

щиеся в пустотах, которые иногда наблюдаются в описываемой зоне кварца и во флюорите.

После образования гентгельвина одновременно со следующим прослоем кварца (№ 3) кристаллизуется гематит, наблюдающийся в виде мелких (доли мм) черных пластинок. Еще ближе к периферической части описываемой зоны кварца в одном из его прослоев (на схеме прослой 4) наблюдается клейофан. Он образует мелкие (0,1—0,15 см) прозрачные неправильной формы кристаллы вишневого цвета, врастающие в кварц. Самым последним аксессуаром, образовавшимся в периферической зоне кварца, является мелкощучейчатая зеленоватая слюдка, наблюдающаяся в виде присыпки на одном из краевых прослоев кварца (5).

Помимо указанных выделений гентгельвина в виде включений в кварце, наблюдались образцы, в которых гентгельвин и ассоциирующие с ним минералы (главным образом кварц, флюорит и слюдка) образуют мелкозернистый агрегат, метасоматически развивающийся по микроклину.

Гентгельвин на описываемом месторождении часто подвергается выщелачиванию с образованием полых каркасов. Вторичные продукты, развившиеся по гентгельвину, не наблюдались.

Как следует из сказанного, гентгельвин образуется и в виде неправильных выделений, и в виде идиоморфных кристаллов. Чаще встречаются неправильные выделения. Кристаллы гентгельвина имеют тетраэдрический габитус. Размер их обычно менее 0,1 см. Лишь в редких случаях наблюдаются кристаллы, достигающие 0,4—0,5 см. Почти все кристаллы зональны. Центральная часть их обычно окрашена в буровато-белый, внешняя — в более светлый розовато-желтый цвет. В крупных кристаллах иногда появляется тонкая промежуточная зона зеленовато-желтого цвета. Соотношение мощностей зон может быть различным. Цвет

Таблица 1

Химические анализы гентгельвина (вес.%)

Окислы	Центральный Казахстан	Кольский п-ов (Лунн, 1963)	Кольский п-ов (Западные Кейвы) (Васильев, 1961)	Кольский п-ов, Ловозеро (Еськова, 1957)	Нигерия (Knorring, Dyson, 1959)	Шайонканьон, США (Glass a. o., 1944)	Теоретический состав гентгельвина
SiO ₂	30,30	29,50	32,08	27,35	30,70	30,26	30,19
TiO ₂	—	—	—	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	0,20	0,50	—	—	0,18	—	—
Fe ₂ O ₃	—	—	0,78	—	—	—	—
FeO	12,68	13,37	11,71	12,00	12,39	12,70	12,58
MgO	Сл.	0,36	—	—	—	—	—
CaO	—	—	0,28	—	—	—	—
ZnO	51,23	48,91	33,54	40,00	40,56	46,20	54,54
MnO	2,50	0,58	5,21	10,21	1,72	1,22	—
FeO	0,68	3,65	13,71	6,03	11,73	6,81	—
ΣTR ₂ O ₃	—	—	0,32	—	—	—	—
Na ₂ O + K ₂ O	—	—	0,12	—	—	—	—
H ₂ O	—	—	0,12	—	—	—	—
S	5,50	5,69	5,49	5,74	5,50	5,49	5,37
Сумма	103,09	102,71	103,36	101,33	102,78	102,68	102,68
S=O	—2,75	—2,84	—2,78	—2,87	—2,75	—2,74	2,68
Сумма	100,34	99,87	100,58	98,46	100,03	99,94	100,00

зон не всегда выдержан, но даже мелкие кристаллы, кажущиеся под лупой однородными, вследствие различных показателей преломления под микроскопом всегда обнаруживают зональность.

К сожалению, кристаллы гентгельвина настолько мелкие и так тесно срастаются с ассоциирующими минералами, что исследовать состав и свойства отдельных зон очень трудно. Удалось изучить их только оптически. Показатель преломления внутренней зоны 1,729, внешней 1,739. Интересно, что раствору подвергается в основном внутренняя зона; внешняя, как правило сохраняется в виде полого каркаса.

При отборе гентгельвина на химический анализ были предприняты необходимые меры для выделения высокопреломляющего гентгельвина. Данные химического анализа, хорошо сочетающиеся с оптикой, свидетельствуют о чистоте материала. Как видно из табл. 1, изучаемый гентгельвин характеризуется самым высоким содержанием ZnO , приближающимся к теоретическому. По составу он ближе всего к гентгельвину, описанному А. Лунцем (1963).

Пересчет анализа (табл. 2) приводит к эмпирической формуле $(Zn_{3,73}Mn_{0,21}Fe_{0,06})_{4,00}(Be_{3,01}Si_{2,99}O_{11,98})S_{1,02}$, очень близкой к теоретической.

Расчет на минералы дает содержание: гентгельвина 93,25%; гельвина 5,25%; даналита 1,50%. Эти данные и химические анализы последних лет (Васильев, 1961; Лунц, 1963) согласуются с представлениями о не-

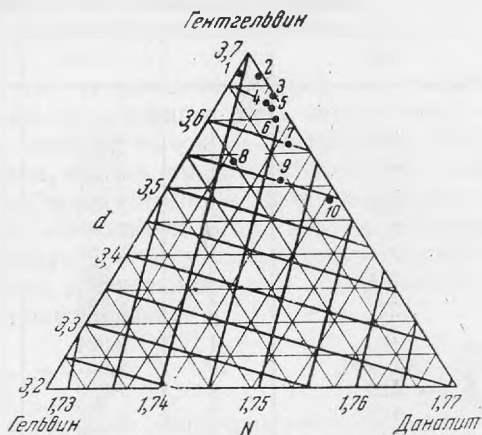


Рис. 2. Диаграмма зависимости физических свойств гентгельвина от химического состава

1 — гентгельвин из Казахстана; 2, 3, 6 и 10 — гентгельвин из Европейской части СССР (Лунц, 1963); 4 и 5 — гентгельвин из Шайон-Каньон, США (Glass, Adams, 1953); 7 — гентгельвин из Северной Нигерии (Knorring, Dysop, 1959); 8 — гентгельвин из Ловозерского массива (Еськова, 1957); 9 — гентгельвин из Западных Кейв, Кольский п-ов (Васильев, 1961)

Таблица 2

Пересчет химического анализа гентгельвина

Окислы	Вес. %	Молекулярное количество	Атомное количество	Группировка	Отношение атомных количеств	
ZnO	51,23	0,6295	0,6295	}	3,733	
MnO	2,50	0,0352	0,0352		0,6742	0,208
FeO	0,68	0,0095	0,0095		0,5068	0,056
BeO	12,68	0,5068	0,5068		3,006	
SiO ₂	30,30	0,5045	0,5045		2,992	
Al ₂ O ₃	0,20	0,0002	0,0004		0,002	
	5,50	0,1715	0,1715		1,017	
Сумма	103,09	Общий делитель 1,6859 : 10 = 0,16859				
S=O	2,75 100,34					

Таблица 3

Межплоскостные расстояния гентгельвина

(Условия съемки: УРС-60; Fe-излучение; Mn-фильтр; 30 kV; 2 mA;
41 час.; $2R = 57,3$ мм; $d = 0,26$ мм)

Изученный гентгельвин			Гентгельвин с Кольского п-ова (Лунц, Сольдау, 1963)		
<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d : n</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d : n</i>
200	1	4,017	210 β	1	(4,02)
210	1	3,601	210; 211 β	5	3,64
211	10	3,287	211	10	3,314
220	1	2,853	310 β	1	(2,836)
310	4	2,580	310	4	2,561
311	1	2,462	321 β	2	(2,384)
222	2	2,331	222	2	2,335
320	1	2,244	320	1	2,246
321	5	2,162	321	5	2,163
400	1	2,024	411 β; 330 β	3	2,102
330; 411	10	1,907	330; 411	9	1,908
420	2	1,810	420	3	1,810
421	1	1,762	421	1	1,766
332	1	1,726	332	1	1,726
422	4	1,696	422	4	1,652
—	—	—	521 β	1	(1,632)
431; 510	2	1,589	431; 510	3	1,587
—	—	—	431 β; 530 β	2	1,531
432; 520	1	1,504	432; 520	1	1,502
521	5	1,4825	521	4	1,477
440	5	1,4346	440	4	1,429
433; 530	5	1,3921	433; 530	4	1,388
442; 600	5	1,3528	442; 600	4	1,350
611; 532	5	1,3170	611; 532	4	1,312
620	1	1,2838	620	1	1,279
541	6	1,2531	541	4	1,249
—	—	—	721 β; 633 β; 552 β	1	1,215
444	1	1,1726	444	1	1,170
710; 550; 543	1	1,1493	710; 550; 543	2	1,146
—	—	—	732 β; 651 β	1	1,135
721; 633	10	1,1057	552	10	1,02
552	5	1,1055	642	1	1,083
730	3	1,0668	730	3	1,064
732; 651	6	1,0319	732; 651	9	1,030
811; 741	10	1,00018	—	—	—
820; 664	3	0,98533	—	—	—
821; 742	1	0,97834	—	—	—

прерывном ряде изоморфных смесей между крайними членами этой группы минералов.

Спектральным анализом в гентгельвине установлены примеси: Y (0,2%); As, Pb, W, Mo, Ca, La (0,05%); Ge, Cu (0,008%); Sc, In (0,005%); Nb, Cd, Ti (0,002%); Mo (0,0005%). Удельный вес, определенный методом гидростатического взвешивания Е. П. Погодиной (ИГЕМ АН СССР), $3,60 \pm 0,02$ (навеска 0,67 г). Порошкограмма изучаемого гентгельвина приведена в табл. 3. Для сравнения приведена рентгенограмма наиболее близкого по составу гентгельвина, описанного Лунцем (1963). Вычисленный методом индцирования дебаеграммы параметр элементарной ячейки $a_0 = 8,1267 \pm 0,005$ Å.

На рис. 2 приведена диаграмма зависимости состава и физических свойств гентгельвина. Как следует из этой диаграммы, изучаемый гентгельвин должен иметь удельный вес более высокий, чем измеренный. Вычисленный по данным химического состава и параметру элементар-

ной ячейки удельный вес равен 3,676, что хорошо согласуется с положением описываемого гентгельвина на диаграмме. Неточность прямого определения может быть объяснена большой пористостью, характерной для этого минерала. Менее ясна причина расхождения величины параметра a_0 (теоретически $a_0 = 8,11$ для изучаемого гентгельвина; Беус, 1960), тем более что при расчете на полученный параметр $a_0 = 8,1267 \text{ \AA}$ получен удельный вес, идеально совпадающий с теоретическим для этого состава¹.

В заключение следует заметить, что от ранее известных гентгельвинов, являющихся в основном членами изоморфного ряда гентгельвин — даналит, описываемый гентгельвин, помимо высокого содержания ZnO , отличается тем, что он является почти чистым представителем изоморфного ряда гентгельвин — гельвин. Это представляется особенно интересным в связи с тесной ассоциацией его с гематитом. По-видимому, наличие окисленных форм железа свидетельствует об отсутствии двухвалентного железа в растворе при кристаллизации гентгельвина, чем и объясняется причина столь необычного состава нашего образца.

ЛИТЕРАТУРА

- Бадалов С. Т. Некоторые результаты изучения гидротермального гельвина. — Записки Узб. отд. ВМО, 1956, вып. 10.
- Беус А. А. Геохимия бериллия и генетические типы бериллиевых месторождений. М., 1960.
- Васильев В. А. О гентгельвине. — ЗВМО, 1961, ч. 90, вып. 3.
- Еськова Е. М. Гентгельвин из щелочных пегматитов. — Докл. АН СССР, 1957, 116, № 3.
- Лунц А. Минералогия и генезис гентгельвина из редкоземельных пегматитов щелочных гранитов Европейской части СССР. — Изв. АН ЛатвССР, 1963, № 6.
- Glass J. J., Jahn R. H., Stevens R. E. Helvite and danalite from New Mexico and the helvite group. — Amer. Mineralogist, 1944, 29, N 5—6.
- Glass J. J., Adams J. W. Genthelvit crystal from El Paso Country, Colorado. — Amer. Mineralogist, 1953, 38, N 9—10.
- Knorring O., Dyson K. Occurrence of genthelvite in Nigeria. — Amer. Mineralogist, 1959, 44, N 11—12.

¹ Рентгенометрическое изучение гентгельвина проведено З. П. Размановой (Институт кристаллографии АН СССР).