д р ы к и н а произвела полный химический анализ нашего бората. Как она отмечает, разделение окислов кальция и стронция производилось по методу, описанному О с б о р н о м (Analyst, 70, № 831, 1945 г.), и основанному на способности серноокислого кальция растворяться в хлорной кислоте, в то время как сульфат стронция в ней не растворяется. Полноту отделения кальция от стронция на протяжении 12-дневного выполнения химического анализа проверял многократно методами спектрального анализа научный сотрудник геохимической лаборатории Института галургии Т. К. А й д а р о в. В законченном Т. В. М а н д р ы к и н о й виде результат химического анализа оказался следующим:  $\text{B}_2\text{O}_3 = 36,08\%$ ;  $\text{CaO} = 17,64\%$ ;  $\text{SrO} = 32,66\%$ ;  $\text{SO}_3 = 6,07\%$ ; потеря при прокаливании = 7,5%; сумма = 99,95%.

Содержание  $\text{SO}_3$  было рассчитано на ангидрит и гипс, которые были приняты в количественном выражении согласно изучению материала под микроскопом, с отношением  $\frac{1}{4} : \frac{3}{4}$  (гипса втрое больше, чем ангидрита). Всего на оба эти минерала пришлось 12,87%. Остаток был пересчитан А. Ф. Г о р б о в ы м на молекулярный состав бо-

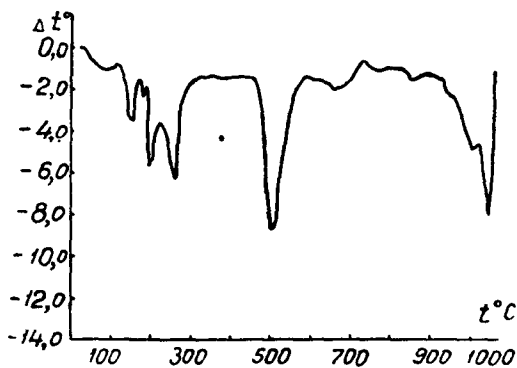


Рис. 13. Кривая нагревания кургантаита. Выполнена Институтом промышленных проблем Академии наук Эстонской ССР, апрель 1952 года.

рата, который дал соотношение, близкое составу кальциево-стронциевого метабората состава:  $(\text{Sr}, \text{Ca})_2 \text{B}_4\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Ниже приводится таблица теоретически рассчитанного состава метабората, где содержание эквивалентов  $\text{CaO}$  принято равным эквивалентам  $\text{SrO}$ , и полученного анализом состава кургантауского бората.

В порядке работ по содружеству с петрографической лабораторией ВНИИГ термографический анализ кургантауского бората был выполнен Институтом промышленных проблем Академии наук Эстонской ССР. Эндотермические эффекты левой части кривой нагревания до  $350^\circ\text{C}$  (рис. 13) соответствуют дегидратации гипса. Большой эндотермический эффект при  $500^\circ\text{C}$  соответствует потере кристаллизационной воды кургантауского бората. Такого эффекта нет ни у одного из изученных боратов. Последний большой эндотер-

Теоретически рассчитанный состав бората

Элементы	Теоретический состав метабората $(\text{Sr}, \text{Ca})_2 \cdot \text{B}_4\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Состав кургантауского бората*
$\text{B}_2\text{O}_3$	43,95%	41,41%
$\text{SrO}$	32,69%	37,48%
$\text{CaO}$	17,66%	15,37%
$\text{H}_2\text{O}$	5,70%	5,74%
	100,00%	100,00%

\* После исключения ангидрита и пены по описанной схеме.

мический эффект начался с температуры  $900^\circ\text{C}$  и сопровождался плавлением пробы, которое закончилось при температуре  $1040^\circ\text{C}$ , когда началось газообразование.

Рентгеновский анализ кургантауского бората проведен в рентгенометрической лаборатории Ленинградского горного института под руководством В. И. М и х е в а. Измерение и расчет рентгенограммы показали, что по значениям межплоскостных расстояний  $\frac{d}{n}$  и интенсивности линий  $I$  минерал не идентифицируется ни с одним из известных в настоящее время боратов. Более детально результаты рентгенографического анализа будут опубликованы позднее.

Таким образом, кристаллооптическое, химическое, термографическое и рентгенографическое исследования привели к установлению нового кальциево-стронциевого боратового минерала. По месту его нахождения мы даем ему название кургантаита.



Рис. 1. Расположение кургантауского бората (белые участки) в гипсово-ангидритовой породе (серый фон): Материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.

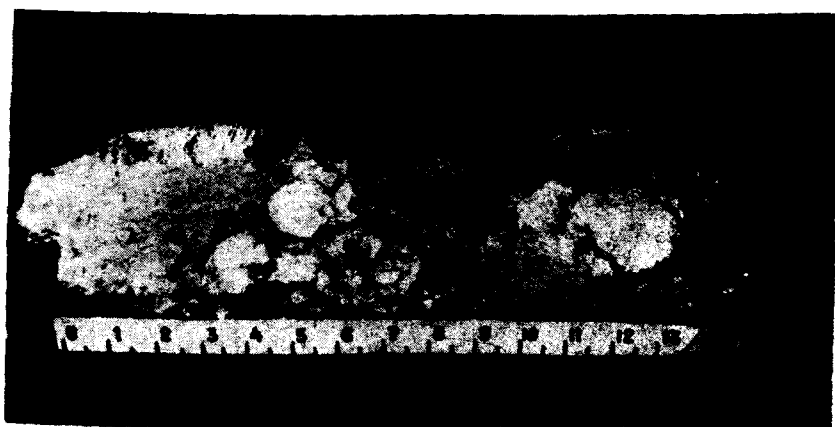


Рис. 2. Групповое расположение округлых желваковидных скоплений кургантауского бората (белое) в серой гипсово-ангидритовой породе. 0,65 натуральной величины. Образец 1160. Материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.





Рис. 3. Более мелкие (1—3 мм) скопления (1, 2, 3, 4) кургантауского бората, совпадающие со слоистостью гипсово-ангидритовой породы. Шлиф 1160-д. Увел.  $\times 15$ . Николи  $\times$ . Материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.

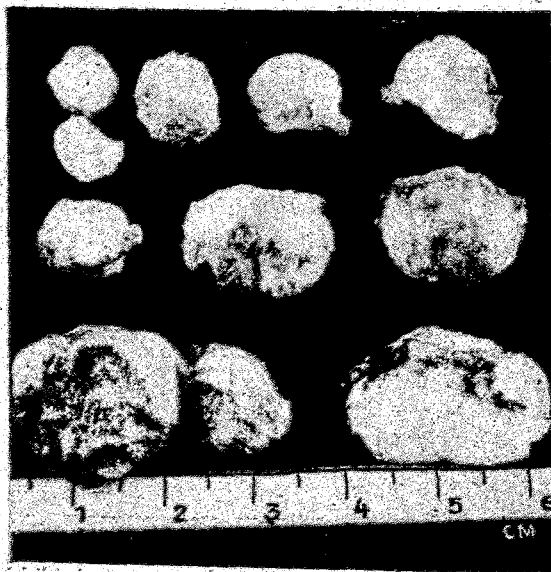


Рис. 4. Внешняя форма отдельных желваковидных образований кургантауского бората. Образец 1160. Материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.

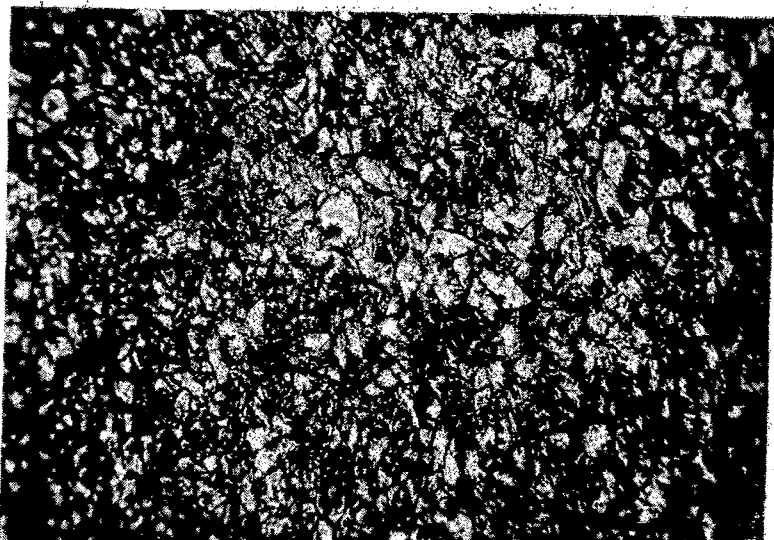


Рис. 7. Разнозернистая мозаичная структура кургантауского бората. Увел.  $\times 64$ .  
Образец 1160-б. Материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.

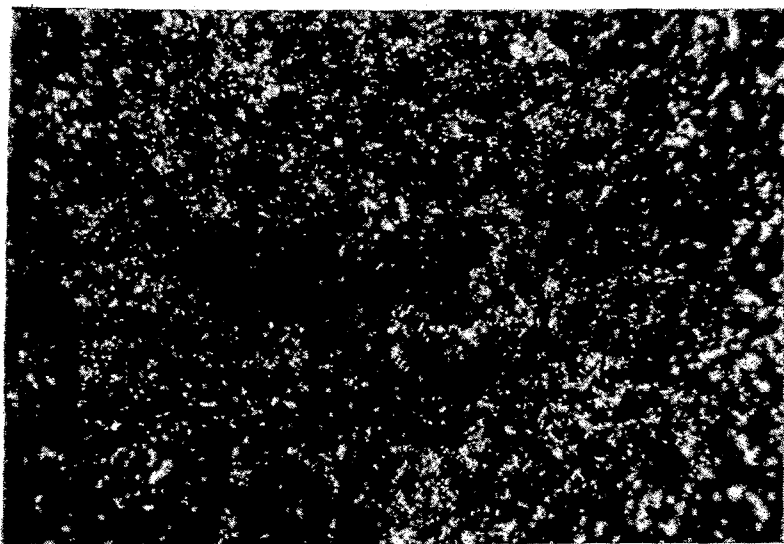


Рис. 10. Микрозернистая структура кургантауского бората. Шлиф 1160-г.  
Николи  $\times$ . Увел.  $\times 64$ . Материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.

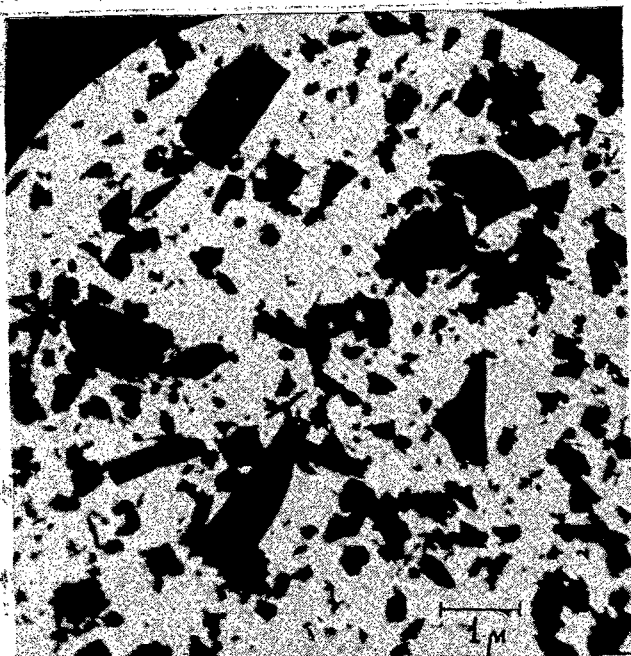


Рис. 11. Электронно-микроскопический снимок частиц менее 0,001 мм кургантауского бората. Преобладают вытянутые формы. Часты зубчатые контуры. Увел.  $\times 11000$ . Подготовили и сняли С. Ф. Иванова и В. И. Апполонов. Материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.

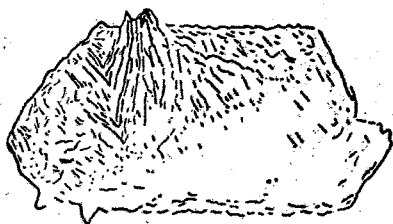


Рис. 12. Тонкие нитевидные образования в зерне кургантауского бората. Увел.  $\times 1000$ . Зарисовка и материалы Я. Я. Яржемского, 1951 год.