

УДК 549.753.11(470.5)

СОСТАВ И ИСТОЧНИКИ ФЛЮИДОВ В СКАРНАХ МИНЕРАЛЬНЫХ КОПЕЙ КУСИНСКО-КОПАНСКОГО ИНТРУЗИВНОГО КОМПЛЕКСА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© 2011 г. Т. Д. Бочарникова, В. В. Холоднов, Е. С. Шагалов

*Институт геологии и геохимии УрО РАН
620075, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7
E-mail: Bocharnikova@igg.uran.ru*

Поступила в редакцию 21.10.2010 г.

Исследован состав галогенов в апатитах ряда южноуральских минеральных копей, связанных с Кусинско-Копанским интрузивным комплексом. Изучение показало, что состав апатита (Cl, F) зависит от расположения копи. Так, минеральные ассоциации Ахматовской и Прасковье-Евгеньевской копей, располагающихся на контакте с габброидами Кусинского и Медведевского массивов, соответственно, формировались при участии Cl-содержащих флюидов, имевших прямое отношение к становлению самих габбровых интрузий. При формировании скарнов Николае-Максимилиановской копи, расположенной в зоне контакта кусинских габброидов и гранито-гнейсов Губенского массива, основным источником фтора был Губенский гранитный массив, апатиты которого характеризуются высокими содержаниями этого элемента, что нашло отражение и в составе апатита из скарнов копи. Присутствие во всех минеральных копиях магнезиально-железистых боратов, в частности, магнезиолюдвигита, позволяет сделать заключение, что флюиды, кроме галогенов – хлора и фтора, содержали также и бор, заимствованный, возможно, из доломитов Саткинской свиты нижнего рифея.

Ключевые слова: Южный Урал, Кусинско-Копанский интрузивный комплекс, минеральные копи, апатит, галогены, источник флюида.

ВВЕДЕНИЕ

Скарновые минеральные ассоциации южноуральских копей (Еремеевская, Зеленцовская, Николае-Максимилиановская, Ахматовская, Прасковье-Евгеньевская и Перовскитовая), отличающиеся удивительным разнообразием минералов, с давних времен служат постоянным объектом внимания исследователей-минералогов, и просто любителей камня. Недаром В.О. Поляков назвал эти копи эталонными минералогическими объектами западного склона Южного Урала [8].

Самая первая, Ахматовская копь, была заложена в 1811г. и свое название получила по имени управителей Кусинского завода Ахматовых. Она расположена в 3 км к юго-западу от пос. Магнитка. Из нее добывались музейные штуфы граната, эпидота, везувиана, клинохлора, а также открытых здесь перовскита и разновидностей эпидота – букландита и багратионита. Кристаллы и условия нахождения этих минералов великолепно описаны Н.И. Кокшаровым (1856, 1858, 1862, 1870 г.).

Николае-Максимилиановская копь была открыта в 1867 году и названа в честь Президента С.-Петербургского Минералогического Общества герцога Николая Максимилиановича Лейхтенбергского. Подробное изучение минерального состава

Николае-Максимилиановской копи также было сделано в XIX в. горным инженером М.П. Мельниковым (1885 г.). В это же время была обнаружена и Прасковье-Евгеньевская копь, которая в середине XX в. была закартирована сотрудниками Свердловского Горного Института. Вся группа копей была описана И.В. Мушкетовым (1877 г.). В учебнике минералогии М. Медведева (1863 г.) для пятидесяти минералов эти копи указаны в качестве единственного или почти единственного местонахождения.

Дальнейшее минералогическое изучение копей на уровне современных методов исследования позволяет получать принципиально новую информацию об уже известных минералах, а иногда приводит к обнаружению новых.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОПЕЙ

Все копи расположены по западному контакту полосы среднерифейских габброидов с карбонатными толщами нижнего рифея. Габброиды тянутся почти на 70 км вдоль Зюраткульского разлома. Они слагают цепочку массивов, представленных с севера на юг: Кусинским, Медведевским, Копанским и Маткальским. Восточнее полосы габброидов тянет-

ся полоса гранитоидов, представленных гранито-гнейсами Губенского и микропегматитовыми гранитами Рябиновского массивов (рис. 1). Все массивы по времени формирования, по данным изотопного датирования, укладываются в узкий возрастной диапазон, составляющий 1385–1395 млн. лет [13].

4 копи связаны с Кусинским массивом, Прасковье-Евгеньевская и Перовскитовая – с Медведевским. Последняя расположена в карбонатных толщах, в 6 км севернее пос. Медведевка, около небольшого Айского скарново-магнетитового месторождения.

Копи приурочены к ксенолитам вмещающих массивы пород, представленных доломитами саткинской свиты нижнего рифея, реже кварцитами и роговиками. Как правило, ксенолиты расположены в приподоживенной части интрузий, и в ее лежащем боку. Форма ксенолитов обычно вытянутая, пластообразная. Мощность их, в основном, не превышает десятка метров, а длина по простиранию достигает 50–100 м. Ксенолиты есть во всех интрузиях, но связанные с ними копи имеют свои особенности скарновой и другой минерализации.

В **Ахматовской копи** доломиты на контакте с кусинскими габброидами преобразованы в пироксен-гранат-хлорит-амфиболовые породы. Минеральный парагенезис представлен диопсидом, шпинелью, гранатом (гроссуляр, андрадит), сфеном, цирконом, хлоритом, кальцитом, апатитом, оливином, магнетитом, эпидотом, скаполитом, везувианом, перовскитом и др. Здесь впервые [7] был установлен везувиан с высоким содержанием TiO_2 . Кроме того, в скарнах копи впервые обнаружена борная минерализация, представленная магнезиолюдвигитом [1].

В северной стенке выработки обнажается дайка плотного массивного пироксенового порфири-та зеленовато-серого цвета, без признаков рассланцевания. Порфировые выделения представлены авгитом, который иногда образует целые агрегаты зерен. По данным [10] пироксен представлен титанистым авгитом, в трещинках которого иногда наблюдается тонкая магнетитовая сыпь. В магнетите титан отсутствует, но обнаружен хром. На основе проведенных исследований, В.А Поповым сделано заключение, что большинство минералов в скарнах полигенерационно, (различные формы и окраска минералов, различные парагенезисы), что свидетельствует о многократности актов кристаллизации при различных условиях [9].

Минеральная ассоциация **Николае-Максимилиановской копи** приурочена к хлоритовым, хлорит-амфиболовым, тальк-амфиболовым и амфиболовым породам, развитым по карбонатам в зоне контакта габброидов Кусинской интрузии и гранито-гнейсов Губенского массива. Здесь присутствуют эпидот, диопсид, клинохлор, магнетит, ильменит, шпинель, сфен, перовскит, везувиан, фор-

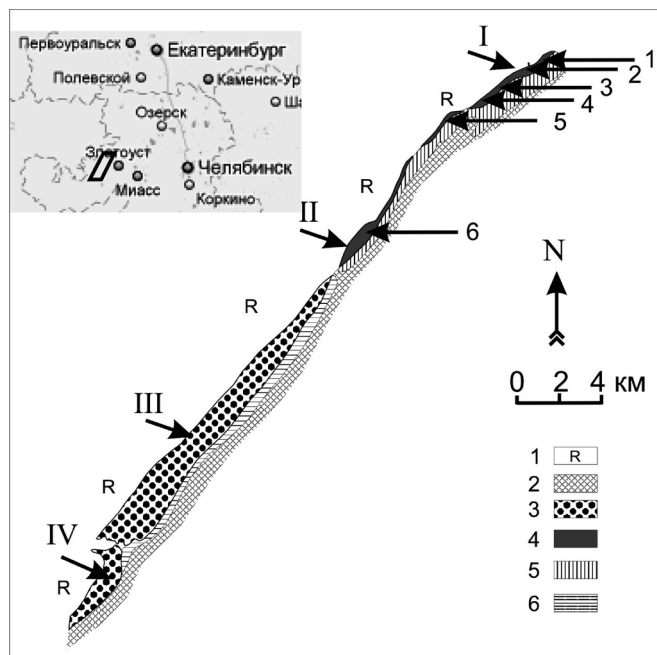


Рис. 1. Карта-схема расположения минеральных копей в пределах Кусинско-Копанского интрузивного комплекса (Южный Урал).

1 – доломиты саткинской свиты нижнего рифея, 2 – вулканы машакской свиты среднего рифея, 3 – габбро-нориты, 4 – амфиболовое габбро, 5 – гранито-гнейсы Губенского массива, 6 – гранофировые граниты Рябиновского массива. Массивы: I – Кусинский, II – Медведевский, III – Копанский, IV – Маткальский. Копи: 1 – Еремеевская, 2 – Зеленцовская, 3 – Николае-Максимилиановская, 4 – Ахматовская, 5 – Перовскитовая копь, 6 – Прасковье-Евгеньевская.

стерит, гранат (гроссуляр, андрадит), скаполит, апатит, валуевит (ксантофиллит), кальцит и др. Очень редко встречается циркон. В отличие от других копей, в Николае-Максимилиановской копи в изобилии присутствует железистая шпинель – цейлонит. Впервые в этой копи был открыт брусит [6], а также магнезиолюдвигит [1].

Прасковье-Евгеньевская копь располагается среди габброидов Медведевского массива и в настоящее время вскрыта Передовым карьером на Медведевском магнетит-ильменитовом месторождении. Минеральная ассоциация копи развивается по доломитам на контакте с габброидами южной части Медведевского массива. Она представлена эпидотом, гранатом (гроссуляр, андрадит), шпинелью, диопсидом, везувианом, сфеном, магнетитом, хлоритом, кальцитом, паргаситом, хондродитом, апатитом, флюоритом, турмалином и др. Впервые шпинель своеобразного зеленого цвета была описана здесь Густавом Розе (1840), который из-за ярко-зеленого цвета и особенности химического состава выделил ее под названием “хлорошпинель”. Н.Г. Сумин, изучив элементы-примеси в составе

хлорошпинели, сделал заключение, что она является магнезиально-цинковой шпинелью, стоящей в изоморфном ряду в промежутке между обычной магнезиальной шпинелью и цинковой шпинелью-ганимом [11, 12]. Кроме того, С.М. Александровым упоминается о присутствии в скарнах копи магнезиолюдвигита [1].

В Перовскитовой копи минеральная ассоциация представлена диопсидом, сфеном, хлоритом, кальцитом, апатитом, оливином, магнетитом, гранатом, везувианом и др. Как и в Ахматовской копи, здесь везувиан также имеет высокое содержание TiO_2 . По составу титанистые везувианы из Ахматовской и Перовскитовой копей очень близки. Имея в своем составе гидроксильную группу (ОН), везувиан Ахматовской копи содержит следы F, а везувиан Перовскитовой – следы Cl, в обоих случаях присутствуют следы B_2O_3 [7].

ГАЛОГЕНЫ (Cl, F) В АПАТИТАХ ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ КОПЕЙ

Все копи представляют интерес не только в минералогическом, но и в генетическом отноше-

нии. Проведенное нами изучение состава галогенов в апатитах из копей позволило получить новую информацию о составе и источниках флюидов, участвующих в формировании этих интереснейших минералогических объектов. В частности, был исследован состав галогенов в апатитах из скарнов и других пород Ахматовской, Николае-Максимилиановской, Прасковье-Евгеньевской и Перовскитовой копей.

Сравнительный анализ состава галогенов в апатите из этих копей показал, что апатиты по концентрациям Cl и F имеют существенное различие. Так, наиболее высокими содержаниями Cl в апатите характеризуются скарны Ахматовской и Прасковье-Евгеньевской копей, в первой – 0.15–0.35% Cl, при содержании фтора 0.38–0.89%, и во второй – 0.19–0.44% Cl, при содержании фтора 0.32–0.80% (табл. 1, 2, 3, рис. 2). При этом, в Прасковье-Евгеньевской копи апатиты в эпидот-гранатовом скарне (обр. кс-741-4) в сравнении с гранатовым скарном (обр. кс-741-3) имеют более высокие содержания Cl (0.33–0.44%), против 0.20–0.25%, при снижении концентраций F (0.39–0.59%, против 0.60–0.80%). Отношение Cl/F в первых составляет

Таблица 1. Содержание Cl и F в апатитах из пород Ахматовской копи (мас. %)

№ обр.	Размер и форма сечения кристалла апатита	Cl	F
кс-370	Мелкий таблитчатый, n = 3	0.22	0.38
	Мелкий гексагональный, n = 3	0.15	0.87
	То же, n = 3	0.18	0.89
кс-565	Мелкое включение, n = 5	0.24	0.60
	То же, n = 3	0.35	0.72
	То же, n = 4	0.20	0.66
кс-566	Небольшой неправильной формы, n = 6	0.26	0.60
	Мелкое включение, n = 3	0.24	0.59
	Большой таблитчатый, n = 8	0.23	0.65

Примечание. Кс-370, Кс-565 – пироксеновый порфирит, пироксен представлен авгитом; Кс-566 – пироксен-гранатовый скарн; n – количество анализов. Все определения в табл. 1–4 и 6–7 выполнены в ИГГ УрО РАН на микроанализаторе JXA-5, аналитик Л.К. Воронина.

Таблица 2. Содержание Cl, F в апатитах из пород Прасковье-Евгеньевской копи (мас. %)

№ обр.	Размер и форма сечения кристалла апатита	Cl	F
кс-741-3	Крупный таблитчатый, n = 17	0.19	0.62
	Мелкое включение, n = 6	0.20	0.66
	Небольшой таблитчатый, n = 18	0.20	0.67
	Большой таблитчатый, n = 18	0.25	0.80
	Большой гексагональный, n = 15	0.20	0.62
	Небольшой таблитчатый, n = 10	0.22	0.62
кс-741-4	Мелкое включение, n = 15	0.25	0.48
	Мелкий таблитчатый, n = 6	0.33	0.39
	То же, n = 11	0.40	0.40
	То же, n = 13	0.44	0.39
	Мелкий изометричный, n = 6	0.33	0.32
	То же, n = 5	0.37	0.49
	То же, n = 8	0.33	0.59

Примечание. Кс-741-3 – гранатовый скарн, Кс-741-4 – эпидот-гранатовый скарн.

Таблица 3. Содержание Cl, F в апатитах из пород Николае-Максимилиановской и Перовскитовой копей (мас. %)

№ обр	Размер и форма сечения кристалла апатита	Cl	F
кс-433	Небольшой таблитчатый, n = 3	0.03	4.10
	Небольшой неправильной формы, n = 5	0.17	4.49
	Мелкий, включенный в амфибол, n = 4	0.01	2.60
	Мелкий, включенный в амфибол, n = 5	0.03	2.83
	Мелкий на границе с амфиболом, n = 3	0.02	3.14
пер-1	Мелкое включение, n = 4	0.04	0.20
	То же, n = 5	0.03	0.21
	То же, n = 4	0.02	0.19
	То же, n = 3	0.03	0.17

Примечание. Кс-433 – Николае-Максимилиановская копь, перовскит-шпинелевая порода; Пер.-1 – Перовскитовая копь, магнетит-перовскит-кальцитовая порода, (образец любезно предоставлен В.А. Поповым).

в среднем 0.80, во вторых – 0.35. По-видимому, с появлением в составе скарнов более поздних “водных” минералов – эпидота и др. во флюиде возрастают концентрации Cl.

Апатит из перовскит-шпинелевой породы Николае-Максимилиановской копи и апатит перовскит-шпинелевой породы Перовскитовой копи характеризуется минимальными содержаниями Cl, составляющими сотые доли процента (табл. 3). При этом, апатит Николае-Максимилиановской копи содержит высокие концентрации фтора 2.6–4.5%, а апатит Перовскитовой копи – минимально низкие, около 0.20% F.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Из наших данных следует, что состав и источники флюидов, принимавших участие в формировании минеральных ассоциаций рассмотренных копей, различны. Более ранний, скарновый парагенезис копей формировался при более высоком со-

держании Cl во флюиде, тогда как более поздние минеральные ассоциации с перовскитом, шпинелью и магнетитом, были сформированы из бедных Cl флюидов, существенно различающихся по содержаниям F (Перовскитовая и Николае-Максимилиановская копи).

Об этом свидетельствуют и данные по наличию и составу борной минерализации в породах и минеральных копиях интрузивного Кусинско-Копанского комплекса. Борная минерализация в копиях представлена, в основном, магнезиально-железистыми

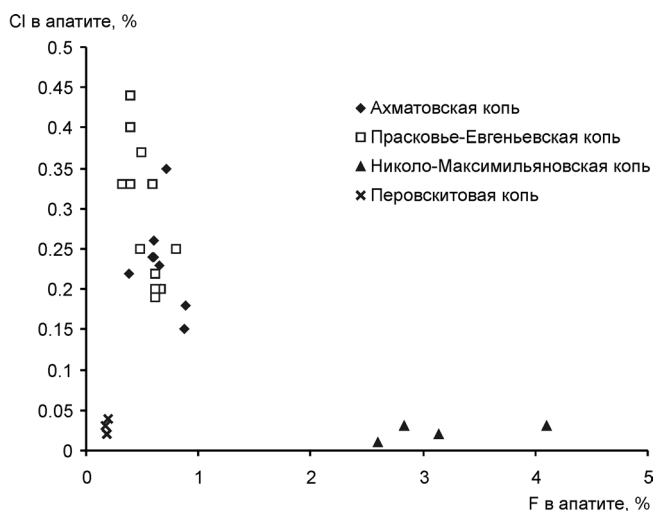


Рис. 2. Соотношение Cl и F в апатитах из минеральных копей, связанных с Кусинско-Копанским интрузивным комплексом.

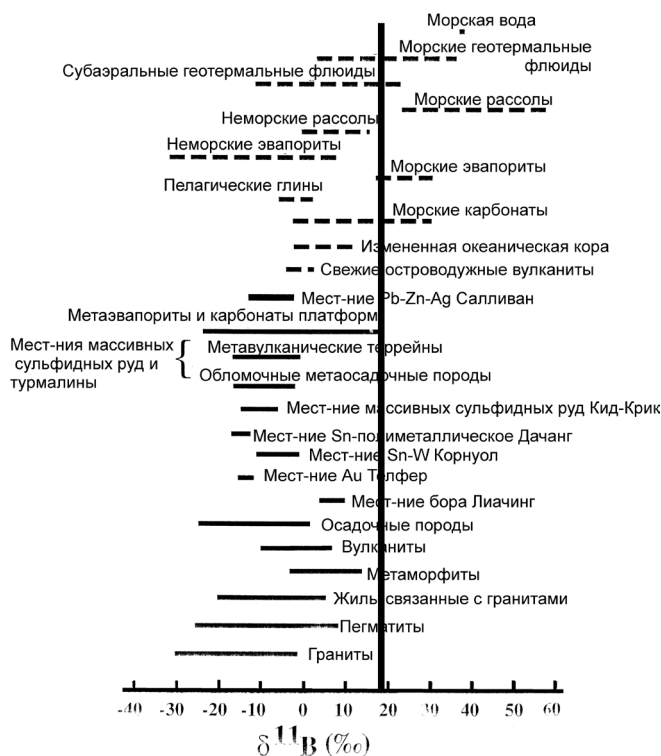


Рис. 3. Вариации $\delta^{11}\text{B}$ в турмалинах, породах или флюидах из различных геологических объектов по данным [14].

Вертикальной линией выделено значение $\delta^{11}\text{B}$ в людвигите Прасковье-Евгеньевской копи.

Таблица 4. Состав магнетита из минеральных копей Кусинско-Копанского интрузивного комплекса (мас. %)

Оксиды	1	2	3	4	5	6
FeO	98.38	85.66	90.99	96.67	Не опр.	Не опр.
MgO	0.20	12.09	6.59	1.93	2.20	0.01
TiO ₂	0.13	0.05	0.11	0.15	0.03	0.02
MnO	0.11	1.59	1.77	0.43	0.35	2.18
Al ₂ O ₃	0.05	0.27	0.26	0.05	0.11	0.18
Cr ₂ O ₃	Не опр.	Не опр.	0.04	Не опр.	0.02	0.04
V ₂ O ₅	Не опр.	Не опр.	0.22	Не опр.	0.13	0
Сумма	98.87	99.65	99.98	99.23	—	—

Примечание. 1 – Ахматовская копь, пироксен-гранатовый скарн, обр. Кс-566; 2 – Зеленцовская копь, порода, состоящая из оливина и магнетита, обр. Кс-42/3; 3 – Николае-Максимилиановская копь, перовскит-шпинелевая порода, обр. Кс-433; 4 – Перовскитовая копь, магнетит-перовскит-кальцитовая порода, обр. Пер-1; 5 – Прасковье-Евгеньевская копь, мрамор, обр. Кс-744; 6 – Прасковье-Евгеньевская копь, эпидотсодержащая карбонатная порода, обр. Кс-745.

Таблица 5. Состав магнезиолюдвигита из скарнов копей (мас. %)

	Ахматовская*		Николае-Максимилиановская*	Прасковье-Евгеньевская
FeO	47.47	49.49	46.59	42.64
MgO	33.26	32.74	26.54	35.50
TiO ₂	0.07	0.01	0.26	0.00
MnO	0.02	0.10	0.01	0.08
Al ₂ O ₃	0.17	0.14	0.30	0.43
Cr ₂ O ₃	0.06	0.04	6.50	0.04
V ₂ O ₅	Не опр.	Не опр.	0.12	0.07
Sb ₂ O ₃	0.00	0.03	Не опр.	0.00
SiO ₂	0.08	0.02	0.14	0.01
SnO ₂	0.03	0.00	0.00	0.00
CaO	0.22	0.29	0.27	0.08
NiO	Не опр.	Не опр.	0.09	0.01
B ₂ O ₃	16.68	16.85	15.89	17.84
Сумма	98.06	99.71	96.71	96.70

Примечание. Анализы выполнены в ИГТ УрО РАН на микроанализаторе Cameca SX-100, аналитик Д.А. Замятин;
* – данные [1].

Таблица 6. Состав шпинели из скарнов и других пород Николае-Максимилиановской и Прасковье-Евгеньевской копей (мас. %)

№	MgO	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	ZnO	CoO	Сумма
1	22.81	8.12	0.04	68.40	0.35	0.08	0.00	Не опр.	Не опр.	99.80
2	14.32	7.90	Не опр.	60.96	0.60	Не опр.	Не опр.	16.90	0.30	100.68

Примечание. 1 – Николае-Максимилиановская копь, перовскит-шпинелевая порода, обр. Кс-433; 2 – Прасковье-Евгеньевская копь, данные [11].

боратами, в частности, магнезиолюдвигитом. На возможность морского источника бора во флюиде указывают данные изотопного анализа бора в людвигите Прасковье-Евгеньевской копии. Так, величина $\delta^{11}\text{B} = +18.3\text{‰}$ попадает в интервал значений, соответствующих морским осадкам (рис. 3). Из этого следует, что источником бора во флюиде могли быть и доломиты саткинской свиты.

С характером флюидного режима согласуются и некоторые из особенностей минерального состава исследованных копей. Для состава магнетита всех копей характерны низкие содержания TiO₂, Cr₂O₃ и V₂O₅ при существенных вариациях в содержаниях MgO и MnO (табл. 4). Наиболее магнезиальными (6.6–12.0% MgO) оказались магнетиты

Николае-Максимилиановской и Зеленцовской копей, а самыми бедными MgO (0.20%) – магнетиты Ахматовской копии. В Прасковье-Евгеньевской копии магнетит в эпидотсодержащей карбонатной породе отличается более высокими концентрациями марганца 2.18%, а магнетит в мраморе – более высокими содержаниями магния – 2.20%. Для магнезиолюдвигитов (табл. 5) характерна другая закономерность. Этот минерал в Ахматовской и Прасковье-Евгеньевской копиях имеет более высокую магнезиальность и более высокие содержания бора. Магнезиолюдвигит Николае-Максимилиановской копии отличается более высокой железистостью, более высокими содержаниями хрома и титана, при сниженном содержании бора. Различаются по со-

Таблица 7. Составы некоторых минералов из скарнов и других пород Ахматовской, Перовскитовой и Зеленцовской копей (мас. %)

№	Мин.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Сумма
1	Px	54.40	0.08	0.75	3.33	0.18	15.10	25.85	0.49	0.00	100.17
2	Ol	45.62	0.04	—	0.85	0.13	52.79	—	—	—	99.43
3	Ves	35.73	4.73	12.66	5.91	0.07	2.91	35.87	Не опр	Не опр.	97.88
4	Prv	—	58.03	0.04	0.73	0.05	0.00	41.30	—	—	100.14
5	Ves	36.89	4.63	13.71	5.03	0.07	1.73	35.89	не опр.	Не опр.	97.95
6	Ol	43.02	0.00	—	0.56	0.11	55.93	—	0.00	0.00	99.63

Примечание. 1–3 – Ахматовская копь: 1 – хромовый диопсид, пироксен-гранатовый скарн, обр. Кс-564; 2 – оливин, карбонатная порода, обр. Кс-352; 3 – везувиан, данные [7]; 4–5 – Перовскитовая копь: 4 – перовскит, магнетит-перовскит-кальцитовая порода, обр. Пер-1 (образец любезно предоставлен В.А. Поповым); 5 – везувиан, данные [7]; 6 – Зеленцовская копь, оливин, обр. Кс-42/3.

ставу и некоторые другие исследованные минералы (табл. 6 и 7). Для шпинели Николае-Максимилиановской копи характерны, как и для магнетита, высокие содержания магния и алюминия, а для шпинели Прасковье-Евгеньевской копи – высокие содержания цинка [11]. Оливин Ахматовской и Зеленцовской копей беден железом. Везувиан Ахматовской копи содержит больше магния в сравнении с везувианом Перовскитовой копи, который, в свою очередь, более богат глиноземом [7].

ВЫВОДЫ

На основе вышеизложенного можно сделать заключение о том, что источники флюидов, принимавших участие в формировании данных минеральных копей, различны. Ахматовская и Прасковье-Евгеньевская копи, располагаясь на контакте с габброидами Кусинского и Медведевского массивов, соответственно, формировались при участии Cl-содержащих флюидов, имевших прямое отношение к становлению и составу самих габбровых интрузий. Об этом свидетельствует присутствие Cl в апатитах (десятые доли процента) из скарнов этих копей.

При формировании Николае-Максимилиановской копи, расположенной в зоне контакта кусинских габброидов и гранито-гнейсов Губенского массива, по-видимому, основным источником фтора был Губенский гранитный массив, апатиты которого характеризуются высокими содержаниями фтора – 2.50–2.90% F при минимальных (сотые доли процента) концентрациях хлора [4], что нашло отражение и в составе апатита из скарнов этой копи.

Флюиды, принимавшие участие в формировании Перовскитовой копи, были низкофтористыми (первые десятые доли процента) и практически не содержали хлор. Поскольку, во всех минеральных копиях, связанных с интрузивными породами, отмечено присутствие магнезиально-железистых боратов, в частности, магнезиолюдвигита, можно сделать заключение, что флюиды, кроме галогенов –

хлора и фтора, содержали также и бор, заимствованный из доломитов осадочного комплекса.

Присутствие хрома в минералах Ахматовской и Николае-Максимилиановской копей также не случайно. В формировании скарнов копей приняли участие и рудообразующие флюиды, содержащие хром, который присутствует во всех магнетит-ильменитовых рудах Кусинской интрузии. Хром содержится и во всех рудообразующих минералах в весьма значимых количествах. Так, в магнетите содержание Cr₂O₃ составляет 1.01–1.96%, в ильмените – 0.14–0.65% [5]. Хром содержится не только в главных рудных минералах, магнетите и ильмените, но и в сопутствующих им минералах. Например, в хёбomite концентрации Cr₂O₃ достигают 3–4%, в шпинели – до 3.0%, в хлорите – 0.9% [3]. Кроме того, в рудах обнаружен эсколаит – природный оксид хрома с содержанием 81–88% Cr₂O₃ [2].

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОНЗ РАН № 10 (проект 09-Т-5-1019).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров С.М., Тронева М.А. Генезис и состав боратов серии людвигита-вонсенита в магнезиальных скарнах Урала, Сибири и Дальнего Востока // Геохимия. 2004. № 5. С. 525–543.
2. Бочарникова Т.Д., Воронина Л.К. Первая находка эсколаита в магнетит-ильменитовых рудах Кусинской габбровой интрузии // Ежегодник-2007. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 226–229.
3. Бочарникова Т.Д., Прибавкин С.В., Холоднов В.В., Воронина Л.К. Хёбomite из ильменит-магнетитовых руд Кусинского массива (Южный Урал) // Записки РМО. 2005. № 2. С. 84–90.
4. Бочарникова Т.Д., Холоднов В.В. Особенности распределения галогенов в гранитах Рябиновского и Губенского массивов (Южный Урал) // Эндогенное оруденение в подвижных поясах: мат-лы XIII Чтений памяти А.Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 196–199.
5. Бочарникова Т.Д., Холоднов В.В., Воронина Л.К. Закономерное изменение состава ильменита и магне-

- тата из рудных залежей в разрезе Кусинского габбрового массива // Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 313–317.
6. Мельников М.П. Николае-Максимилиановская минеральная копь близ Кусинского завода на Урале // Записки МО (2). 1885. В. 20. С. 237–264.
 7. Мясников В.С. О титановом везувиане из Перовскитовой и Ахматовской копей на Южном Урале // Докл. АН СССР. 1940. Т. 28, № 5. С. 445–448.
 8. Поляков В.О. Эталонные минералогические объекты Южного Урала // Вопросы региональной минералогии Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. С. 15–19.
 9. Попов В.А. Многообразие форм кристаллов минералов в скарнах и карбонатит-пегматитах Ахматовской копи на Южном Урале // Уральский минералогический сборник № 16. Миасс–Екатеринбург: УрО РАН, 2009. С. 34–41.
 10. Попов В.А. Минералогические исследования скарнов и карбонатитов Ахматовской копи // Уральский минералогический сборник. № 17. Миасс–Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 109–117.
 11. Сумин Н.Г. Об элементах-примесях в шпинелях // Тр. Мин. музея АН СССР. 1950. В. 2. С. 113–125.
 12. Сумин Н.Г. О типоморфных шпинелях железорудных месторождений скарнового типа // Тр. Мин. музея АН СССР. 1951. В. 3. С. 122–132.
 13. Холоднов В.В., Ферштатер Г.Б., Ронкин Ю.Л. и др. Sm-Nd, Rb-Sr возраст габброидов, гранитоидов и титаномагнетитовых руд из расслоенных интрузий Кусинско-Копанского комплекса (Южный Урал) // Докл. АН. 2010. Т. 432, № 5. С. 650–654.
 14. Jiang Shao-Yong, Palmer M. R., Slack J. F., Shaw D. R. Boron isotope systematics of tourmaline formation in the Sullivan Pb–Zn–Ag deposit, British Columbia, Canada // Chem. Geol. 1999. V. 158. P. 131–144.

Рецензент В.А. Попов

Composition and fluid sources of skarns of mineral mines in Kusinsko-Kopansky intrusive complex (Southern Urals)

T. D. Bocharnikova, V. V. Kholodnov, E. S. Shagalov

Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS

Halogenic composition of apatites from a number of Southern Urals' mineral mines related to Kusinsko-Kopansky magmatic complex was investigated. Apatite composition (Cl, F) was found to be dependent upon a spatial arrangement of a mine. Thus, Akhmatovskaya and Praskovje-Evgenievskaya mines are situated in the contact of Kusinsky and Medvedevsky gabbroid massifs, and their mineral associations were formed with the participation of Cl-containing fluids concerned with the gabbro intrusions formation itself. The main source of fluorine during the building up of Nikolae-Maksimilianovskaya mine mineral association which situated in the contact of Kusinsky gabbroids and Gubensky massif's granite gneisses is supposed to be connected with the Gubensky granitic massif. Their apatites are characterized by the high concentrations of fluorine; this fact was reflected in the apatite composition from mine's skarns. The presence of magnesian-ferruginous borates, particularly magnesioludwigite, in all mines leads to the conclusion that the fluids (except chlorine and fluorine) had contained boron which apparently was borrowed from the dolomites of Low-Rhiphean Satka suite.

Key words: *Southern Urals, Kusinsko-Kopansky intrusion complex, mineral mines, apatite, halogens, fluid source.*