

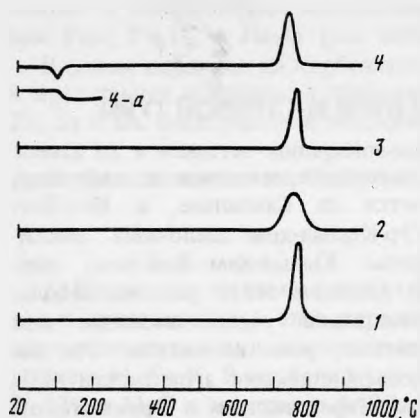
**ЧЕВКИНИТ ИЗ ФЕНИТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МАССИВОВ ВОСТОЧНОЙ ТУВЫ**

В восточной части Тувы известно свыше 30 щелочных массивов и дайковых полей. Подавляющее большинство их располагается на Сангилене, в Юго-Восточной Туве. Севернее, в междуречье Сарыг-Эр-Кызыл-хем щелочных массивов нет, а в Северо-Восточной Туве (междуречье Кызыл-хем—Бий-хем) описано всего 4 щелочных комплекса. Все щелочные массивы этого региона небольшие, площадью до 40 км<sup>2</sup> и сложены трахитоидными гастингситовыми или эгирин-авгит-геденбергитовыми нефелиновыми сиенитами, реже ийолитами. Эти породы характеризуются миаскитовым составом с коэффициентом агаптитности  $\leq 1$ , но в Коргеретабинском, Дугдинском, Пичехольском, Терехольском и Оруктыгском массивах известны небольшие тела эгириновых и эгирин-лепидомелановых нефелиновых сиенитов, пегматитов и альбититов агапитового характера. В миаскитовых породах наблюдается незначительная примесь акцессорных редкометалльных минералов: сфена, циркона, ильменита, апатита и магнетита, в редких случаях — пирохлора. Агапитовые породы содержат обильную редкометалльную минерализацию. В них встречаются акцессорные минералы: эвдиалит, ринколит, бритолит, спенсит, катаплеит, эльпидит, лопарит, рамзаит, астрофиллит, ловенит, гиортдалит, велерит, бетафит и др. Общий уровень содержания редкометалльных минералов в агапитовых породах в 5–20 раз выше, чем в миаскитовых. Однако в целом для тувинских массивов характерно невысокое содержание редких элементов.

Практически все щелочные массивы Тувы сопровождаются ореолами фенитизации. Фениты чрезвычайно широко развиты и образуют также и самостоятельные поля в пределах Северо-Сангиленского щелочного пояса — региональной тектонической межблоковой зоны, протягивающейся более чем на 70 км и содержащей свыше 20 отдельных массивов, дайковых полей и крупных тел нефелиновых сиенитов, сиенитов, ийолитов, а также участков фенитизации [1]. Фенитизация здесь несомненно связана с проявлением щелочного магматизма, но развивается не только непосредственно вокруг отдельных щелочных интрузий, но и самостоятельно, вдоль зон тектонических нарушений. Таковы фенитовые поля в бассейнах рек Сольбельдер, Каргы, верховий рек Оруктыг, Харлы и южного истока р. Эрзин. Во всех случаях при фенитизации минимально изменяются чистые кальцитовые мраморы, лишь перекристаллизующиеся. Максимально интенсивно фенитизируются сланцы, превращающиеся в массивные эгирин-авгит-биотит-альбитовые породы, часто с канкринитом или нефелином. Граниты, диориты и лейкократовые гнейсы при фенитизации превращаются в сиенитоподобные пироксен-полевошпатовые породы.

При изучении фенитов Тувы нами был установлен низкий уровень их редкометалльной минерализации. Фенитизированные сланцы, диориты, амфиболиты и мраморы содержат редкую спорадическую вкрапленность апатита, циркона, ильменита, сфена, иногда шорломита. Участки фенитизированных гранитов более богаты редкометалльными минералами. В апогранитовых фенитах Дугдинского, Коргеретабинского, Улан-эргинского и Оруктыгского массивов содержится вкрапленность циркона, апатита и встречаются редкие кристаллы акцессорных пирохлора, бритолита, чевкинита, гадолинита, бетафита и гатчетолита [3].

Максимальные концентрации редкометалльных минералов содержатся в фенитизированных гранитных пегматитах, пегматоидных и щелочных гранитах, первоначально обогащенных минералами Ti, Nb, Zr и TR. Гранитные пегматиты широко распространены в Восточной Туве; наиболее крупные их поля известны на Сангилене, в Северо-Восточной Туве пегматиты развиты мало. Поблизости от щелочных интрузий пегма-



Кривые нагревания ДТА (1-4) чевкинита и кривая потери веса ТГ (4-а)

Массивы: 1, 2 — Уланэргинский (орб. 2 — кристаллический чевкинит); 3 — Коргеретабинский; 4 — Дугдинский. Дериwаtограф МОМ (Венгрия); скорость съемки 10 град/мин; аналитик Л.К. Фотина, ИМГРЭ (навески 150 мг)

титы встречены нами в верховьях рек Чахырттой, Улан-Эрге и Хурхерен-гол, Баянкол, Сольбельдер и Малый Пучук, а также к северу от оз. Дахунур.

В бассейне рек Улан-Эрге и Чахырттой нами обнаружены тела древних гранитных пегматитов мощностью до 25 м, первоначально содержавшие концентрации циркона, сфена, турмалина, фосфата TR, ортита и гадолинита. В скаль-

ных стенках русла верховий р. Улан-Эрге наблюдаются выходы фенитизированных гранитных пегматитов с четкой первичной зональностью и мощным кварцевым ядром. Эти пегматиты пересечены прожилками и содержат гнезда сахаровидного альбита с обильной вкрапленностью длиннопризматических кристаллов циркона.

Чевкинит — характерный минерал фенитизированных пегматитов и образует в них таблитчато-призматические кристаллы размером до 7 X 3 X 2 см с неровными гранями. Эти кристаллы трещиноваты и обычно раскалываются и выкрашиваются при раскалывании шгуфов. Наиболее крупные кристаллы чевкинита встречены в пегматитах, вскрытых каньоном р. Улан-Эрге. Редкие мелкие (до 0,5 см) кристаллы чевкинита обнаружены в фенитизированных пегматоидных гранитах к западу от истока р. Хурхерен-гол, в апогранитовых фенитах у северного контакта Коргеретабинского массива и в арфведсонит-кварцевых прожилках среди фенитов Коргеретабинского и Оруктыгского массивов. Во всех этих случаях чевкинит образует уплощенные кристаллы с неровными гранями, врастающие в кварцевый агрегат, нарастающие на крупных кристаллах арфведсонита или микроклин-пертита или располагающиеся в сахаровидном альбите. Повсеместно чевкинит ассоциирует с циртолитом, бетафитом, молибденитом и апатитом.

В Дугдинском массиве чевкинит обнаружен В.С. Кудриным среди слабо фенитизированных пород в виде вкрапленности в рибекитовых гранитах. Однако к юго-востоку от этого участка, за пределами фенитового ореола, нами встречено крупное тело щелочных рибекитовых гранитов с вкрапленностью ортита, гадолинита, пироклора и флюорита. Вероятно, неравномерно фенитизированные жилы чевкинитсодержащих "гранитов" образуются при изменении щелочных гранитов в ходе фенитизации. И здесь чевкинит образует мелкие (до 5 мм в длину) уплощенно-шестоватые или таблитчатые кристаллы с неровными гранями и ассоциирует с бетафитом, циртолитом, молибденитом и флюоритом. Редкие кристаллы чевкинита в той же ассоциации встречены в дайках фенитизированных гранитов с эгирин-авгитом в 1 км к северу от Дугдинского массива.

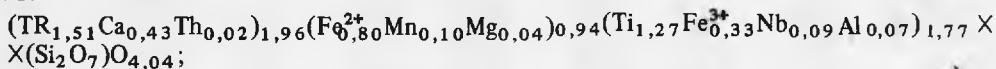
Таким образом, чевкинит присутствует в качестве акцессорного минерала в фенитах ряда тувинских массивов, но образует концентрации только в участках фенитизации пород, первоначально значительно обогащенных минералами TR, чаще всего ортитом. Ассоциация чевкинита при этом постоянна, и его спутниками являются циртолит, бетафит (менделеевит), иногда гадолинит, молибденит и флюорит.

Свойства чевкинита из всех изученных массивов идентичны. Он черного цвета, с сильным смолистым блеском на свежем сколе, раковистым изломом, хрупок, плотность его 4,62—4,70 г/см<sup>3</sup>; повсеместно рентгеноаморфен. При прокаливании его кристаллическая структура восстанавливается при 850—860°C, и на его кривых нагревания фиксируется экзотермический пик (см. рисунок). Иногда на них проявляется и небольшой эндотермический пик при 100—120°C, обусловленный выделением воды

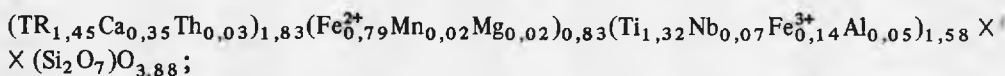
и сопровождающийся потерей веса до 2%. Оптически чевкинит изотропен,  $N = 2,00-2,05$ . В некоторых крупных кристаллах чевкинита из фенитизированных пегматитов массива Улан-Эрге отмечается зональность и вокруг изотропного ядра тонкая периферическая кайма (до 1 мм) сложена агрегатом мелких анизотропных зерен чевкинита с сильным плеохроизмом в бурых тонах. Для этих кристаллов определены  $N_g = 2,09$  и  $N_p = 2,04$ ; анизотропный чевкинит двуосный отрицательный. Дебаеграммы анизотропного чевкинита крайне низкого качества, на них выделяется от 5 до 10 слабых размытых линий.

Химический состав чевкинита из различных мест относительно стабилен. В нем варьирует содержание Th и Nb, количество же прочих компонентов меняется мало (табл. 1). Результаты химического анализа различных образцов пересчитываются на типовую формулу чевкинита  $TR_2Fe^{2+}Ti_2(Si_2O_7)O_4$  достаточно хорошо:

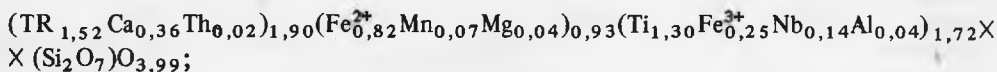
ан. 1.



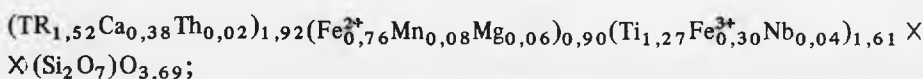
ан. 2.



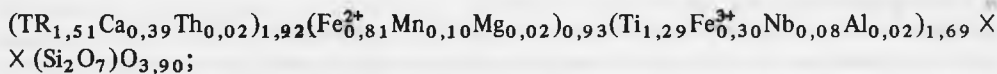
ан. 3.



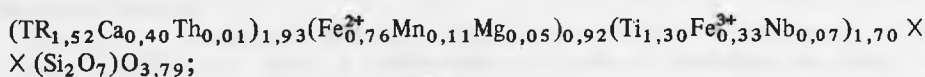
ан. 4.



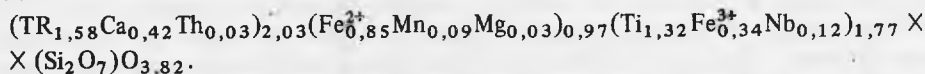
ан. 5.



ан. 6.



ан. 7.



Содержание основных компонентов в чевкините выдержанно, однако во всех проанализированных образцах отмечается дефицит катионов, особенно значительный в группах  $Fe^{2+}$  и Ti. Коэффициент при группе Ti устойчиво меньше 1,8 даже при введении в эту группу всего Al.

Спектральным анализом в чевкините фиксируется также присутствие примеси Sc, Ba, Be, Zr, Zп и V в количестве  $< 0,01\%$ . Соотношение редкоземельных элементов и скандия в чевкините также стабильно и характеризуется резким преобладанием элементов цериевой группы при крайне малом содержании элементов иттриевой группы и содержании скандия 2–5,8% (табл. 2). В целом по составу тувинский чевкинит близок к чевкиниту из Ильменских и Вишневых гор на Урале и из других мест.

Сопоставление условий нахождения чевкинита из различных регионов показывает, что чевкинит является характернейшим аксессуарным минералом фенитов и фенитизированных пегматитов. Во всех случаях идентичны и ассоциации чевкинита, и он со-

Таблица 1

Химический состав и свойства чевкинита

Компоненты	Улан-Эрге						Коргередаба	
	1		2		3		4	
	мас. %	атом. кол-во	мас. %	атом. кол-во	мас. %	атом. кол-во	мас. %	атом. кол-во
SiO <sub>2</sub>	20,29	0,3281	20,85	0,3475	19,77	0,3295	20,23	0,3438
TiO <sub>2</sub>	16,68	0,2085	18,43	0,2303	17,06	0,2132	17,54	0,2192
ThO <sub>2</sub>	0,79	0,0030	1,61	0,0061	1,12	0,0042	0,60	0,0022
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,78	0,0122	1,63	0,0117	3,26	0,0235	0,71	0,0051
TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	41,93	0,2505	41,12	0,2429	41,26	0,2501	42,92	0,2595
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,62	0,0121	0,44	0,0086	0,30	0,0058	0,17	0,0033
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,11	0,0514	1,90	0,0238	3,38	0,0423	4,16	0,0520
FeO	9,60	0,1330	9,85	0,1368	9,75	0,1354	9,39	0,1304
MnO	0,91	0,0126	0,24	0,0034	0,82	0,0115	0,95	0,0134
MgO	0,25	0,0062	0,18	0,0045	0,24	0,0060	0,38	0,0095
CaO	3,93	0,0702	3,41	0,0609	3,34	0,0596	3,71	0,0662
Прочие	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	100,89	—	100,66	—	100,30	—	100,76	—
Аналитик	А.В. Быкова						Г.В. Любомилова	
Плотность, г/см <sup>3</sup>	4,65		4,62		4,70		4,64	
n	2,00		2,02		2,02		2,05	

Таблица 2

Содержание редкоземельных элементов и скандия в чевкините из Тувы (ΣTR = 100 %)

Массив	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Y	Sc	
Улан-Эрге															
(1)	32	52	3	10	1	0,2	0,4	—	0,1	—	0,2	0,1	1	3,5	
(2)	32	54	3	8,7	0,5	0,1	0,3	0,05	0,1	0,05	0,1	0,1	1	3,3	
(3)	30	53	4	12	0,4	—	0,5	—	0,1	—	—	—	—	—	
Коргередаба															
(4)	30	53	3,2	10,1	1,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1,2	5,1	
(5)	31	50	4	11	1,2	0,1	0,7	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1,3	5,8	
Оруктыг	(6)	34	50	3	9	1,3	0,1	0,6	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	2,1	3,8
Терехоль		32	52	3	9	1	0,1	0,8	—	0,1	—	0,2	0,1	1,7	4,1
Дугду	(7)	32	52	4,2	9	0,4	0,1	0,7	0,1	0,2	—	0,2	0,1	1	3,5
Дугду		37	45	4	12	1	—	0,9	—	0,1	—	—	—	—	
Чавач		30	47	4	11	1,5	0,2	1,4	0,2	0,5	0,1	0,3	0,2	3,6	6,1
Урал	(10) [4]	34	51	3,8	11	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	

Примечание. Анализы приведены по данным автора и выполнены в лаборатории ИМГРЭ рентгеноспектральным и спектральным количественным методами; аналитик Л.Г. Логинова. Номера в скобках отвечают номерам химических анализов в табл. 1.

Коргередаба		Оруктыг		Дугду		Улан-Эрге [3]		Урал [4]
5		6		7		8	9	10
мас. %	атом. кол-во	мас. %	атом. кол-во	мас. %	атом. кол-во	мас. %		
19,92	0,3220	20,11	0,3352	19,11	0,3185	18,42	19,23	17,26
17,16	0,2145	17,30	0,2162	16,85	0,2100	16,40	19,61	15,94
0,71	0,0027	0,84	0,0032	1,33	0,0050	1,42	0,73	3,22
1,42	0,0103	1,67	0,0121	2,38	0,0172	4,52	0,01	7,40
41,33	0,2505	41,50	0,2515	41,86	0,2537	43,25	40,22	37,42
0,20	0,0039	—	—	0,14	0,0027	0,16	2,60	—
4,21	0,0526	4,37	0,0546	4,37	0,0546	2,56	2,17	1,80
9,69	0,1345	9,17	0,1274	9,73	0,1351	9,95	8,75	9,70
1,15	0,0162	1,24	0,0175	1,11	0,0156	0,25	1,11	0,91
0,21	0,0052	0,30	0,0075	0,21	0,0052	—	0,05	0,20
3,64	0,0650	3,77	0,0673	3,68	0,0657	1,76	2,49	3,79
—	—	—	—	—	—	1,18	1,16	1,60
99,64	—	100,27	—	100,77	—	98,87	98,13	99,24
Г.В. Любомилова		Т.А. Капитонова						
4,63		4,65		4,68		—		—
2,03		2,05		2,03		—		—

проводятся бетафитом и циртолитом. Особенно характерен чевкинит для фенитизированных пегматитов, первоначально обогащенных редкоземельными минералами, и образуется при их фенитизации и альбитизации. В арфведсонит-кварцевых жилах, пересекающих уже фенитизированные породы, чевкинит более поздний, чем в эгириновитовых жилах [2].

Чевкинит — устойчивый минерал и хорошо сохраняется, не изменяясь на поздних стадиях фенитизации. Лишь в Уланэргинском массиве кристаллы чевкинита часто с периферии окружены кавернозной коричневой массой, обохренной с поверхности. Эта масса оказалась кристаллическим агрегатом торнебомита. В зонах альбитизации фенитов у юго-западного контакта Уланэргинского массива на кавернозной поверхности кристаллов чевкинита в виде новообразований наблюдались мелкие кристаллы светло-коричневого бастнезита, а в отдельных образцах — агрегата бастнезита и сфена.

В гипергенных условиях холодного горного климата Восточной Тувы чевкинит не изменяется, содержащиеся в дезинтегрированном элювии его кристаллы совершенно свежие и лишь на старых сколах теряют сильный смолистый блеск, становясь более тусклыми.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Капустин Ю.Л. Новый, Северо-Сангиленский щелочной пояс, его петрогенезис и редкометалльная минерализация // Проблемы геологии редких элементов. М.: Наука, 1978. С. 58–76.
- Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Т. 2: Минералогия редких элементов / Под ред. К.А. Власова. М.: Наука, 1964. 745 с.
- Коркин В.И. Геологическое строение и редкометалльная минерализация щелочного массива Улан-Эрге (Южный Сангилен) // Краткие сообщения по научно-исследовательским работам за 1959 г. М.: ИМГРЭ, 1959. С. 104–110.
- Макарошкин Б.И., Гончарова К.А., Макарошкина М.С. Чевкинит из Ильменских гор // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. 1959. Ч. 88, вып. 5. С. 61–70.