

УДК 549.651.13(574.5)

П. Е. КОТЕЛЬНИКОВ¹, К. Р. ПЛЕХОВА²,
Г. К. БЕКЕНОВА³, К. Ш. ДЮСЕМБАЕВА⁴, Е. А. ДОБРОВОЛЬСКАЯ⁵

ЦЕЛЬЗИАН И (Ba-K)-ПОЛЕВОЙ ШПАТ ИЗ СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕКЕЛИ (ЖОНГАРСКИЙ АЛАТАУ)

«...природный кристалл, и тем более микрокристалл, – открытая книга, в которой записана собственная история кристалла и судьбы месторождения. Запись и хранение основной кристаллогенетической информации заключается в морфолого-анатомических элементах кристалла – в его форме, морфологии граней в секториальном и зональном строении кристалла и т.п...».

Академик Н. В. Белов

Текелі кенорнындағы қорғасын-мырыш, баритті дала шпаттарының рентгендік және химиялық зерттеулер арқылы алынған анықтамалары ұсынылған. Минералдардың ассоциациялық шоғырлануы пиритпен, сфалеритпен, галенитпен, доломитпен, баритпен және кварц-кальцилардың шоғырланған жиынтықтарында және олардың доломиттену, кварциттену арқылы ізбестарда рудаланады. Кристаллохимиялық формулалары (Ba-K)- дала шпаты: $(\text{Ba}_{0,5}\text{K}_{0,42}\text{Na}_{0,05})_{0,97}(\text{Al}_{1,4}\text{Si}_{2,6})_4\text{O}_8$. Негізгі көрсеткіштер – $N_g=1,557(2)$; $N_p=1,553(2)$; $2V=-78^\circ$. Элементар ұяшығының параметрі: a 8,594(5); b 13,016(2); c 7,185(2) Е; b 115,73(3)°, V 724,0(6) Е³, арақашықтық тобы $C2/m$. Қаттылығы – 2,981 г/см³.

Представлены результаты оптического, химического, рентгеновского изучения бариевых полевых шпатов из свинцово-цинкового месторождения Текели. Кристаллохимическая формула (Ba-K)-полевого шпата: $(\text{Ba}_{0,5}\text{K}_{0,42}\text{Na}_{0,05})_{0,97}(\text{Al}_{1,4}\text{Si}_{2,6})_4\text{O}_8$, $Z=4$. Показатели преломления: $N_g=1,557(2)$; $N_p=1,553(2)$, $2V=-78^\circ$. Параметры элементарной ячейки: a 8,594(5); b 13,016(2); c 7,185(2) Е; b 115,73(3)°, V 724,0(6) Е³. Плотность (рассчитанная) – 2,981 г/см³. Минералы находятся в ассоциации с доломитом, пиритом, сфалеритом, галенитом и никсергиевитом в кварц-кальцитовых прожилках, секущих окварцованные доломитизированные оруднелые известняки.

The results of optical, chemical, X-ray diffraction study of barium feldspars from the Tekeli Pb-Zn mine are presented. Chemical formula of (Ba-K)-feldspar is $(\text{Ba}_{0,5}\text{K}_{0,42}\text{Na}_{0,05})_{0,97}(\text{Al}_{1,4}\text{Si}_{2,6})_4\text{O}_8$, $Z=4$. The mineral is colorless, $n_g=1,557(2)$, $n_p=1,553(2)$, $2V=-78^\circ$. Unit cell parameters are a 8,594(5); b 13,016(2); c 7,185(2) Е; b 115,73(3)°, V 724,0(6) Е³. Density (calc.) is 2,981 г/см³. Associated minerals include dolomite, pyrite, sphalerite, galena and niksergievite. The minerals are discovered in cross quartz-calcite veins in quartz dolomitized mineralized limestones.

Стратиформное свинцово-цинковое месторождение Текели приурочено к текелийской свите, сложенной углеродисто-кремнистыми, углеродисто-глинистыми сланцами с прослоями известняков и доломитов. Рудное тело представляет собой согласную с вмещающими породами крутопадающую линзовидную залежь протяженностью по простиранию 400–850 м, по падению – 1000–1200 м. Месторождение характеризуется многоэтапностью рудообразования, совмещенностью в пространстве руд разного генезиса и их интенсивной переработкой совместно с вмещающими породами при региональном и локаль-

ном метаморфизме [6,7,8,11 и др.]. Г. Б. Паталаха выделяет здесь три этапа рудообразования: 1 – гидротермально-осадочный; 2 и 3 – метаморфогенно-регенерационные, связанные с переработкой рудного вещества, отложенного в первый этап [8,10].

Минералогия месторождения детально изучалась и описана в работах Б. И. Вейц [2–4], Т. Н. Шадлун [12], Г. Б. Паталаха [8–10], П. Е. Жукова, Крикуновой Н. П. [5] и др. [6,7]. Основными рудными минералами, имеющимися в рудах всех типов, являются галенит, сфалерит и пирит; второстепенные – джемсонит, буланже-

^{1,2,3} Казахстан, 050010. г. Алматы, Кабанбай батыра, 69а. Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева.

⁴ Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22. Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева

⁵ Казахстан, г. Алматы, Толе би, 59. Казахстанско-Британский технический университет.

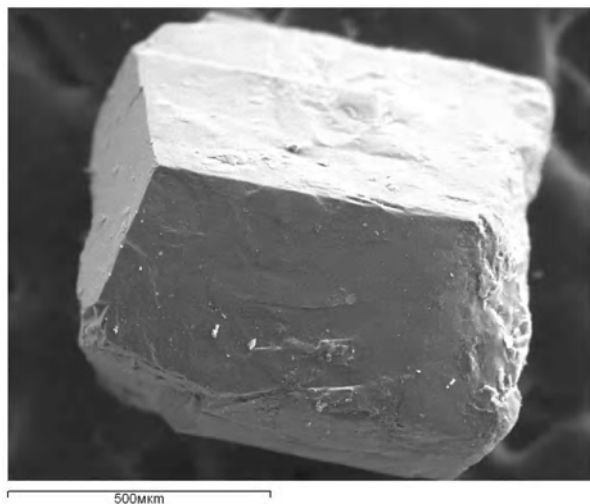


Рис.1. Кристалл (Ва-К)-полевого шпата.
Изображение во вторичных электронах

рит, тетраэдрит, бурнотит, пирротин, халькопирит, марказит, арсенопирит. Среди нерудных минералов основными считаются кварц, доломит, кальцит; второстепенными – серицит и графитизированное углеродистое вещество; редкими – графит, рутил, титанит, хлорит, сидерит.

При изучении минерального состава образцов подземных выработок месторождения Текели (XIII горизонт, глубина 400–500 м) наше внимание привлекли совершенные по форме прозрачные кристаллики (рис.1).

Электронно-зондовый микроанализ показал, что минерал имеет постоянный химический со-

став и диагностирован нами как (Ва-К)-полевого шпат, занимающий промежуточное положение в серии цельзиан – гиалофан. Цельзиан на месторождении Текели ранее был обнаружен А.Д. Дарой рентгеновским методом. Кристаллические агрегаты (Ва-К)-полевого шпата находятся в сростании с доломитом, пиритом (рис.2), сфалеритом, галенитом, кальцитом и недавно открытым новым минералом – никсергиевитом [1, 14]. Настоящими исследованиями список минералов месторождения пополнен новой разновидностью – (Ва-К)-полевым шпатом.

Физические и оптические свойства. (Ва-К)-полевого шпата бесцветный, водянопрозрачный, короткопризматический с преобладанием грани (110), как у адуляра (см. рис.1). Под оптическим микроскопом бесцветный, с низким двупреломлением $N_g = 1,557(2)$; $N_p = 1,553(2)$, $-2V = 78^\circ$. Плотность (рассчитанная) – $2,981 \text{ г/см}^3$.

Химический состав (Ва-К)-полевого шпата и цельзиана изучен на электронно-зондовом микроанализаторе Superprobe JCSA-733 с использованием энергодисперсионного спектрометра INCA – ENERGY фирмы OXFORD INSTRUMENTS (Англия) (табл.1–3). Анализы проводились при ускоряющем напряжении 15 кВ, токе зонда 25 нА и фокусированном (диаметр 1–2 мкм) зонде. Время счета на пике – 20 с, фона – 5 с. В качестве стандартов использовались BaSO_4 (Ba), адуляр (K), альбит (Na), Al_2O_3 (Al), SiO_2 (Si).

Таблица 1. Химический состав (Ва-К)-полевого шпата, вес. %

Компонент	1	2	3	4	5	6
SiO_2	47,44	48,26	48,11	48,06	48,12	47,33
Al_2O_3	21,47	21,56	21,08	22,13	21,92	21,95
BaO	23,00	22,61	23,79	23,70	23,42	24,18
Na_2O	0,51	0,42	0,45	0,31	0,39	0,74
K_2O	6,02	5,86	6,16	6,45	6,08	5,99
Σ	98,43	98,72	99,59	100,65	99,91	100,20
Кристаллохимические формулы, рассчитанные на 8 атомов кислорода						
Si	2,61	2,62	2,64	2,59	2,60	2,59
Al	1,39	1,38	1,36	1,41	1,40	1,41
Ba	0,5	0,48	0,51	0,5	0,5	0,52
K	0,42	0,41	0,43	0,44	0,42	0,42
Na	0,05	0,04	0,05	0,03	0,04	0,08
Мольная доля цельзиана (Cn), ортоклаза (Or), альбита (Ab)						
% Cn	51,5	51,6	51,5	51,5	52,1	51,0
% Or	43,3	44,1	43,4	45,4	43,7	41,2
% Ab	5,2	4,3	5,1	3,1	4,2	7,8

*Примечание. 1–6 – анализы.

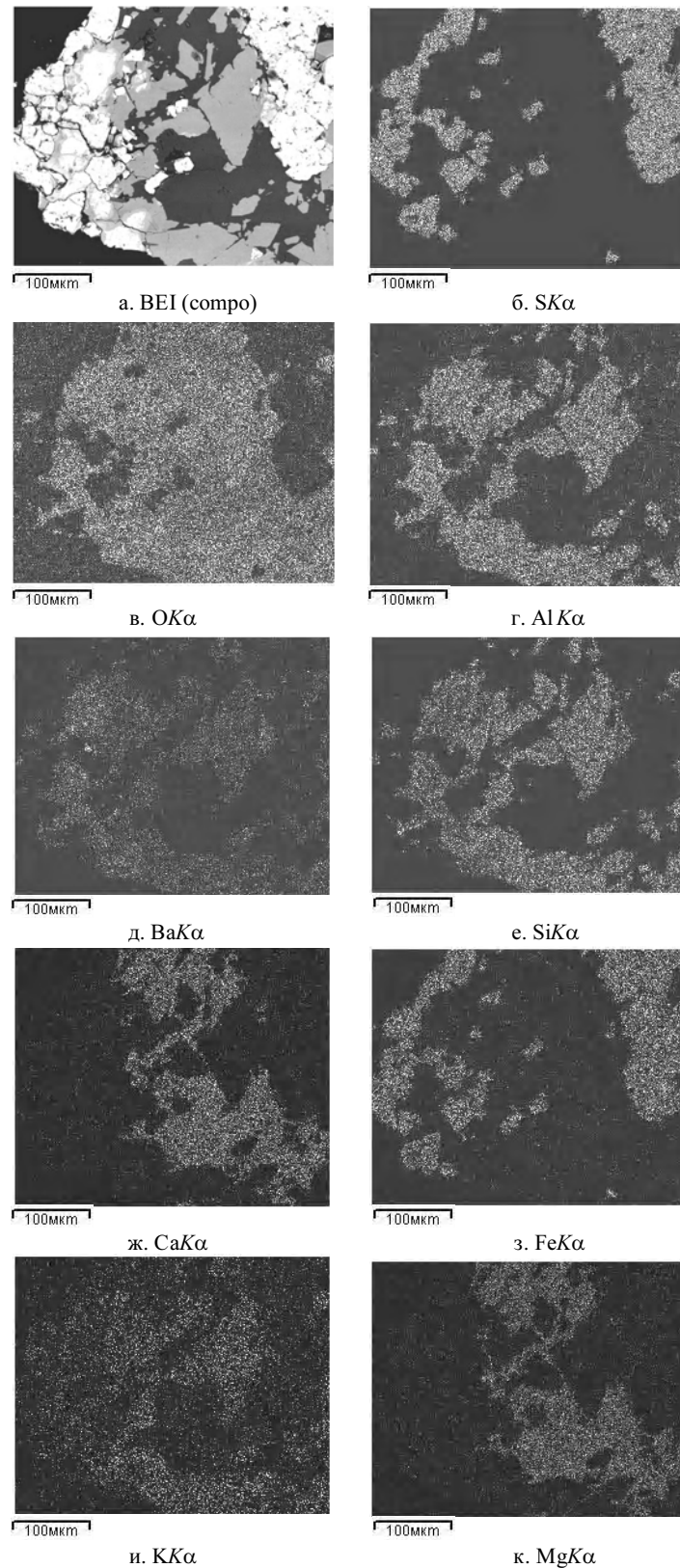


Рис. 2. а – микроагрегат пирита (светло-серое), доломита (черное) и цельзиана (белое) в оторочке из (Ba-K)-полевого шпата (темно-серое). Изображение полированной поверхности в обратнорассеянных электронах (состав); б–к – то же, в рентгеновском характеристическом излучении элементов

Таблица 2. Химический состав цельзиана (8 анализов)

Компонент	Среднее, вес.%	Область значений	Стандартное отклонение	Использованный стандарт
Al ₂ O ₃	25,33	24,74-25,73	0,4218	Al ₂ O ₃
SiO ₂	30,85	29,88-32,25	0,7854	SiO ₂
BaO	43,06	42,33-43,66	0,5759	BaSO ₄
Σ	99,24			

Таблица 3. Химический состав зонального кристалла (Ва-К)-полевого шпата, вес. %

№ анализа	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	BaO	Сумма
1	0	25,66	30,71	0	43,66	100,03
2	0,65	22,88	43,27	4,26	28,25	99,30
3	0,69	21,45	48,83	6,53	20,18	97,69
4	0,44	21,76	46,74	6,06	23,28	98,27

Примечание. 1 – цельзиан; 2 и 3 – (Ва-К)- и (К-Ва)-полевые шпаты соответственно; 4 – (Ва-К)- полевой шпат постоянного состава.

Усредненная кристаллохимическая формула минерала имеет вид: (Ba_{0,5}K_{0,42}Na_{0,05})_{0,97}(Al_{1,4}Si_{2,6})₄O₈. В целом состав (Ва-К)-полевого шпата постоянный. Натрий присутствует в незначительном количестве и составляет от 0,03 до 0,08 формульных единиц.

Собственно цельзиан в образцах находится внутри оторочек из (Ва-К)-полевого шпата (рис.3). Усредненная кристаллохимическая формула: Ba_{1,11}(Al_{1,97}Si_{2,03})₄O_{8,13} (см. табл.2).

В отличие от (Ва-К)-полевого шпата, при электронно-зондовом изучении которого не происходили изменения интенсивностей аналитических линий, цельзиан оказался неустойчивым под электронным лучом. Его анализировали при расфокусированном (диаметр до 30 мкм) зонде. Во всех анализах отмечается повышенное содержание бария.

Химический состав зонального кристалла (Ва-К)-полевого шпата (см. рис.3) свидетельствует об этапности и направленности процесса кристаллизации.

Первым из высокотемпературных растворов формировался собственно цельзиан (ан. 1, табл.3), а по мере убывания бария кристаллизовались (Ва-К)- и (К-Ва)-полевые шпаты промежуточного состава (ан. 2,3). По истечении определенного промежутка времени и достижения термодинамического равновесия в системе уже при более низкой температуре кристаллизуется постоянная по химическому составу и устойчивая фаза (ан. 4), изучаемая нами.

Кристаллохимические формулы:

- Ан.1. Ba_{1,12}(Al_{1,98}Si_{2,02})₄O₈ (100% **Cn**);
 Ан.2. (Ba_{0,65}K_{0,31}Na_{0,07})_{1,01} (62,4% **Cn**; 30,7% **Or**; 6,9% **Ab**);
 (Al_{1,54}Si_{2,46})₄O₈
 Ан.3. (K_{0,45}Ba_{0,43}Na_{0,07})_{0,95} (47,4% **Or**; 45,2% **Cn**; 7,4% **Ab**);
 (Al_{1,36}Si_{2,64})₄O₈
 Ан.4. (Ba_{0,5}K_{0,43}Na_{0,05})_{0,98} (51% **Cn**; 43,9% **Or**; 5,1% **Ab**).
 (Al_{1,42}Si_{2,58})₄O₈

Рентгенограммы (Ва-К)-полевого шпата

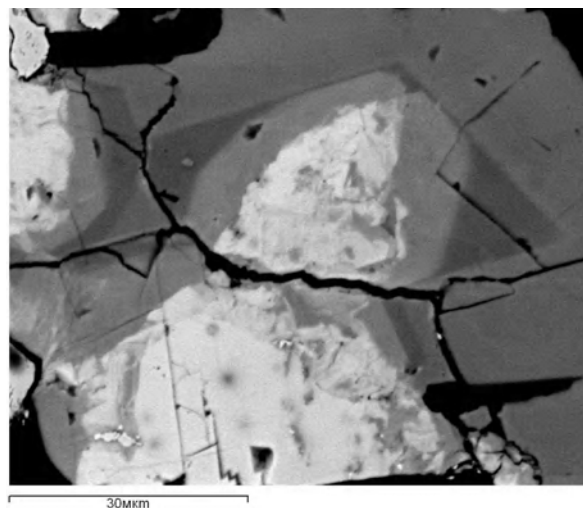


Рис. 3. Зональный рост кристалла (Ва-К)-полевых шпатов. Цельзиан (белое) – ан.1; (Ва-К)-полевой шпат (светло-серое) – ан.2; (К-Ва)-полевой шпат (темно-серое) – ан.3; (Ва-К)-полевой шпат постоянного состава (серое) – ан.4. Изображение полированной поверхности в обратнорассеянных электронах (состав)

Таблица 4. Сравнительная таблица значений межплоскостных расстояний целезиана, (Ва-К)- и (К-Ва)-полевых шпатов

I	I (Ва-К)-полевой шпат (Ba _{0,5} K _{0,42} Na _{0,05}) _{0,97} (Si _{2,6} Al _{1,4})O ₈		2 Гиалофан (бариевый ортоклаз) (K _{0,43} Ba _{0,39})(Si _{2,61} Al _{1,44})O ₈		3 Цельзиан (Ba _{0,81} K _{0,18})(Al _{1,9} Si _{2,11})O ₈		4 Синтетический целезиан BaAl ₂ Si ₂ O ₈		hkl	
	d _{изм.} , Å	hkl	d _{расчет.} , Å	I	d, Å	I	d, Å	I		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	6,523*	020	6,508	10	6,50	3	6,698	64	6,5233	020
9	4,5958*	021	4,587	2	5,80	23	5,864	24	5,8637	111
6	4,2407*	001	4,242	8	4,59	39	4,610	34	4,6115	021
4	3,8796*	200	3,880		4,20	7	3,997	9	4,0082	111
29	3,7924*	130	3,787	45	3,78	25	3,902	29	3,9137	200
12	3,6221*	31	3,621	16	3,62	36	3,799	35	3,8008	130
10	3,5531*	21	3,554	8	3,55	44	3,553	48	3,5554	31
37	3,4634*	12	3,463	50	3,46	78	3,472	74	3,4708	21
95	3,3328*	220	3,333	90	3,31	100	3,349	100	3,3553	12
24	3,2858*	02	3,287		3,28	37	3,282	51	3,2806	02
100	3,2379*	002	3,233	100	3,24	32	3,259	39	3,2618	040
31	3,0030*	131	3,001	70	3,00	55	3,021	58	3,0248	131
17	2,9070*	041	2,907	40	2,91	29	2,915	30	2,9167	041
20	2,7664*	32	2,767	20	2,77	38	2,774	41	2,7741	32
8	2,6065	12	2,611		2,61	24	2,606	43	2,6071	12
16	2,5804*	41	2,582	45д	2,57	57	2,582	64	2,5856	41
15	2,5611*	112	2,557		2,55	12	2,551	14	2,5581	310
5	2,5381	310	2,537	6	2,52	3	2,502	3	2,5045	240

6	2,4175	■51	2,420	8	2,42	1	2,474	11	2,4244	■51
3	2,3957	■31	2,395	6	2,38	6	2,425	6	2,4001	■31
8	2,3215*	■13	2,321	10	2,33	12	2,332	19	2,3327	■13
3д	2,2696	■32	2,271	6	2,26	10	2,269	13	2,2704	■32
4д	2,2299	■23	2,231	6	2,23	8	2,233	10	2,2575	132
4	2,2053	151	2,206	10	2,21	13	2,216	14	2,2353	330
14	2,1693*	060	2,169	35	2,17	18	2,174	23	2,1742	151
8	2,1454	003	2,156			6	2,158	13	2,1526	060
		241	2,134			9	2,148	9	2,1407	241
4	2,1310	■01	2,132	10	2,13	8	2,136			■01
						8	2,118	11	2,1214	■02
						11	2,113	16	2,1135	■52
						12	2,100	18	2,1025	311
8	2,0887	311	2,079			6	2,081	9	2,0805	■33
		202	2,078	10д	2,07					
5д	2,0648	■33	2,073							
		061	2,057			9	2,062	11	2,0628	061
5д	2,0123	■22	2,016	10	2,00	12	2,015	16	2,0160	■22
16	1,9796*	222	1,980	10	1,976	8	1,999	9	2,0033	222
3	1,9512	333	1,956	2	1,950	12	1,955	16	1,9556	400
6	1,9381	400	1,940	8	1,924	6	1,932	7	1,9342	■51
3	1,8921	260	1,893	2	1,889	8	1,909	10	1,9129	■03
						5	1,875	7	1,8778	113

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	1,8571	113	1,857	10	1,860	6	1,862	9	1,8626	52
3	1,8401	152	1,842			7	1,854	8	1,8554	152
		23	1,838			4	1,842	4	1,8448	50
19	1,7962*	04	1,796	35	1,800					
3	1,7814	41	1,783	8	1,772	1	1,813			
3	1,6828	312	1,678	8	1,673	14	1,809	20	1,8097	043
6	1,6589	440	1,666			16	1,801	20	1,8006	04
		72	1,651	8	1,654					
	5	1,6445	04	1,643						
3	1,6353	351	1,637							
		13	1,632	10	1,631					
16	1,5705*	31	1,571	8	1,573					
9	1,5667	024	1,569							
		223	1,563	8	1,531					
16	1,5032	262	1,501	8	1,514					
		280	1,500	25	1,500					

Примечание. 1 – месторождение Текели (аналитик А. Д. Дара); 2 – PDF ICDD №.19-0002 (Powder Diffraction File, International Centre of Diffraction Data); 3 – PDF ICDD №.21-0812 (Broken Hill, New South Wales, Australia); 4 – PDF ICDD №.38-1450. д – межплоскостные расстояния; * – межплоскостные расстояния, по которым рассчитывались параметры элементарной ячейки.

получены в рентгеновской камере (РКД) и на дифрактометре (табл. 4). Первоначально межплоскостные расстояния относительно чистой фазы были рассчитаны из дебаеграмм (РКД-57,3; Си-излучение). После тщательного отбора пробы было набрано необходимое количество вещества для получения дифрактограммы чистой фазы, по которой и были рассчитаны параметры элементарной ячейки (Ва-К)-полевого шпата: a 8,594(5); b 13,016(2); c 7,185(2) Å; b 115,73(3)°, V 724,0(6) Å³, $Z=4$.

Межплоскостные расстояния бариевых полевых шпатов представлены в сравнительной табл. 4.

Образование цельзиана и (Ва-К)-полевых шпатов. По мнению авторов работы [13], в которой рассмотрены вопросы изоморфных замещений ВаAl и KSi, относительно редкое нахождение бариевых полевых шпатов в природе больше обусловлено отсутствием условий, благоприятных для их формирования, чем сложностями, связанными с вхождением катиона Ва в кристаллическую структуру полевых шпатов, и что серия $KAlSi_3O_8$ - $BaAl_2Si_2O_8$ непрерывная. Ими было предположено, что вблизи солидуса (при высокой температуре) в фазовой диаграмме серии $KAlSi_3O_8$ - $BaAl_2Si_2O_8$ в структуре цельзиана содержится от 90% и более мольной доли цельзиана, тогда как в низкотемпературном структурном состоянии существует разрыв между гиалофаном (15–65 % мольной доли цельзиана) и цельзианом (80–100 % мольной доли цельзиана).

В нашем случае образование цельзиана происходило при более низкой температуре, чем кристаллизация (Ва-К)-полевых шпатов, так как низкотемпературный цельзиан имеет неупорядоченную кристаллическую структуру, что объясняет его неустойчивое поведение под электронным лучом при микронзондовом анализе. Ранняя генерация цельзиана – классическая иллюстрация правила Гольдшмидта, согласно которому, если у ионов одинаковые радиусы, но различные заряды, то ион с более высоким зарядом будет концентрироваться предпочтительнее в ранних генерациях минерала. Зональность кристаллов (см. рис.3) от начальной бесформенной цельзиановой фазы – кристаллических (Ва-К)- и (К-Ва)-фаз промежуточного состава – до кристаллов совершенной формы устойчивого (Ва-К)-полевого шпата указывает на этапность и направленность процесса кристаллизации. Рис. 3 достаточно вы-

разителен, чтобы заметить некоторую инерционность в динамике роста кристаллов (ан.3 и 4). Из-за дефицита в растворах калия кристаллизация (К-Ва)-фазы (ан.3) прекращается. Далее процесс развивается регрессивно – система достигает равновесного состояния, при котором кристаллизуется устойчивая фаза $(Ba_{0,5}K_{0,42}Na_{0,05})_{0,97}(Al_{1,4}Si_{2,6})O_8$ (ан.4) с более высокой мольной долей цельзиана (51%), чем предыдущая. Приведенные данные (ан.1 и 2 в табл. 3) согласуются с результатами [14]: в низкотемпературной системе $KAlSi_3O_8$ - $BaAl_2Si_2O_8$ существует разрыв между собственно цельзианом (100% **Cn**) и гиалофаном – (Ва-К)-полевым шпатом (62,4% **Cn**). Позже кристаллизуется плагиоклаз, рефлексы (3,18 E) которого фиксируются на дифрактограммах смеси минералов. Далее при обогащении растворов Ca^{2+} , HCO_3^- в благоприятных термодинамических условиях образуется необычный минерал никсергиевит – смешанослойный силикат со смектитоподобными и (Са-Ва-Аl)-карбонатными слоями. Розетковидные и пластинчатые агрегаты никсергиевита в сростании с (Ва-К)-полевым шпатом и цельзианом находятся вместе с пиритом, доломитом, сфалеритом, галенитом в кварц-кальцитовых прожилках, секущих окварцованные доломитизированные оруднелые известняки. Эти прожилки, если обратиться к схеме рудообразования, предложенной Г. Б. Паталаха [8,10], образованы, по видимому, при характерном для месторождения метаморфогенном этапе рудообразования, когда в процессе интенсивного динамотермального метаморфизма происходило перераспределение вещества вмещающих пород и гидротермально-осадочных руд и возникновение синметаморфических флюидов.

Авторы выражают благодарность А.Д.Дара за помощь в рентгеновском изучении цельзиана и (Ва-К)-полевого шпата, М.Н.Сергиевой – за предоставленные образцы никсергиевита и (Ва-К)-полевого шпата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекенова Г.К. Результаты дифракционного изучения нового минерала никсергиевита // Доклады НАН РК.2003. № 5. С.89-92.
2. Вейц Б.И. Минералогия руд полиметаллического месторождения Текели // Изв. Каз ФАН АН СССР. Сер. геол. 1945. Вып. 4-5. С.50-67.
3. Вейц Б.И. Минералого-геохимический очерк место-

рождений Коксу-Текелийского рудного района // Геология металлогения Джунгарского Алатау. Алма-Ата, 1966. С. 194-209.

4. Вейц Б.И. Минералогия главнейших месторождений и рудопроявлений текелийской зоны Джунгарского Алатау. Алма-Ата, 1972. 135 с.

5. Жуков П.Е., Крикунова Н.П. О проявлении сульфидной минерализации в породах нижнего карбона Текели-Коксуйского района // Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Казахстана. Алма-Ата, 1964. Вып. 2/27. С.110-113.

6. Каюпов А.К., Жуков П.К. Нижнепалеозойская углеродисто-кремнисто-сланцевая формация Джунгарского Алатау и связанные с ней полезные ископаемые // Литологические исследования в Казахстане. Алма-Ата, 1969. С.122-136.

7. Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Казахстана. Алма-Ата, 1964. Вып. 2/27. 160 с.

8. Паталаха Г.Б. Гидротермально-осадочные конкреционные руды месторождения Текели // Геология рудных месторождений. 1975. №6. С. 96-103.

9. Паталаха Г.Б. Гидротермально-осадочные сульфидные руды в углеродистых кремнисто-карбонатно-сланцевых отложениях Джунгарского Алатау // Вулканогенно-осадочный лито- и рудогенез. Алма-Ата, 1981. С.94-106.

10. Паталаха Г.Б. Контактный метаморфизм руд на стратиформных свинцово-цинковых месторождениях Джунгарского Алатау // Известия АН КазССР. Сер. геол. 1983. № 5. С. 58-68.

11. Характеристика полиметаллических месторождений и рудопроявлений // Основные черты геологии и металлогении Коксу-Текелийского района Джунгарского Алатау. Алма-Ата, 1962. С.74-78.

12. Шадлун Т.Н. Некоторые закономерности проявления метаморфизма в богатых пиритом свинцово-цинковых рудах Текелийского месторождения // Геология рудных месторождений. 1959. № 5.

13. Gay P., Roy N.N. The mineralogy of the potassium-barium feldspar series. III. Subsolidus relations // Min.Mag. 1968. V. 36. P.914-932.

14. Saburov S.P., Britvin S.N., Bekenova G.K., Sergieva M.N., Chukanov N.V., Yagovkina M.A. Niksergievite, $[Ba_{1.33}Ca_{0.67}Al(CO_3)(OH)_4][Al_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2] nH_2O$, a new phyllosilicate related to the surite-ferrisurite series // Am. Mineral. 2005. V.90. P.1163-166.