

УДК 553.521 (477.62)

Е. В. Седова

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина

Акцессорные минералы редкометального каменномогильского комплекса Приазовья как показатели его рудоносности

В связи с сочетанием в гранитах каменномогильского комплекса акцессорных, жильных и рудных минералов, типичных для редкометальных гранитов с минералами, характерными для щелочных магматических пород с редкоземельным оруденением, появляется необходимость разграничения по этим минералам характерного для них редкометального и редкоземельного оруденения. Автор статьи на основе детальной характеристики акцессорных минералов каменномогильского комплекса показывает существующие различия между двумя типами оруденения.

Ключевые слова: Приазовский блок, каменномогильский комплекс, акцессорные минералы граниты, редкоземельно-редкометальная минерализация, альбитизация, грейзенизация.

Характеристика акцессорных минералов каменномогильских гранитов с редкометальным оруденением

К ним относятся минералы-концентраты редких металлов и сопутствующие редкометальному оруденению минералы, такие как топаз, флюорит, минералы группы танталита-колумбита, берилл, фенакит, циннвальдит, протолититонит (аннит), касситерит, вольфрамит, молибденит и другие.

Топаз один из типоморфных минералов высокоглиноземистых фтористых гранитов. Он установлен в породах всех образований каменномогильского комплекса, кроме пород самих ранних амфибол- и амфибол-биотитовых разностей. Топаз присутствует в породах в довольно больших количествах: его содержание в гранитах каменномогильского массива составляет в среднем 1700 г/т [1]. В породах Стародубовского массива его содержание колеблется от 600 г/т в гранитах, до 10 кг/т в грейзенах [1, 2].

Топаз ассоциирует с флюоритом, мусковитом, кварцем (типичная грейзеновая ассоциация). В пегматитах помимо указанных минералов в ассоциации встречается берилл, колумбит, танталит и др. Кристаллы топаза часто содержат сингенетические включения флюорита, протолититонита (аннита), кварца, колумбита. Состав топазов довольно выдержанный (табл. 1).

Основной варьирующий параметр – содержание фтора. В некоторых случаях (анализы № 1, 6 табл. 1) группа [F, OH] целиком выполнена фтором. В других – гидроксил может слагать до трети этой группы. Содержание фтора в породах зависит от содержания в них других фторсодержащих фаз (флюорит, слюды).

Флюорит, как и топаз, являясь типоморфным минералом фтористых редкометальных гранитов. В качестве акцессорного, а иногда и породообразующего минерала он постоянно присутствует в породах всех четырех массивов. Флюорит также пользуется широким распространением в породах всех фазо-фациальных разностей гранитов, кроме самых ранних амфибол-биотитовых гранитов. Содержание его в гранитах примерно такое же, что и содержание топаза. В биотит-мусковитовых гранитах массива Каменные Могилы среднее содержание флюорита составляет 1758 г/т [1, 2]. В частично грейзенизированных разностях, содержание флюорита исчисляется килограммами на тонну. Среди грейзенов имеются флюорит-топаз-кварцевые обособления, в которых флюорит выступает как породообразующий минерал. В гранитах, пегматитах и аплитах флюорит образует рассеянную вкрапленность. Часто встречается в виде прожилков вместе с кварцем, мусковитом и т.п. Составы флюоритов комплекса приведены в табл. 2.

Таблица 1 – Химический состав топазов (вес, %) из пород Екатериновского (1–4) и Каменногильского (5–7) массивов

Компоненты	Гранит	Аплит	Пегматит	Пегматит	Гранит	Грейзен	измененный пегматит
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	32,70	34,85	33,10	33,94	32,40	27,90	32,88
Al ₂ O ₃	54,80	51,62	53,88	51,10	53,81	54,07	54,21
Fe ₂ O ₃	0,02	0,67	1,17	-	0,34	0,08	-
FeO	0,07	0,12	-	-	0,07	0,37	-
MgO	0,05	0,26	0,29	-	1,16	-	0,05
CaO	-	-	2,05	-	-	4,90	-
K ₂ O	-	0,34	0,13	-	-	0,02	0,19
Na ₂ O	-	0,28	0,51	-	-	0,16	0,07
H ₂ O ⁺	0,49	-	0,54	-	1,18	1,56	5,40
H ₂ O ⁻	-	1,80	0,38	1,16	-	-	0,08
P ₂ O ₅	-	-	-	-	0,12	0,09	0,28
F	20,40	17,50	13,49	12,84	19,20	20,03	12,20
O=F ₂	8,57	7,35	5,20	5,30	8,06	8,41	5,25
Σ	99,96	100,09	100,40	93,74	100,22	100,77	100,34

Примечание. Анализы по данным - 1, 5, 6 - Е.Я. Марченко [3]; 2 - Н.А. Елисеева и др. [4]; 3 - Ю.Ю. Юрка [5]; 4 - В.И. Кузьменко [6]; 7 - Е.Я. Марченко, Р.М. Полуновского [7].

Таблица 2 – Химический состав флюоритов из массивов Каменные Могили и Екатериновского (вес, %)

Компоненты	Массивы				
	Каменные Могили				Екатериновский
	1	2	3	4	5
CaF ₂	98,9	94,01	91,61	99,52	99,75
CaO _{общ}	71,1	не опр.	не опр.	51,00	51,10
ΣTR ₂ O ₃	0,15	0,19	0,31	не опр.	не опр.
SiO ₂	Нет	0,93	4,02	0,10	0,42
Al ₂ O ₃	0,10	1,10	0,28	нет	нет
Fe ₂ O _{3общ}	0,10	0,48	0,30	0,11	0,04
CaO	0,66	0,78	0,65	не опр.	не опр.
MnO	0,01	сл.	сл.	нет	нет
Na ₂ O	0,05	нет	нет	0,01	0,02
K ₂ O	0,04	нет	нет	0,03	0,03
S _{общ}	0,02	0,72	0,84	нет	нет
П.п.п.	нет	1,00	1,02	0,49	0,45
CO ₂	0,2	нет	0,43	не опр.	не опр.
H ₂ O	нет	нет	0,43	нет	нет
Σ	99,80	99,95	99,65	100,42	100,38
Элементный состав Ca/F	51,48/48,52	-/-	-/-	51,25/48,75	51,23/48,77

Примечания: 1 – зеленый из пустот в пегматите (стадия грейзенизации) [3]; 2 – фиолетовый из пегматита (TiO₂ – 0,04%, MgO – 0,44%) [8]; 3 – зеленый из прожилка в грейзенах (TiO₂ – 0,04%, MgO – 0,44%) [8]; 4 – фиолетовый из грейзенов (SrO – 0,17%) [9]; 5 – фиолетовый из гидротермальных прожилков в гранитах [9].

Монацит очень типичный аксессуарный минерал для гранитоидов каменногильского комплекса. Монацит характерен для кислых гранитоидов, бедных кальцием с низким содержанием пятиоксида фосфора и повышенными содержаниями суммы редких земель, что, обычно, приводит к выделению монацита вместо апатита. Поэтому, естественно, что его так много и в гранитоидах Каменногильского массива. По данным сводки [3], содержание его в этих гранитах составляет 40 г/т, а в аплитовидных разностях – 100 г/т. Наряду с монацитом магматического генезиса встречаются агрегаты мелких зерен монацита вместе с ксенотимом и магнетитом в апогранитах

Стародубовского массива, образующиеся при метасоматических проявлениях в зонах грейзенизации. Для монацита характерна высокая концентрация цериевых редких земель (табл. 3), т.е. раннее фракционирование монацита должно влиять на соотношение иттриевых и цериевых редких земель в расплаве.

Таблица 3 – Состав (в % от Σ TR) редких земель в акцессорном монаците из двуслюдяных гранитов Екатериновского массива [2]

La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tu	Yb	Lu	Y
21,6	45,1	5,6	17,8	2,1	–	1,9	0,2	0,6	–	0,1	–	–	–	5,0

Ксенотим присутствует в пегматитах, гранитах, апогранитных породах и кварцевых жилах Екатериновского, Каменномогильского и Стародубовского массивов. Содержание его в гранитах Каменномогильского массива составляет 7,1 г/т, в гранитах Екатериновского массива – 4,0 г/т [1, 10]. Наиболее распространен ксенотим в пегматитах Екатериновского массива в его центральных наиболее альбитизированных зонах, а также в альбитизированных апогранитах. Ксенотим из пегматитов Екатериновского массива имеет следующий состав: Σ TR₂O₃ - 56,3%, P₂O₅ – 35,1%, ThO₂ - 1,2% [3]. Ксенотим один из главных концентраторов иттриевого и иттербиевого оруденения. Зафиксировано наличие не менее чем двух генераций ксенотима – магматической - в гранитах и – метасоматической, в мусковит-альбит-микроклиновых апогранитах. В последних ксенотим является одним из рудных минералов на иттрий-REE.

Минералы группы колумбита-танталита являются наиболее важными с экономической точки зрения и самыми широко распространенными редкометальными минералами каменномогильского комплекса.

Самый ранний колумбит встречен в амфиболовых и амфибол-биотитовых гранитах Ново-Янисольского массива, где он ассоциирует с ортитом, цирконом, пироксеном, ильменитом, флюоритом и ксенотимом. Как было установлено [8], содержание этих минералов увеличивается в направлении от неизмененных пород к метасоматически измененным породам. В каменномогильских гранитах наблюдается увеличение содержания тантала в породах: от колумбита с содержанием Nb₂O₅ от 72 % до 76 % в биотитовых и амфибол-биотитовых гранитах до танталитовых разностей с содержанием Nb₂O₅ до 29 % в грейзенах и апогранитах, в которых, содержание Ta₂O₅ возрастает до 40 % и более (табл. 4).

Таблица 4 – Содержания окислов тантала и ниобия в гранитах каменномогильского комплекса

Окислы	1	2	3	4	5	6	7	8
Nb ₂ O ₅	72,30	68,20	64,32	46,30	75,69	72,15	51,11	29,20
Ta ₂ O ₅	5,40	10,65	12,23	31,70	2,52	7,05	16,00	42,10
TiO ₂	2,07	0,25	0,92	1,59	1,10	0,23	2,40	2,30
Примечание: Анализы №1 – 6 – Стародубовский массив (данные Л.Ф. Лавриненко и В.С. Мищенко [11]): 1- биотитовый гранит, 2, 4 – мусковит-биотитовый гранит, 5, 6 – коры выветривания на биотит-гранитах. Анализы № 7–8 – Каменномогильский массив (данные В.К. Осадчего, В.П. Куца [3]): 7 - биотитовые граниты, 8 - грейзены.								

В биотитовых и биотит-мусковитовых гранитах Каменных Могил колумбит и танталоколумбит встречены в ассоциации с цирконом, протолититом (аннитом), мусковитом, топазом, а также турмалином, бериллом, гранатом, торитом, рутилом, касситеритом, магнетитом, монацитом, ксенотимом [11]. В ассоциации мусковитовых и мусковит-альбит-микроклиновых апогранитов минералы группы колумбита-танталита встречаются в ассоциации с флюоритом, мусковитом, цирконом, редкоземельными фосфатами и карбонатами.

Берилл Каменных Могил относится к группе слабощелочных, обогащенных железом (Fe⁺³) бериллов. Содержания Ca, Mg, Fe⁺² низкие, состав в целом имеет «нормативную» стехиометрию.

Берилл ассоциирует в пегматитах Каменных Могил с альбитом, мусковитом, колумбитом, топазом. Акцессорный берилл был обнаружен также в грейзенизированных разностях гранитов.

Фенакит был установлен в альбитизированных и грейзенизированных участках пегматитовых жил массива Каменные Могилы [12]. Содержания его здесь – десятки г/т. Фенакит развит в ассоциации с кварцем, мусковитом, альбитом и флюоритом.

Касситерит, наряду с бериллом, принадлежит к первым минералам, типоморфным для редкометальных гранитов, которые были обнаружены в массивах каменномогильского комплекса. Установлено, что касситерит присутствует в следующих типах пород комплекса: 1) в относительно малоизмененных двуслюдяных гранитах Екатериновского массива; 2) в кварц-флюоритовых прожилках в двуслюдяных гранитах Каменных Могил; 3) в пегматитах (скорее всего грейзенизированных) Каменных Могил; 4) в мусковит-альбит-микроклиновых апогранитах Каменных Могил, Екатериновского и Стародубовского массивов; 5) в кварцевых альбититах Каменных Могил и других массивов; 6) в грейзенизированных породах.

Чаще всего, этот минерал встречается в продуктах ранней фельдшпатизации – кварцевых альбититах и, особенно, в апогранитах. Характерно, что телам гранитов с редкоземельной минерализацией, разбуренным в Екатериновском и Стародубовском массивах, на поверхности соответствуют ореолы (элювиальные россыпи) касситерита.

Fe-Ti – оксиды. Ильменит и магнетит. Магнетит в неизмененных гранитах каменномогильского комплекса, по нашим наблюдениям, отсутствует. Он появляется только в грейзенах и существенно грейзенизированных породах. В неизмененных породах массивов в изобилии присутствует **ильменит**. Особенно много его в роговообманковых и биотит-роговообманковых разностях гранитов и граносиенитов. В пробах из этих пород, по данным количественно-минералогического анализа (данные Приазовской КГП) средние содержания ильменита составляют 500 – 600 г/т. Ильменит присутствует в них в виде коротких кристаллов, ксеноморфных зерен и часто образует включения в роговой обманке, цирконе, иногда в сростках с апатитом.

В биотитовых и, особенно, биотит-мусковитовых гранитах ильменита значительно меньше, чем в роговообманковых разностях. Этому соответствуют и данные анализов – 145 г/т [2]. Сфен в этих породах также не обнаружен. Титан преимущественно концентрируется в рутиле и (или) в анатазе.

Реликтовый ильменит может служить одним из индикаторов первичной природы мусковит-альбит-микроклиновых (\pm биотит) апогранитов. В апогранитах по двуслюдяным разностям ильменит, как и следовало ожидать, не встречается.

Наличие среди акцессорных минералов гранитов ильменита или магнетита является самым простым, легко устанавливаемым, но в то же время достаточно определенным индикатором кислородного режима при формировании пород, который может отвечать более восстановительной (ильменитовая серия гранитоидов) или более окислительной (магнетитовая серия) среде. Это важный индикатор, определяющий пути эволюции расплава и, в конечном счете, его металлогеническую специализацию.

Фосфаты. Содержание фосфора в расплавах редкометальных гранитов и его поведение, особенно на поздних стадиях их дифференциации, – важный индикаторный признак, указывающий на источник расплава и влияющий на его металлогеническую специализацию [13]. Поэтому здесь и рассматриваются акцессорные фосфаты, которые (по крайней мере, некоторые их генерации) могут служить индикаторами (apatит, монацит и ксенотим особо) отдельно от других концентраторов иттрия и редких земель, к которым они принадлежат.

Апатит. В гранитах каменномогильского комплекса апатит распространен сравнительно слабо и не принадлежит к числу главных акцессориев гранитов рассматриваемого комплекса [2], несмотря на то, что он самый обычный и наиболее часто встречающийся акцессорный минерал гранитов. Это обстоятельство связано с низкофосфорным и низкокальциевым характером гранитов каменномогильского комплекса. Тем не менее, апатит в гранитах комплекса все же присутствует. Причем наиболее характерен он для самых ранних фаз гранитоидов и наиболее распространен в роговообманково-биотитовых гранитах Ново-Янисольского и Екатериновского массивов. В Ново-Янисольском массиве он присутствует преимущественно в виде фтор-apatита и является главным концентратором фтора на ранних стадиях дифференциации до появления флюорита и топаза.

Характеристика акцессорных минералов каменноугольных гранитов с редкоземельным оруденением

Они представлены минералами-концентраторами иттрия и редких земель, такими как пирохлор, сфен, Y-ксенотим, бритоцит, фергусонит, чевкинит, циртоцит, рабдофанит, паризит, бастнезит.

Акцессорные минералы, рассматриваемые здесь, являются важными концентраторами Y и REE. Последние, однако, рассеиваются, особенно в магматических породах, а также в породообразующих минералах – в биотите, роговой обманке, а легкие REE – и в полевых шпатах.

Сфен. В работе [1] В.В. Ляхович отмечал практически полное отсутствие сфена в гранитах и апогранитах каменноугольного комплекса. Это справедливо для биотитовых и двуслюдяных гранитов, пегматитов, аплитов. Расплавы, из которых формировались эти породы, в целом обогащались фтором на общем фоне обеднения кальцием и эти компоненты связывались во флюорите, а титан образовывал рутил (анатаз). Но в амфиболовых разностях гранитов комплекса сфен – один из постоянно присутствующих акцессориев. Он наблюдался автором настоящей работы в шлифах из роговообманковых (+биотит) гранитов Ново-Янисольского массива в виде характерных ромбовидных или округлых кристалликов. Постоянное присутствие сфена в граносиенитах и биотит-роговообманковых гранитах западного блока массива Каменные Могилы установлено было в искусственных шлифах [3].

Таким образом, сфен оказывается, одним из акцессориев – четких индикаторов различий между амфиболовыми и слюдяными разностями каменноугольных гранитоидов. Тем более важно и то, что сфен обычно выступает в качестве одного из концентраторов иттрия и редких земель на ранних стадиях кристаллизации гранитных расплавов.

Фергусонит. Этот сложный окисел Nb, Ta и редких земель (причем характерное соотношение $\Sigma TR/Nb+Ta$ (в окисной форме) составляет порядка 5/4) обычно встречается в щелочных породах и в карбонатитах. Фергусонит – чаще (раннее считался постоянно) селективно иттриевый минерал и только в карбонатитах черниговского карбонатитового комплекса Западного Приазовья (вторая находка в мире) он содержит цериевые земли. Еще он характерен для пород октябрьского и южнокальчикского комплексов Восточного Приазовья. Однако его постоянное присутствие было установлено в граносиенитах и амфиболовых гранитах массива Каменные Могилы [3]. Позднее он был встречен также в амфиболовых разностях гранитов других массивов комплекса. Имеются также указания на наличие реликтового фергусонита в мусковит-альбит-микроклиновых апогранитах по амфиболовым гранитам Стародубовского (и Ново-Янисольского?) массивов [11]. В этих породах он замещается частично колумбитом.

Чевкинит. Этот фторсодержащий диортосиликат редких земель (преимущественно цериевых) и титана обычно считается характерным для щелочных метасоматитов и пегматитов миаскитового состава. Он известен также в основных породах и монцититах. Но в Ново-Янисольском массиве каменноугольного комплекса, характерно его присутствие в качестве акцессорного в практически неизменных граносиенитах и роговообманковых гранитах. Позднее, по данным количественно-минералогических анализов было установлено систематическое присутствие этого акцессория в амфиболсодержащих разностях Каменных Могил и других массивов комплекса. В этих породах он присутствует в ассоциации с фергусонитом, ортитом, сфеном, цирконом и цирконом-циртоцитом. Характерно, что главные концентраторы фтора – топаз и флюорит в эти породы не входят, или присутствуют в незначительных количествах (флюорит).

Для неизменных биотитовых и двуслюдяных гранитов комплекса чевкинит не характерен. В апогранитах Стародубовского и Екатериновского массивов также было установлено присутствие чевкинита [14]. В апогранитах, однако, чевкинит, надо полагать, вторичный, появляется уже в ассоциации метасоматических редкоземельных и других минералов, включая бритоцит, вторичный циртоцит, паризит, бастнезит, рабдофанит.

Бритоцит. Этот водный фтор- и фосфорсодержащий редкоземельный силикат, также как и предыдущие минералы, характерен для щелочных метасоматитов, в частности, октябрьского комплекса Восточного Приазовья. Однако иттриевый бритоцит присутствует и в мусковит-альбит-микроклиновых продуктивных (на Y – Yb) апогранитах Стародубовского и Екатериновского массивов, и является там одним из главных рудных минералов.

Паризит. Этот карбонат кальция и редких земель был установлен в различных типах гранитов, пегматитов и апогранитов комплекса по данным анализа искусственных шлихов. Доказано, что генезис паризита в пегматитах Каменных Могили является постмагматическим, гидротермальным, весьма низкотемпературным $\sim 190 - 160^\circ\text{C}$ [15]. Возможно, относительно широкое его распространение (если можно так сказать применительно к аксессуарии, содержание которого в породах обычно не превышает 10 – 20 г/т) обусловлено экстенсивной, широко проявленной на площади массивов, но слабой, проработкой пород комплекса богатыми CO_2 флюидами на поздних стадиях постмагматических процессов.

Бастнезит. Этот редкоземельный карбонат, в отличие от паризита, зафиксирован только в метасоматических апогранитах комплекса, где является одним из рудных минералов-концентраторов иттрия и иттриевых земель (в рудных апогранитах Стародубовского и Екатериновского массивов). Для бастнезита характерно его развитие за счет бритолита и пирохлора при низкотемпературных гидротермальных процессах. Он обычно наследует состав этих минералов в отношении REE.

Циркон относится к числу самых распространенных аксессуариев гранитов изучаемого комплекса. По данным [1], биотитовые граниты массива Каменные Могилы содержат в среднем 374 г/т циркона (при среднем содержании цирконов в Приазовских гранитоидах примерно 200 г/т). Наиболее высокие содержания циркона отмечались в биотит-роговообманковых гранитах (до 1900 г/т), что в определенной мере подобно Южно-Кальчикскому массиву, где в сиенитах его больше, чем в гранитах.

Важно, что цирконы самых ранних генераций, встреченные в гранитах Ново-Янисольского и Екатериновского массивов, имеют очень высокие содержания отношения иттриевых земель к цериевым землям. В целом циркон присутствует во всех разностях гранитных и апогранитных пород. Однако, циркон всех генераций замещается цирконом-циртолитом

Циркон-циртолит - разновидность циркона, богатая изоморфными и минеральными примесями (Th, Y, P) является одним из наиболее распространенных аксессуариев в самых разных породах каменномогильского комплекса (табл. 5). Обладая габитусом циркона, циртолит, в отличие от прозрачного или полупрозрачного циркона, непрозрачен. В то же время от непрозрачного метамиктного (за счет радиоактивного вещества) циркона-малакона кристаллы циртолита отличаются матовым жирным блеском (блеск малакона – стеклянный), и рядом оптических и физических свойств.

Таблица 5 – Частичный химический анализ циртолита из мусковит-микроклин-альбитовых апогранитов Стародубовского массива

$\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$	Nb_2O_5	Ta_2O_5	ThO_2	U_3O_8	Hf
5,7	0,82	0,013	0,35	0,4	2,5

Примечание: Анализ выполнен в ИМГРЭ, г. Москва.

Циртолит присутствует как в неизмененных гранитах всех типов, так и в мусковит-альбит-микроклиновых апогранитах в количествах порядка 150 - 350 г/т. В рудных апогранитах Екатериновского и Стародубовского массивов содержания его существенно возрастают – здесь он один из рудных минералов.

Ортит (алланит) достаточно обычный минерал в биотитовых и биотит-роговообманковых разностях гранитов комплекса, несколько менее он распространен в биотит-мусковитовых гранитах. Встречается он и в пегматитах, где содержания его резко неравномерные. По данным [2] биотитовые граниты в массиве Каменные Могилы содержат в среднем 22,5 г/т ортита. В гранитах ортит образует рассеянную вкрапленность или мелкие включения в темноцветных минералах.

Как правило, ортиты из биотит-роговообманковых гранитов Ново-Янисольского и Екатериновского массивов характеризуются резким преобладанием легких цериевых земель над тяжелыми иттриевыми. То есть, ортит может быть одним из тех минералов, раннее фракционирование которых из расплава влияет на соотношение иттриевых и цериевых земель в остаточном расплаве. Отметим, что постоянная ассоциация ортита с амфиболом, ранним цирконом в граносиенитах и роговообманковых гранитах так же указывает на возможное раннее

фракционирование ортитов из расплавов. Это, впрочем, не исключает и более позднего появления его в пегматитах. В работе [16] отмечено, что фракционирование (вернее, кумуляция) ортита (вместе с цирконом и бритолином) происходила и в процессе формирования Азовского месторождения. В более поздних биотитовых сиенитах резко понижается концентрация Zr, TR и Y.

Критерии разграничения каменногильских гранитов с различными типами оруденения

Ассоциации акцессорных минералов (которые для концентраторов редких земель и редких металлов являются в данном случае и рудными минералами), характерные для различных типов гранитов и метасоматических апогранитных пород, представлены в табл. 6.

Таблица 6 – Сравнительная характеристика редкоземельных (амфиболовых и амфибол-биотитовых) и редкометалльных (биотитовых и двуслюдяных) гранитов каменногильского комплекса

Характеристики	Редкоземельные	Редкометалльные
Содержания фтора, флюорита и топаза (вес %)	F – 0,22; Топаз – н.о; CaF ₂ – 0,1 (в разностях с биотитом); в чисто амфиб. – н.о	F – 0,56; Топаз – 0,2; Флюорит – 0,4
Содержания редких земель (ΣTR) (г/т) и их минералов-концентраторов	Σ TR – 700; Y – 280; Yb – 30; La – 140; Ортит, сфен, фергусонит, чевкинит – присутствуют; Ксенотим – 25; Циркон – 245; Циртолит – 300	ΣTR – 170; Y – 13; Yb – 1; La – 30; Ксенотим – 5-10; Циртолит – 155
Содержания редких металлов (г/т)	Li ₂ O – 30; Rb ₂ O – 290; BeO – 5; Ta – 15; Nb – 60	Li ₂ O – 270; Rb ₂ O – 950; BeO – 30; Ta – 45; Nb – 290; Колумбит – 13

Главные выводы, сделанные из анализа табл. 6 и всего предшествующего материала данного раздела состоят в следующем:

1. Различные разновидности гранитов каменногильского комплекса содержат различные парагенетические ассоциации минералов: роговообманковые и биотит-роговообманковые граниты – ассоциацию преимущественно редкоземельных минералов: циркон-циртолит + ортит + фергусонит + чевкинит + апатит + монацит + ксенотим, практически лишенную редкометалльных минералов (за исключением циркона и фергусонита), таких как колумбит-танталит и др.

Биотитовые и двуслюдяные граниты, напротив, содержат редкометалльные минералы: циркон + колумбит-танталит ± касситерит ± Li-биотит, вместе с которыми могут присутствовать и минералы-концентраторы редких земель, но в меньшем количестве и с меньшим разнообразием минеральных видов, чем в роговообманковых. Эта тенденция еще сильнее выражена в пегматитах.

2. Указанная закономерность дополняется и распределением в породах главных минералов фтора – флюорита и топаза, минералов, которые являются определяющими для редкометалльных гранитов в той же степени, что и собственно минералы редких металлов. Флюорит и топаз отсутствуют в граносиенитах, и, возможно, в чисто-роговообманковых (без биотита) гранитах. В небольшом количестве флюорит вместе с биотитом появляется в биотит-роговообманковых разностях. И, наконец, биотитовые и двуслюдяные граниты и в еще большей степени пегматиты обычно содержат значительные количества флюорита и топаза.

3. Проявляется определенная аналогия при сравнении гранитов каменногильского комплекса с сиенитами и гранитами южнокальчикского комплекса. В тех и других REE и Zr и их минералы концентрируются в более ранних породах – сиенитах, граносиенитах, биотит-амфиболовых гранитах, а Nb, Li, Rb, Sn в более поздних лейкократовых и аляскитовых гранитах.

Библиографический список

1. Ляхович В.В. Редкие элементы в акцессорных минералах гранитоидов / В.В. Ляхович. – М.: Недра, 1973. – 310 с.

2. Ляхович В.В. Акцессорные минералы в гранитоидах Советского Союза / В.В. Ляхович. – М.: Наука, 1967. – 447 с.
3. Минералогия Приазовья / [Е.К. Лазаренко, Л.Ф. Лавриненко, Н.И. Бучинская и др.]. – К.: Наук. думка, 1981. – 431 с.
4. Елисеев Н.А. Протерозойский интрузивный комплекс Восточного Приазовья / Н.А. Елисеев, В.Г. Кушев, Д.П. Виноградов. – М.: Наука, 1965. – 204 с.
5. Юрк Ю.Ю. Редкие минералы пегматитов Приазовья / Ю.Ю. Юрк. – К.: Изд. АН УССР, 1956. – 68 с.
6. Кузьменко В.И. О топазе в гранитах восточной части Приазовского кристаллического массива. Кн. 1 / В.И. Кузьменко // Материалы по геологии и гидрогеологии. – М.: Госгеолтехиздат, 1940. – С. 171-175.
7. Марченко Е.Я. Про зміщення топазу волокністим мусковитом / Е.Я. Марченко, Р.М. Полуновський // Доп. АН УРСР. – 1970. – Сер. Б, № 11. – С. 379-382.
8. Юрк Ю.Ю. Акцессорные минералы и элементы гранитоидов Приазовья / Ю.Ю. Юрк, Е.Я. Марченко, А.И. Чашка. – К.: Наук. думка, 1973. – 160 с.
9. Юрк Ю.Ю. Про особливості термолюмінісценції флюорита Українського кристалічного щита / Ю.Ю. Юрк, О.Н. Гурова, Э.П. Гуров // Доп. АН УРСР. – 1969. – Сер. Б, № 4. – С. 322-325.
10. Ляхович В.В. Акцессорные минералы протерозойских гранитоидов Приазовского кристаллического массива / В.В. Ляхович, Б.С. Панов // Вест. Киев. ун-та. Прикл. геохимия и петрофизика. - 1986. – № 13. – С. 51 – 55.
11. Лавриненко Л.Ф. Геохимия редкометальных гранитов Стародубовского массива / Л.Ф. Лавриненко, В.С. Мищенко // Геохимия. – 1968.
12. Байраков В.В. Перша знахідка акцесорного фенакіту у Приазов'ї / В.В. Байраков, Л.Ф. Лавріненко // Доп. АН УРСР. Сер. Б. – 1967. – № 12Ю. – С. 1055-1057.
13. Костицын Ю.А. Накопление редких элементов в гранитах / Ю.А. Костицын // Природа. – 2000. – №1 (1013). – С. 21-30.
14. Зацixa Б.В. Постмагматическая минерализация гранитоидов Каменных Могил (Приазовье) / Б.В. Зацixa // Рудообразующая среда по включениям в минералах. – М.: Наука, 1972. – С. 178-184.
15. Зацixa Б.В. Постмагматическая минерализация Приазовья (по данным исследования включений): автореф. дис. канд. геол.-мин. наук: спец. 04.00.20 / Зацixa Богдан Владимирович. – Львов, 1969. – 35 с.
16. Субщелочной докембрийский магматизм и тектоно-геофизические особенности Восточного Приазовья Украинского щита / [Е.М. Шеремет, С.Г. Кривдик, П.И. Пигулевский и др.]; под ред. А.В. Анциферова. - Донецк: Ноулидж (Донецкое отделение), 2010. – 289 с.

Надійшла до редакції 14.06.2012

О. В. Седова

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, Україна

Акцесорні мінерали рідкіснометального кам'яногильського комплексу Приазов'я як показники його рудоносності

У зв'язку з поєднанням в гранітах кам'яногильського комплексу акцесорних, жильних і рудних мінералів, типових для рідкіснометалевих гранітів з мінералами, характерними для лужних магматичних порід з рідкісноземельних зруденінням, з'являється необхідність розмежування по цих мінералах характерного для них рідкіснометалевого і рідкісноземельного зруденіння. Автори статті на основі детальної характеристики акцесорних мінералів кам'яногильського комплексу показують існуючі відмінності між двома типами зруденіння.

Ключові слова: Приазовський блок, кам'яногильський комплекс, акцесорні мінерали, граніти, рідкісноземельно-рідкіснометальна мінералізація, альбітизація, грейзенізація.

Ye. V. Sedova

Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine

Accessory Minerals of Priazovie Rare Metal Complex as Indicators of Its Ore Content

In the granites of this metal complex accessory and metallic minerals typical of rare metal granites are combined with minerals typical of alkaline igneous rocks with rare-earth mineralization. So there is the necessity of distinguishing between rare-metal and rare-earth mineralization typical of these minerals. Based on the detailed description of accessory minerals the author shows the differences between these two types of mineralization.

Key words: accessory minerals, granites, rare-earth-rare-metal mineralization, albitization, greysening.