

Г. П. БАРСАНОВ

**О ИЗОМОРФНОМ РЯДЕ АКСИНИТА
И НОВОМ МИНЕРАЛЬНОМ ВИДЕ — СЕВЕРГИНИТЕ**

В 1948 г. в Минералогический музей Академии Наук СССР известными уральскими любителями минералов Г. Г. Китаевым и Ю. Г. Китаевым был доставлен образец своеобразного минерала, состоящего из скорлуповатого и зернистого агрегата зерен яркожелтого цвета. По указанию приславших образцы, минерал был найден в довольно значительном количестве в кварцевой жиле, вскрытой заброшенными разведочными канавами на так называемом Тунгатаровском (Бай-Султанском) месторождении марганцевых руд, находящимися близ д. Тунгатарово в Учалинском районе Южного Урала. Это мелкое марганцевое месторождение, по указанию А. Г. Бетехтина (1946), относится к типичным для Южного Урала метаморфизованным месторождениям осадочных силикатных марганцевых руд, на которые накладываются иногда, по секущим трещинам, более поздние гидротермальные процессы, выражающиеся в появлении кварцевых жил и прожилков различной мощности.

Полученный образец макроскопически настолько отличался от всех известных нам и представленных в Музее минералов, что возникла необходимость произвести специальные исследования для установления принадлежности его к тому или иному минеральному виду. Уже первоначальные произведенные мною микрохимические исследования показали, что минерал является силикатом марганца и кальция, а изучение оптических свойств и полученное помощью спектрального анализа указание на значительное количество бора обнаружило, что минерал представляет собой необычную разновидность аксинита. Получение дополнительно от Г. Г. и Ю. Г. Китаевых большого количества образцов позволило произвести детальное минералогическое исследование этого интересного минерала.

Изученный мною аксинит представляет собою плотные зернистые и пластинчатые скопления яркожелтого в свежих изломах цвета, находящиеся в тесном парагенезисе с типичным молочно-белым жильным кварцем. Образцы минерала, взятые из поверхностных зон, покрыты черными корочками и налетами окислов марганца, причем внимательное изучение показывает, что эти пленки образуются в значительной мере за счет окисления желтого аксинита, проникая вдоль трещин и по границам пластинчатых зерен. В редких пустотках наблюдались мелкие и весьма несовершенные кристаллы пластинчатого триклинного облика.

Изучение структуры и оптических свойств минерала в шлифах под микроскопом показало, что желтый аксинит образует грубо кристаллические чешуйчато-пластинчатые агрегаты, а также вытянутые характерные

кошьевидные кристаллы и их сростки, вросшие в грубозернистый агрегат типичного жильного кварца. Последние часто имеют гребенчатый облик с характерным веерообразным погасанием. Аксинит всегда идиоморфен по отношению к кварцу; имеющиеся трещины залечиваются тем же кварцем, что указывает на более раннее (а быть может и почти одновременное) выделение этого минерала по отношению к кварцу. Во множестве наблюдаются налеты и мелкие прожилки черной окиси марганца, развивающейся явно за счет окисления аксинита. Бурые окислы железа при этом отсутствуют.

Описанные структуры и парагенезис явно указывают на гидротермальный генезис как самого аксинита, так и сопровождающих его минералов, связанный с отложением из водных растворов невысоких температур. В парагенезисе нет ни одного минерала, указывающего на глубинный высокотермальный характер растворов, а тем более на какие-либо явления пневматолита.

Изучение оптических свойств минерала дало следующие результаты: минерал прозрачный от бесцветного до окрашенного в слабо-желтый цвет. В последнем случае наблюдается плеохроизм от желтого до бесцветного. Схема адсорбции: $N_g = N_m > N_p$. В кристаллах наблюдается трещиноватость и несовершенная спайность по двум направлениям, пересекающаяся под углом $87-88^\circ$. С длинной осью кристаллов наиболее совершенная спайность образует угол 44° . На хороших идиоморфных разрезах кристаллов были измерены угловые величины между гранями, которые дали возможность, пользуясь таблицами В. Гольдшмидта, ориентировать спайность и оптические элементы относительно кристаллографических граней (рис. 1). Рельеф минерала высокий, N_g параллельна удлинению (знак зоны +). В сечениях, перпендикулярных к острой биссектрисе, в момент погасания отчетливо виден дисперсионный эффект — аномальные цвета от чернильно-синего до красновато-бурого. $N_g(011) = 10^\circ$. Интерференционные цвета желтые первого порядка. Минерал двусный, оптически положительный (в отличие от обычного аксинита — отрицательного). $2V$ изменчиво, от $+75$ до $+85^\circ$. Дисперсия очень сильная; $v > r$.

Определение показателей преломления иммерсионным методом дало следующее: $N_g = 1,698 \pm 0,002$; $N_p = 1,687 \pm 0,003$; $N_g - N_p = 0,011$.

Таким образом, оптическое изучение показало нам, что минерал очень близок по свойствам к обычному аксиниту, однако существенно отличается от него по оптической ориентировке и имеет более высокие показатели преломления. Это обстоятельство, наряду с необыкновенным внешним обликом изучаемого аксинита и большим содержанием марганца, установленным качественно-микрохимически, заставило нас, совместно с химиком Музея Н. В. Воронковой, произвести полный химический анализ минерала (табл. 1). Точное определение бора и фтора из отдельной навески было любезно произведено химиком В. В. Даниловой, которой автор приносит глубокую благодарность.

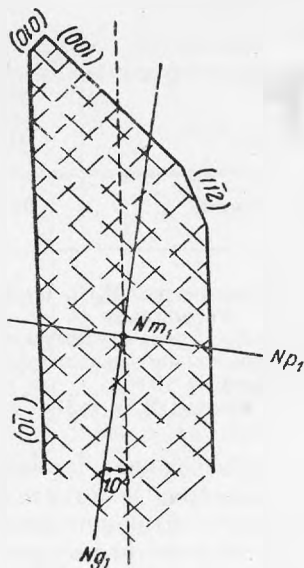


Рис. 1. Элементы оптической ориентировки кристалла севергинита.

Таблица 1

Окислы	Весов. %	Пересчет на 100%	Молекул. колич.	Молекул. колич. групп	Атомные коэффициенты
SiO ₂	42,84	43,11	0,7177	0,7177	8
TiO ₂	Нет	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	16,50	16,61	0,1629	} 0,1806	2,0
Fe ₂ O ₃	2,82	2,84	0,0177		
FeO	Нет	—	—	—	—
MnO	14,79	14,88	0,2097	0,2097	2,2
MgO	0,66	0,66	0,0163	} 0,3207	3,7
CaO	16,96	17,07	0,3044		
Na ₂ O	Нет	—	—	—	—
K ₂ O	»	—	—	—	—
H ₂ O ^{-110°}	»	—	—	—	—
H ₂ O ^{+110°}	0,69	0,70	0,0390	} 0,0983**	0,92
B ₂ O ₃ *	4,13	4,13	0,0593		
F ₂	Нет	—	—	—	—
Сумма	99,39	100,00	—	—	—

* Количество B₂O₃, определенное из отдельной навески более точным методом, дается по данным В. В. Даниловой. Цифра, полученная Н. В. Воронковой, — 4,66% B₂O₃, как показывают расчеты, является несколько завышенной. За счет этого несколько уменьшается сумма анализа, исправляемая для всех окислов при пересчете на 100%.

** Считаю B₂O₃ и H₂O за группу [BO·OH]₂.

Произведенное химическое изучение желтого аксинита показало, что этот минерал действительно имеет резкое отличие от обычного аксинита не только по некоторым физическим свойствам, но и по химическому составу. Изученный минерал оказался крайним чисто марганцевым членом, не имеющим до настоящего времени аналогов, описанных в литературе. Закисное железо отсутствует полностью, а имеющееся железо находится в трехвалентной форме и, несомненно, как показывают расчеты, замещает алюминий в структуре аксинитовой молекулы. При расчете атомных коэффициентов за исходную цифру был принят коэффициент 8 для SiO₂, что отвечает имеющимся последним структурным и эмпирическим формулам аксинита вида Ca₂(Fe, Mn) · Al₂BH[SiO₄]₄, или (в удвоенном виде) 4CaO · 2(Fe, Mn)O · 2Al₂O₃ · [BO · OH]₂ · 8SiO₂. Произведенный нами расчет показывает, что анализ стехеометрически хорошо укладывается в установленную химическую структуру аксинита. Очень интересными являются атомные коэффициенты, полученные при расчете анализа нашего минерала для MnO и группы (CaMg)O. Рассмотрение коэффициентов показывает, что избыток над молекулярным количеством MnO, необходимого для формулы аксинита, отвечает как раз имеющемуся недостатку для молекулярного количества кальция. Замена части Ca в аксините магнием неоднократно указывалась в литературе, в то время как марганец всегда считался изоморфным заместителем только двухвалентного железа. Однако расчеты на теоретический состав чисто марганцевой молекулы аксинита (табл. 2) показывают, что теоретически содержание MnO не должно превышать 12,44%, в то время как в нашем анализе оно равняется 16,96%. Принимая во внимание равную валентность Mn⁺² и Ca и сравнительно близкие радиусы ионов этих элементов (0,91 Å для Mn⁺² и 1,06 Å

для Ca), наряду с отмеченными выше соотношениями атомных коэффициентов, полученных при расчете анализа исследованного нами минерала, мы с полной уверенностью можем утверждать, что Mn^{+2} может в структуре аксинита замещать не только Fe^{+2} , но и Ca. Наоборот, железо, присутствующее в аксинитах, если установлена его трехвалентная форма, должно при расчетах связываться не с марганцем в группу $(Mn, Fe)^{+2}$, но учитываться как изоморфный заместитель Al^{+3} в структуре аксинита. Таким образом, общая структурная формула аксинита должна по нашему мнению иметь вид: $R_1^{+2} R_{II}^{+2} R_2^{+3} BH[SiO_4]_4$, где $R_1^{+2} = Ca, Mn, Mg$; $R_{II}^{+2} = Fe, Mn$, и $R^{+3} = Al, Fe$. Исходя из высказанных соображений, формулу исследованного аксинита следует дать в виде: $(Ca, Mn)_2 Mn(Al, Fe)_2 BH[SiO_4]_4$, что отвечает и составу и структуре анализируемого минерала.

При рассмотрении анализов аксинита из различных месторождений (табл. 2) отчетливо заметен широкий и непрерывный изоморфизм между Fe^{+2} и Mn^{+2} , входящими в состав аксинита.

Таблица 2

Объемы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂ . .	42,89	43,46	42,73	42,61	42,40	42,55	41,96	41,80	47,73	41,99	42,27	
Fe ₂ O ₃ . .	0,65	2,80	0,94	0,38	0,59	3,79	0,81	1,11	1,87	1,62	—	
Al ₂ O ₃ . .	18,23	16,33	18,02	17,43	17,39	16,37	17,69	17,15	17,08	16,32	17,91	
B ₂ O ₃ . .	6,07	5,61	5,84	6,04	4,71	4,20	4,61	5,61	6,30	5,13	6,13	
FeO . . .	7,05	6,78	5,94	7,53	4,89	4,06	3,61	2,84	1,35	—	12,44	
MnO . . .	1,01	2,62	3,08	4,10	6,16	7,79	8,51	10,71	11,54	12,86	—	
CaO . . .	19,85	20,19	20,13	19,74	19,57	19,28	19,71	19,51	18,65	20,14	19,67	
MgO . . .	2,26	1,73	2,51	0,44	1,69	1,02	0,97	0,21	0,34	0,07	—	
K ₂ O . . .	0,14	0,11	—	—	0,25	—	—	—	—	—	—	
Na ₂ O . . .	0,39	—	—	—	0,24	0,10	—	—	—	—	—	
H ₂ O . . .	2,10	1,45	1,37	1,56	1,64	1,33	1,93	1,22	1,81	1,87	1,58	
F	—	—	—	—	0,22	—	1,11	—	—	—	—	
Сумма	100,64	101,08	100,56	99,83	99,75	100,39	100,91	100,16	100,67	100,00	100,00	
	—	—	—	—	—0,09	—	—0,47	—	—	—	—	
					99,66		100,44					

1) Бург д'Уазон, Франция, П. Яннах, 1894; 2) Бург д'Уазон, Франция, К. Раммельсберг, 1840; 3) Бург д'Уазон, Франция, Э. Форд, 1903; 4) С. Диего, Калифорния, В. Шаллер, 1911; 5) Нордмаркен, Швеция, Р. Маузелиус, 1895; 6) Нордмаркен, Швеция, Р. Маузелиус, 1895; 7) Даннемора, Швеция, Р. Маузелиус, 1895; 8) Обира, Япония, Э. Форд, 1903; 9) Радауталь, Бавария, Н. Фромме; 10) окр. Христиании, Норвегия, В. М. Гольдшмидт, 1911; 11) теоретический состав чисто марганцевого члена группы аксинита; 12) то же для чисто железистого члена группы.

Сопоставление этих данных, параллельно с симбатным изменением некоторых физических свойств (показатель преломления, оптическая ориентировка), показывает, что в настоящее время, особенно в связи с нахождением нами чисто марганцевого члена, аксинит следует рассматривать как некоторый изоморфный ряд минералов. Исходя из колебаний химического состава, вначале В. Шаллер (1910), а затем В. М. Гольдшмидт (1911) богатые Mn^{+2} разновидности предлагали выделить под назва-

нием манганаксинита. И. Ф. Беляков в небольшой заметке, не давая фактического материала, предлагал выделить аксиниты под названиями: ферриаксинит, манганаксинит и магниоаксинит, в зависимости от преобладания того или иного из катионов. Что касается магния, то по моему мнению из рассмотрения всего имеющегося материала ясно, что колебания в его содержании не отвечают закономерному изоморфному ряду, а скорее являются случайной спорадической примесью. Соотношения же марганца и железа в аксините показывают, что здесь скорее имеет место не изовалентный изоморфизм, а изоморфные твердые растворы марганцевистого и железистого компонентов. Просмотр всех аналитических данных по аксинитам иностранных месторождений (Doelter, 1921), наряду с анализами аксинита, описанного за последнее время в СССР (табл. 3), показывает, что намечается довольно полный и непрерывный изоморфный ряд от почти чисто железистых до почти чисто марганцевых членов.

Таблица 3

Оксиды	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	41,59	42,60	41,86	42,54	43,27	42,84
TiO ₂	—	0,08	—	0,12	Следы	—
Al ₂ O ₃	17,76	17,04	16,81	14,88	14,83	16,50
Fe ₂ O ₃	9,03	0,47	1,35	5,20	1,20	2,82
				Fe ₂ O ₃ + FeO		
B ₂ O ₃	5,96	5,43	6,09	7,06	5,28	4,66
FeO	—	7,56	7,30	—	4,04	Нет
MnO	3,27	3,52	3,35	7,07	7,21	14,79
CaO	19,98	19,28	20,28	20,96	21,14	16,96
MgO	0,64	1,84	2,34	0,77	0,93	0,66
K ₂ O	—	Нет	0,04	—	Нет	Нет
Na ₂ O	—	0,42	0,02	—	Следы	»
H ₂ O ^{-110°}	—	0,36	—	0,26	Нет	»
H ₂ O ^{+110°}	2,33	1,04	0,72	0,90	2,15	0,69
F	—	—	—	—	—	Нет
Сумма	100,56	99,64	100,16	99,76	99,85	99,92

1) Фиолетово-бурый аксинит; Урал, Л. Н. Никулин, 1940; 2) фиолетово-бурый аксинит; Урал, И. Ф. Беляков, 1940; 3) серовато-фиолетовый аксинит; Хакасская обл., С. М. Курбатов, 1941; 4) серовато-бурый манганаксинит; С. П. Соловьев, 1944; 5) серовато-бурый манганаксинит; С. П. Соловьев, 1944; 6) желтый марганцевый аксинит; д. Тунгатарово, Южн. Урал, Н. В. Воронкова, 1949.

Описанный мною минерал является таким образом неизвестным до настоящего времени, крайним, чисто марганцевым членом ряда аксинита, в то время как чисто железистый член в природе неизвестен и до настоящего времени. Правильность представления о существовании именно железисто-марганцевого изоморфного ряда подтверждается расчетами В. Шаллера (1910) и моими, которые показывают, что для различных месторождений в составе аксинитов наибольшие колебания обнаруживают молекулярные количества MnO и FeO, в то время как количества других оксидов колеблются незакономерно и в узких пределах (табл. 4).

Параллельно с увеличением количества марганцевого члена в аксини-

Таблица 4

Месторождение	Автор и год	Отнош. молекул. колич. FeO : MnO	Пределы колебания молекул. колич. остальных катионов
Бург д'Уазон	П. Яннах, 1894	1,10 : 0,16	Al ₂ O ₃ 1,96—2,28 CaO 3,90—4,38 MgO 0,12—0,74
» »	К. Раммельсберг, 1840	1,06 : 0,42	
Урал	И. Ф. Беляков, 1940	1 : 0,5	
Хакассия	С. М. Курбатов, 1941	1 : 0,47	
Корнуолл	Дж. Уитфелд, 1887	0,92 : 0,74	
Нордмаркен	Р. Маузелиус, 1895	0,76 : 0,98	
» »	» 1895	0,64 : 1,24	
ДВК	С. П. Соловьев, 1944	0,56 : 1	
Даннемора	Р. Маузелиус, 1895	0,56 : 1,36	
Обира	Эд. Форд, 1903	0,44 : 1,72	
Радауталь	И. Фромме	0,12 : 1	

товом ряду идет и некоторое изменение оптических свойств. Показатели преломления, приводимые мною по собственным измерениям и данным различных авторов, имеют очень слабую, но заметную тенденцию к повышению в направлении к чисто марганцевой разновидности, описываемой мною, которая дает резкий скачок в оптических свойствах (табл. 5). Это странное на первый взгляд обстоятельство (так как обычно повышение N зависит от FeO), быть может, следует объяснить отмеченным мною фактом замещения в богатых MnO членах аксинитового ряда не только FeO, но также и CaO марганцем, что может компенсировать понижение или даже резко повысить показатели преломления.

Наряду с изменением показателя преломления наблюдается тенденция увеличения $2V$ к чисто марганцевым разновидностям, что дает скачкообразное изменение оптической ориентировки от отрицательной к положительной.

Представляло интерес выяснить, как влияет на структуру решетки минералов аксинитового ряда изоморфная замена Fe^{+2} на Mn^{+2} . Структура аксинита, кристаллизующегося в триклинной системе, неизвестна, почему, не имея пригодных кристаллов чисто марганцевого члена, нам пришлось ограничиться сравнением межплоскостных расстояний, полученных по методу Дебая, могущих дать представление об изменении параметров решетки. В литературе отсутствуют данные и о межплоскостных расстояниях аксинита. Поэтому, для сравнения с исследованным нами чисто марганцевым членом, был взят обычный железистый аксинит из месторождений Урала (см. табл. 3, анализ 2) и для него параллельно сделана дебаеграмма. Обе приводимые в табл. 6 дебаеграммы любезно сделаны и рассчитаны Н. Н. Слудской в рентгеноструктурной лаборатории Института геологических наук АН СССР. Съемка обоих образцов производилась в одинаковых условиях — при Fe-излучении антикатада; $2R = 57,9$, $d = 0,6$.

Сравнение дебаеграмм показывает, что оба члена ряда аксинита, как железистый, так и чисто марганцевый, имеют совершенно идентичные дебаеграммы. Таким образом, структура как железистого, так и марганцевого членов ряда, по крайней мере в параметрах элементарной ячейки, вероятно, совершенно тождественна. Этого и следовало ожидать, так как при одинаковой валентности Mn^{+2} и Fe^{+2} и близости их радиусов ионов

Месторождение	Содержание MnO и FeO, в %	Ng	Nm
Бург д'Уазон, Франция . . .	1,01—3,08 MnO; 7,05—5,94 FeO	1,681	1,678
Хакассия	3,35 MnO; 7,30 FeO	1,682	—
Урал (по И. Ф. Белякову) . . .	3,52 MnO; 7,56 FeO	1,689	1,685
Урал (по В. А. Масленникову)	3,27 MnO; 9,03 FeO + Fe ₂ O ₃	1,688	—
Обира, Япония	10,71 MnO; 2,84 FeO	1,695	1,690
ДВК	7,21 MnO; 4,04 FeO	1,689	1,685
Окр. Христиании, Норвегия .	12,86 MnO; 1,62 Fe ₂ O ₃	1,689	1,685
Тунгатарово, Южн. Урал . .	14,79 MnO; 0,0 FeO	1,698	—

(0,83 Å для Fe⁺² и 0,91 Å для Mn⁺²) при подобном изоморфном замещении трудно ожидать заметной деформации решетки.

Переходя к минералогической номенклатуре установленного мною изоморфного ряда аксинита, а также и описанного нового чисто марганцевого члена этого ряда, укажу что в минералогической практике широко укоренились и распространены взгляды, что крайние члены таких рядов следует считать самостоятельными минеральными видами. Укажу на аналогичные ряды: трифилин → литиофилит LiFePO₄—LiMnPO₄; зосфорит → чильдренит (MnFe)Al(OH)₂PO₄ · H₂O — (FeMn)Al(OH)₂PO₄ · H₂O; колумбит → танталит и многие другие.

Исторически собственно аксинитом был назван в 1783 г. Роме де Лилем минерал из Бург д'Уазона во Франции буро-фиолетового цвета, существенно железистый, с соотношением FeO : MnO = 1 : 0,16. Это название, с развитием изучения аксинита и нахождением в нем больших количеств MnO, постепенно обрастало приставками; так появились и богатые марганцем аксиниты, «манганаксинит» и т. п. Однако описание чисто марганцевого члена, отличающегося сильно и по внешнему виду и по ряду оптических свойств, наряду с накопившимся к настоящему времени фактическим материалом, позволяет мне ставить вопрос об аксините как собирательном названии для изоморфного ряда минералов, а не как о минеральном виде.

Исходя из изложенного, мне кажется возможным название аксинит сохранить исторически и по смыслу за железистыми членами ряда, содержащими 100—50% молекулы Ca₂FeAl₂BH[SiO₄]₄. За членами ряда, содержащими 50—95% молекулы Ca₂MnAl₂BH[SiO₄]₄, я предлагаю сохранить данное В. М. Гольдшмидтом название манганаксинит. Чистые члены ряда, содержащие 95—100% Ca₂MnAl₂BH[SiO₄]₄, я предлагаю выделить в новый минеральный вид и назвать его в честь выдающегося русского минералога академика Василия Михайловича Севергина (1765—1826) — севергинитом.

Таким образом, химически серию изоморфных членов ряда аксинит — севергинит мы предлагаем различать следующим образом:

Ряд аксинит — севергинит — $m\text{Ca}_2\text{FeAl}_2\text{BH}[\text{SiO}_4]_4 + n\text{Ca}_2\text{MnAl}_2\text{BH}[\text{SiO}_4]_4$, где m и n меняются от 0 до 100%; часть Ca может изоморфно (в манганаксините и севергините) замещаться Mn⁺²; часть Al⁺³ изоморфно замещается Fe⁺³.

Таблица 5

№р	2v	Схема абсорбции и ее характер	Дисперсия	Угол №р или №g с (011)
1,672	-80°	Nm > №р > №g Светлофиол. — бесцветн.	Сильн. r > v	№р : (011) = 0-2°
1,673	-71°	То же, оч. слаб.	r > v	—
1,678	— большое	Нет	—	—
1,677	-71°	»	—	—
1,683	-71°	—	r > v	—
1,678	-72°	Nm > №р > №g Светлофиол. — бесцветн.	—	—
1,679	-76°	№g = Nm > №р Светложелт. — бесцветн.	r < v	№р : (011) = 5-7°
1,687	+75° +85°	№g = Nm > №р Желт. — бесцветн.	Оч. сильн. r < v	№g : (011) = 10°

Таблица 6

Аксинит железистый, Урал			Исследуемый марганцевый минерал д. Тунгатарово, Южн. Урал		
Интенсивность линий	γ°	d	Интенсивность линий	γ°	d
Сильные	16°18'	3,442	Сильные	16°21'	3,432
Оч. слабые	17°12'	3,267	Оч. слабые	17° 9'	3,276
Сильные	17°57'	3,134	Сильные	18° 0'	3,126
Средние	18°57'	2,974	Слабые	19° 0'	2,967
Слабые	19°30'	2,894	—	—	—
Оч. сильные	20° 6'	2,825	Оч. сильные	20° 6'	2,821
Средние	22°12'	2,557	Слабые	22°15'	2,551
Слабые широкие	23°24'	2,432	»	23°30'	2,423
Полоса	24° 0'	2,375	Оч. слабые	24° 0'	2,375
Сильные	26°33'	2,161	Сильные двойные	26°27'	2,169
Слабые	27°51'	2,067	Слабые	27°57'	2,061
Сильные	29° 0'	1,992	Сильные	28°57'	1,995
Слабые	32°51'	1,780	Слабые	32°48'	1,783
Оч. слабые	33°54'	1,732	»	34° 0'	1,727
Слабые	35°27'	1,665	»	35°27'	1,665
»	36°21'	1,630	Средние	36°21'	1,630
»	37°12'	1,598	Слабые	37°15'	1,596
»	37°48'	1,576	»	37°48'	1,576
Оч. слабые	39° 6'	1,532	»	38°51'	1,540
»	39°33'	1,517	»	39°30'	1,519
»	40°24'	1,490	»	40°21'	1,491
Средние	41°21'	1,462	Средние	41°24'	1,461
Оч. слабые	42°30'	1,430	Слабые	42°42'	1,424
Слабые	43°24'	1,406	Средние	43°24'	1,406
Оч. слабые	44°39'	1,377	Слабые	45°18'	1,359
Слабые	45°21'	1,358	Средние	46°42'	1,327
»	46° 9'	1,339	Оч. слабые	48°45'	1,285
»	48°57'	1,281	»	52°12'	1,222
—	—	—	Слабые	59°24'	1,122

Члены ряда: аксинит — 100—50% $\text{Ca}_2\text{FeAl}_2\text{BH}[\text{SiO}_4]$ + 0—50% $\text{Ca}_2\text{MnAl}_2\text{BH}[\text{SiO}_4]_4$; манганаксинит — 50—95% $\text{Ca}_2\text{MnAl}_2\text{BH}[\text{SiO}_4]_4$ + 50—5% $\text{Ca}_2\text{FeAl}_2\text{BH}[\text{SiO}_4]_4$; севергинит — 95—100% $\text{Ca}_2\text{MnAl}_2\text{BH}[\text{SiO}_4]_4$ + 5—0% $\text{Ca}_2\text{FeAl}_2\text{BH}[\text{SiO}_4]_4$.

ЛИТЕРАТУРА

- Бетехтин А. Г. Промышленные марганцевые руды СССР. Изд. АН СССР, 1946.
Курбатов С. М. Аксинит из рудника Юлия Хакасской области. ДАН СССР, т. XXX, № 5, 1941.
Соловьев С. П. К находке боросодержащих минералов (аксинитов, датолитов) в горах Сихоте-Алиня на Дальнем Востоке. Зап. Мин. общ., ч. LXXIII, № 4, 1944.
Doelter C. Handb. d. Mineralch., Bd. II, Abt. 3, 1921.
Ford F. E. Am. Journ. of Sc., 15, 1903.
Genth E. A. Am. Journ. of Sc., 41, 1891.
Golgschmidt V. M. Vid. Scrif. Kristiania, I, 1911.
Schaller W. Zeit. Kryst., 48, 1910.