

## ГЕОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ КРИВ-ВАГРАНСКОГО СИЕНИТОВОГО МАССИВА САЛАТИМСКОЙ ЗОНЫ СМЯТИЯ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

© 2015 г. А. В. Коровко\*, Н. С. Бородина, В. В. Холоднов, М. Д. Замятина,  
Л. И. Десятниченко\*, В. В. Хиллер

Крив-Вагранский массив пироксен-амфиболовых альбитовых сиенитов находится в 35 км к З-ЮЗ от г. Североуральск на восточном скате хребта Еловая Грива в 10 км к СЗ от устья р. Крив-Вагранский, левого притока р. Вагран. Массив локализован в пределах Салатимской сутурной зоны на переходе от полимиктового серпентинитового меланжа войкаро-кемпирсайского тектоногенного комплекса  $D_3-P_1vk$  к метабазальтоидам хомасьинского комплекса  $O_{1-2}hm$ , метаморфизованных на уровне фации высокобарических глаукофановых сланцев [2, 6, 11]. Массив, находящийся в пределах Сурьинско-Промысловской золоторудной зоны, первоначально был откартирован одиночными шурфами в процессе ГСР-50 [11] и впоследствии относился к образованиям малиновского монцонит-сиенитового комплекса  $O_{1-2}$  [1] или вагранского монцодиоритового комплекса  $C_1$ ? [2].

В статье кратко изложены имеющиеся и новые данные по геологии Крив-Вагранского массива по материалам выполненных ранее [4, 10] и выполняемых в последнее время в этом районе комплексных поисковых работ. Впервые детально исследованы современными методами петрографические и геохимические особенности слагающих массив пород.

Крив-Вагранский массив субмеридионального простираения шириной до 350–400 м и протяженностью около 1.8 км приурочен к локальному участку секущего широтного пояса (региональной зоны шириной до первых километров), в пределах которого основные структурно-тектонические элементы субмеридиональной Салатимской сутурной зоны явно меняют общие простираения с С-СВ к югу от пояса на С-СЗ к северу от него, формируя в пределах широтного пояса локальные антиклинально-и флексуроподобные структуры. По отношению к последним массив занимает несколько секущее положение (рис. 1). С ЮЗ массив “срезан” тектоническим нарушением СЗ простираения и в целом интенсивно осложнен серией разноплановых разломов, определяющих его блоковое строение (см. рис. 1).

В западном, северном и восточном экзоконтактах Крив-Вагранского массива залегают магнетит-содержащие метабазальтоиды хомасьинского ком-

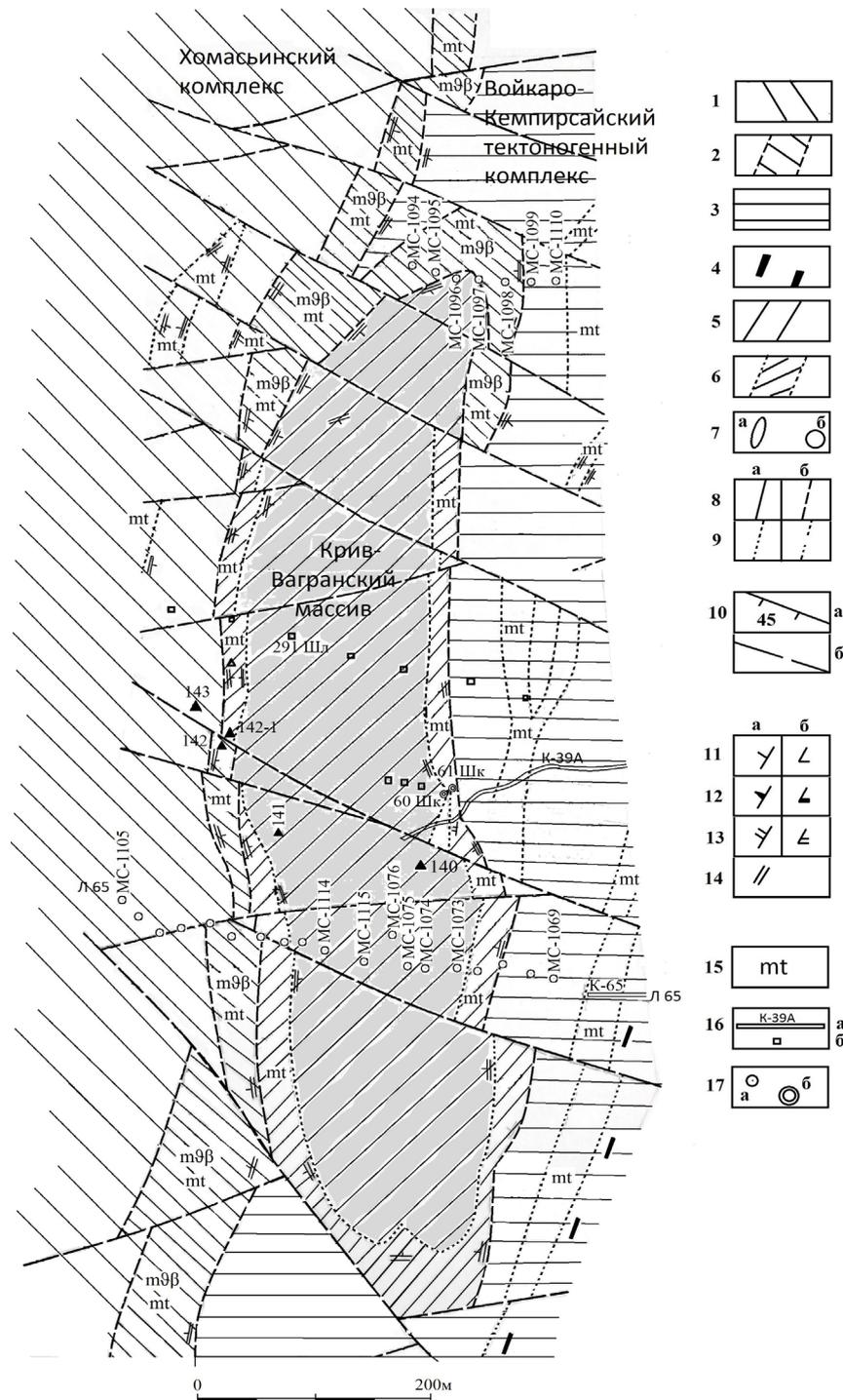
плекса, которым отвечают локальные линейные положительны́е аномалии магнитного поля интенсивностью до 500–1700 нТл, четко и резко “оконтуривающие” массив в плане. Немагнитным образованиям массива отвечает поле  $\Delta T$ , интенсивность которого плавно понижается с С (до 300–400 нТл) на Ю (до –20...–30 нТл), что свидетельствует о пологом погружении подошвы массива в направлении на Ю-ЮВ и нахождении в южной части массива его “ножки” (см. рис. 1). В электрическом поле массиву отвечает аномалия высоких сопротивлений ( $\rho_k > 1100$  Ом·м) с наличием двух эпицентров: в северной части массива – до 2000–2600 Ом·м, в южной – до 3000–4000 Ом·м.

Западный относительно прямолинейный контакт массива не вскрыт, но, исходя из характера физических полей и локальных аномалий, имеет в целом крутое восточное падение (см. рис. 1). Северо-западный контакт с учетом характера магнитного поля на этом участке, относительно полого падает на ЮВ под массив (см. рис. 1). Восточный относительно прямолинейный контакт перебурен скважинами и захвачен в “вилку” горными выработками и скважинами на линиях 63 (скв. МС-1097, на глуб. 3.4 м), 13А (канавы 13А, забои 11 и 10, скв. 60Шк, на глуб. 11.0 м [10]), 39 (канавы 39А, 39А'), 65 (скв. МС-1072, на глуб. 5.5 м), что по комплексу геологических и геофизических данных указывает на его крутое западное падение (около 255°, угол 70–80°) (см. рис. 1). Полученный на уровне современного эрозионного среза комплекс данных в целом свидетельствует о сложной воронкообразной форме массива и в поперечных и в продольных сечениях (см. рис. 1).

В пределах широтного пояса во вмещающих Крив-Вагранский массив сланцах к востоку и к западу от него развиты единичные маломощные дайки сходного состава (табл. 1)

Петрографический состав пород Крив-Вагранского массива незначительно колеблется, в целом породы соответствуют по современной классификации амфибол-пироксеновым альбитовым сиенитам [7], при этом ряд петрографических особенностей (в частности, повышенное содержание фемиче-

\* ОАО “Средне-Уральская ГРЭ”, sugre@mail.ru.



**Рис. 1.** Схема строения Крив-Вагранского массива.

1–2 – образования хомасьинского комплекса  $O_{1-2} hm$ : 1 – нерасчлененные, 2 – дайка метагаббро-долеритов ( $mv\beta$ ); 3–4 – образования войкаро-кемпирсайского тектоногенного комплекса  $tD_3-Pvk$ : 3 – нерасчлененные безуглеродистые, 4 – серицит-графит-кварцевые пиритизированные; 5–6 – образования Крив-Вагранского массива: 5 – нерасчлененные от кварцевых монзонитов до граносиенитов мелко- и среднезернистые порфиroidные, 6 – мелкозернистые мелкопорфиroidные монзониты и кварцевые монзониты красовой зоны; 7 – дайки, вскрытые в горных выработках (а) и скважинами (б); 8–9 – границы (а – вскрытые, б – предполагаемые): 8 – разновозрастных образований, 9 – фациальных и литологических разностей; 10 – разрывные нарушения (а – вскрытые, б – предполагаемые); 11–14 – элементы залегания (а – в горных выработках, б – по керну скважин): 11 – контактов и слоистости, 12 – расланцевания, 13 – гнейсовидности, флюидальности, 14 – направление падения пород по геофизическим данным; 15 – магнетит-содержащие разности; 16 – канавы (а) и шурфы и короткие канавы (б); 17 – скважины мелкометражные (а) и глубокие поисковые (б).

**Таблица 1.** Химический состав сиенитов

Компонент	1-я группа						2-я группа		
	Номер пробы								
	1073	1114	1115	1072	1075	1074	140	142	142-1
SiO <sub>2</sub>	56.85	58.76	58.84	60.18	62.85	64.78	62.86	52.74	49.1
TiO <sub>2</sub>	0.92	0.82	0.79	0.75	0.58	0.50	0.41	1.47	1.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.86	15.64	15.68	15.85	15.50	15.12	15.84	16.78	15.51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.16	8.64	7.44	7.83	5.05	4.86	4.38	11.11	9.71
FeO	1.10	1.40	1.80	0.70	2.50	1.10	1.20	1.2	2.8
MnO	0.34	0.32	0.27	0.24	0.21	0.12	0.14	0.3	0.31
MgO	1.99	1.07	1.23	1.34	0.55	0.40	0.18	2.6	6.67
CaO	2.48	2.92	2.65	2.19	1.89	1.36	3.1	7.37	10.6
Na <sub>2</sub> O	4.39	6.38	5.06	5.95	6.71	5.13	4.78	4.3	2.96
K <sub>2</sub> O	3.93	1.73	3.56	2.97	2.77	5.20	4.44	1.59	1.59
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.49	0.33	0.34	0.21	0.22	0.11	0.09	0.82	0.14
П.п.п.	2.50	2.00	2.30	1.80	1.00	1.40	2.8	0	0
Сумма	98.76	99.58	99.67	99.01	101.62	99.91	100.36	100.19	100.3

Примечание. 1 – Крив-Вагранский массив, 2 – дайки из западного экзоконтакта массива.

**Таблица 2.** Химический состав полевых шпатов

№ п.п.	Номер пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Сумма
1	1072_3-1	68.54	0.00	19.50	0.00	0.02	0.02	0.01	0.03	11.87	0.08	100.05
2	1114_3-1	68.69	0.02	19.53	0.04	0.07	0.00	0.00	0.03	11.65	0.05	100.08
3	1074_6-5	68.63	0.00	19.84	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	11.86	0.06	100.48
4	1075_5-1	68.27	0.00	19.76	0.21	0.06	0.01	0.00	0.05	11.73	0.07	100.17
5	1072_2-1	60.8	0.05	19.88	0.43	4.2	0.04	0.99	0.03	7.57	3.96	97.95
6	1074_6-3	68.22	0	19.73	0.01	0.03	0.04	0	0	9.15	4.67	101.87
7	1074_6-4	64.38	0	18.46	0.18	0.07	0	0	0	0.14	15.65	98.87
8	1074_1-4	65.98	0.06	20.2	0.01	2.4	0.03	0.24	0.01	9.85	2.08	100.86

Примечание. 1–4 – альбит; 5, 6, 8 – анортотлаз; 7 – калишпат.

ских элементов в составе) сближает наиболее основные породы массива (см. табл. 1) с монцодиоритами.

Массив сложен темно-серыми среднезернистыми, реже мелкозернистыми породами со светло-серыми табличками полевых шпатов. Под микроскопом структура пород гипидиоморфнозернистая, порфиридная: таблицы плагиоклаза окружены мелко-тонкозернистым кварц-полевошпатовым агрегатом (15–30% породы), иногда имеющим облик гранофира; в составе агрегата шахматный альбит, калишпат и богатый калием альбит (табл. 2). Темноцветные минералы (10–40%) представлены амфиболом, пироксеном, иногда биотитом; второстепенные минералы – мусковит, стильпномелан, лейкоксен, карбонат, эпидот; акцессории – сфен, апатит, циркон, рудные минералы – ильменит, пирит и окислы железа.

Преобладающий в породах средне- и крупнозернистый таблитчатый плагиоклаз образует субидиоморфные, иногда зональные выделения. Судя по многочисленным замерам на микроанализаторе (около 30), его состав близок в разных пробах и разных частях зональных и незональных зерен и соответствует чистому альбиту (см. табл. 2). Сохраняющаяся зональность в альбите выражена в наличии

вторичных изменений в центральных частях зерен. Таким распространенным вторичным изменением плагиоклаза является замещение его бесцветным слюдястым минералом, определенным с помощью микрозонда как фенгит. По сравнению с мусковитом в составе фенгита в его формуле отношение  $Si/Al > 3$ , при этом увеличение содержания Si сопровождается замещением Al в октаэдрической позиции на Mg и Fe.

Амфибол повсеместно распространен в породах. Он уступает плагиоклазу по размеру зерен и степени метаморфизма, образуя игольчатые агрегаты или неправильные выделения, часто окаймляет пироксен, нередко имеет зональное строение. Отчетливо выделяются две разновидности амфибола: главная, наиболее распространенная плеохроирующая в оливково-зеленых тонах, и менее распространенная и уступающая по размерам яркая голубовато-зеленая. Последняя иногда образует самостоятельные зерна, но чаще замещает с краев главную разновидность. Составы амфиболов, по микрозондовым определениям, относятся к двум разным группам [12]: главная – к группе это кальциевых амфиболов (эденит, анализы 5, 6 в табл. 3), а более поздняя – к группе натрово-кальциевых ам-

**Таблица 3.** Химический состав амфиболов

Компонент	Номер анализа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Номер пробы									
	1072	1114_1-4	1075_1-4.3b	1075_5-7	1075_1-5.3a	1075_2-2.4-3	1075_3-1	1096_2	1096_3	1096_4
SiO <sub>2</sub>	52.24	49.84	48.64	48.27	43.28	40.11	39.31	53.44	48.98	49.99
TiO <sub>2</sub>	0.06	2.53	2.65	2.07	0.65	1.03	0.19	0.03	0.04	1.72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.01	0.90	1.22	2.65	6.47	8.75	9.43	20.95	3.72	2.29
FeO	24.06	30.64	30.66	30.59	30.76	30.85	31.68	7.02	23.97	22.22
MnO	0.46	0.46	0.88	0.63	0.74	0.73	0.69	0.07	0.52	0.38
MgO	2.20	3.44	2.49	2.72	2.24	1.61	1.47	0.01	7.42	8.81
CaO	9.02	4.15	5.28	5.11	7.93	8.72	8.04	11.80	9.26	7.36
Na <sub>2</sub> O	8.45	4.25	3.60	3.99	2.77	2.54	2.85	7.14	2.19	2.94
K <sub>2</sub> O	0.00	1.09	1.12	0.68	1.75	2.45	2.46	0.04	0.52	0.93
Сумма	98.48	97.33	96.53	96.77	96.63	96.78	96.16	100.50	96.64	96.71
	Коэффициенты кристаллохимических формул									
Si	8.02	7.72	7.70	7.06	6.94	6.52	6.40	7.25	7.49	7.55
Ti	0.01	0.29	0.32	0.23	0.08	0.13	0.02	0.00	0.00	0.20
Al	0.36	0.16	0.23	0.46	1.22	1.68	1.81	3.35	0.67	0.41
Fe <sup>3+</sup>	0.00	0.94	0.63	3.74	0.80	0.70	1.13	0.00	0.54	0.67
Fe <sup>2+</sup>	3.09	3.02	3.43	0.00	3.32	3.49	3.18	0.80	2.53	2.14
Mn	0.06	0.06	0.12	0.08	0.10	0.10	0.10	0.01	0.07	0.05
Mg	0.50	0.79	0.59	0.59	0.53	0.39	0.36	0.00	1.69	1.98
Ca	1.48	0.69	0.89	0.80	1.36	1.52	1.40	1.72	1.52	1.19
Na	2.52	1.28	1.10	1.13	0.86	0.80	0.90	1.88	0.65	0.86
K	0.00	0.22	0.23	0.13	0.36	0.51	0.51	0.01	0.10	0.18
Сумма	16.05	14.96	15.00	14.10	15.21	15.31	15.30	15.01	15.27	15.23
Fe/(Fe+Mg)	0.86	0.83	0.87	0.86	0.89	0.92	0.92	1.00	0.64	0.59

**Таблица 4.** Химический состав пироксенов

№ п.п.	Пробы пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Сумма
1	1072_4-3	50.72	0.56	1.18	15.06	0.90	9.62	21.12	0.55	0.00	99.73
2	1072_6-5	50.71	0.33	0.65	18.52	0.94	7.22	20.04	1.16	0.00	99.57
3	1114_1-1	50.41	0.53	0.90	15.56	0.89	9.50	20.56	0.43	0.00	98.85
4	1114_1-2	50.73	0.40	0.70	17.16	0.86	8.28	20.91	0.43	0.01	99.50

**Таблица 5.** Химический состав биотитов

№ п.п.	Номер пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Сумма
1	1075_2-1	35.52	1.50	13.31	0.09	31.40	0.31	3.25	0.00	0.04	8.70	94.14
2	1072_4-5	36.47	1.57	12.76	0.11	29.39	0.45	4.22	0.01	0.03	8.49	93.51
3	1072_6-1	34.35	1.44	12.77	1.16	29.51	0.35	4.21	0.08	0.11	7.87	91.84

фиболов (ферровинчит, анализы 3, 4 в табл. 3, и каофорит, анализ 8 там же). Все амфиболы характеризуются очень высокой железистостью.

Пироксен представлен средне- и мелкозернистыми идиоморфными призматическими или округлыми зернами, часто окаймленными амфиболом или лейкоксеном. По составу [13] они относятся к железистому авгиту (табл. 4).

Биотит слагает агрегаты мелких тонких пластинок, плеохроирующих в ярко-коричневых тонах. Он обычно приурочен к краям зерен амфибола. Биотит, как и амфибол, характеризуется чрезвычайно высокой железистостью – 0.80–0.85. По основным компонентам состава на четырехкомпонент-

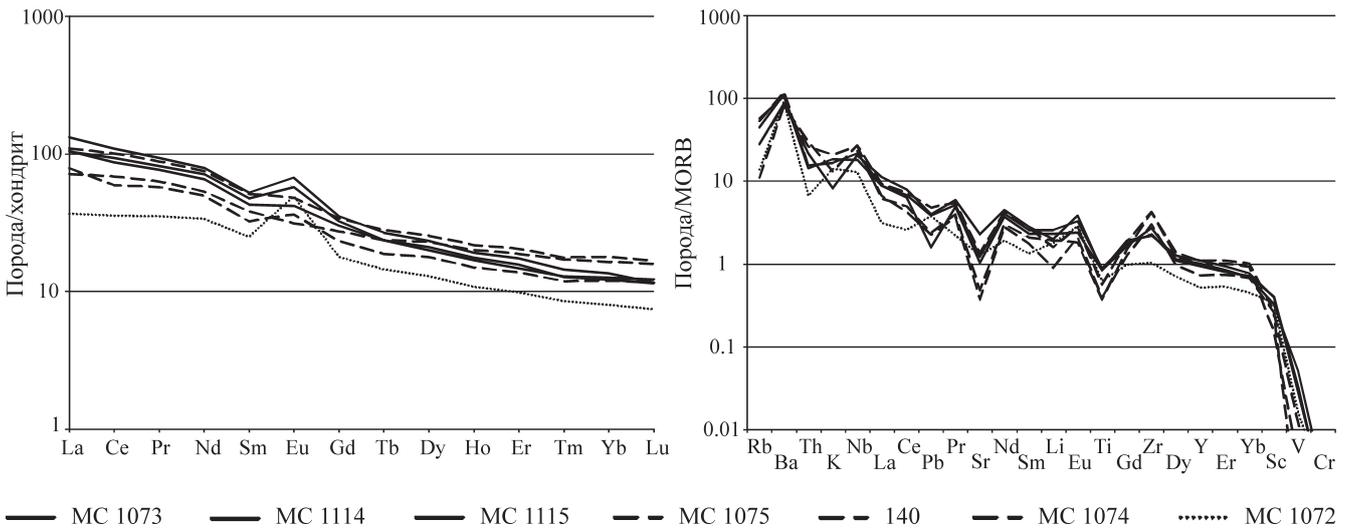
ной диаграмме Дира [3] он располагается вблизи вершин аннит–сидерофиллит (табл. 5).

Стильномелан и эпидот развиваются вокруг темноцветных минералов как самые поздние образования. Стильномелан образует игольчатые агрегаты вокруг амфибола или пронизывает, как войлок, мелкозернистый полевошпатовый агрегат, при этом он нередко содержит среднезернистые аллотриоморфные выделения желто-зеленого эпидота с высокой интерференционной окраской. Оба эти минерала относятся к железистым разностям [3]. Эпидот характеризуется высокой величиной пистацитового компонента (табл. 6), что свидетельствует о его вторичной природе [14, также см. литературу

**Таблица 6.** Химический состав стильпномелана и эпидота

№ п.п.	Номер пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Сумма	Ps, %
1	1072	44.59	0.03	6.52	1.82	28.67	1.64	2.66	0.36	0.35	1.78	88.41	—
2	1114	43.92	0.03	5.94	0.045	31.355	1.46	3.045	0.115	0.085	1.55	87.55	—
3	1075	43.84	0.015	5.71	0.285	32.085	2.165	2.14	0.085	0.085	1.52	87.94	—
4	1072_5-1	36.63	0.11	20.18	0.83	15.73	0.24	0.34	22.12	0.02	0.01	96.21	35.6
5	1114_5-2	37.07	0.03	21.15	0	14.56	0.29	0.01	23.12	0	0.01	96.26	32.8
6	1114_5-1	35.58	0.08	19.71	0.03	14.53	0.32	0.01	20.34	0	0	90.59	34.3
7	1114_2-1	37.41	0.05	20.7	0.18	14.83	0.14	0.11	22.4	0.03	0.03	95.88	33.7

Примечание. 1–3 – стильпномелан, 4–7 – эпидот; Ps, % – пистацитовый компонент  $Fe^{3+}/(Fe^{3+} + Al)100\%$ .

**Рис. 2.** Распределение редких и редкоземельных элементов в породах Крив-Вагранского массива.

Серое поле – распределение этих элементов в известково-щелочных сиенитах Тагильского массива.

в ней]. Лейкоксен широкой каймой окружает зерна рудного минерала.

Таким образом, петрологическое изучение сиенитов Крив-Вагранского массива показывает, что слагающие его породы претерпели значительные метаморфические образования. Сюда относятся альбитизация всей полевошпатовой части пород, независимо от структурных взаимоотношений, развитие метаморфических минералов: стильпномелана, эпидота, лейкоксена. Яркая особенность пород – их повышенная железистость, которая проявлена как в реликтовых магматических минералах (клинопироксен, амфибол), так и в метаморфических (эпидот и стильпномелан).

Геохимическое изучение пород не дает точного ответа на вопрос об их геодинамической природе. В распределении редких и редкоземельных элементов (рис. 2) отмечаются черты, свойственные как континентальным, так и надсубдукционным магматитам [8]. На спайдерграммах выделяются положительные аномалии высокозарядных элементов Nb и Zr, свойственные породам континентальных обстановок, и отрицательные – титана. Положительные аномалии такого элемента, как барий, скорее,

свойственны надсубдукционным магматитам. Надо иметь в виду, что на распределение рассеянных элементов оказывают влияние постмагматические преобразования. В частности, очевидно, что отрицательная аномалия стронция обусловлена альбитизацией пород.

Для определения металлогенической специализации и потенциальной рудоносности Крив-Вагранского массива на микроанализаторе были исследованы на апатит и некоторые другие минерала, содержащие в своем составе летучие элементы-минерализаторы: галогены и серу.

Состав апатита изучен в пробах 1114/5 и 1072/5. Это типичный фторапатит, практически не содержащий хлор и серу. Из основных элементов-примесей повышенные содержания обнаруживают SiO<sub>2</sub> (0.20–0.45 мас. %), FeO (0.20–0.65 мас. %), MnO (до 0.30 мас. %), в то же время Na<sub>2</sub>O и SrO присутствуют в незначительном количестве (до 0.15 мас. %).

Апатит в этих пробах обнаруживает существенные вариации в содержаниях фтора – от 3.50 до 4.15 мас. %. Самые высокие содержания фтора (3.80–4.15 мас. %) имеют включения апатита в пироксене, эти же апатиты наиболее богаты SiO<sub>2</sub> и

FeO. Включения апатита в альбите, эпидоте, межзерновой апатит имеют промежуточные составы. В биотите (содержание фтора низкое – 0.25 мас. %, при содержании хлора 0.01 мас. %). Существенно выше содержание фтора в сфене и лейкоксене – 0.57–1.0 мас. %.

Низкие содержания серы и хлора в апатите могут указывать на невысокую потенциальную рудоносность на золото-сульфидно-кварцевое оруденение. В высокопродуктивных массивах, таких как Шарташский, с которым связано крупное Березовское месторождение золота, содержание серы в апатитах достигает 1.0 мас. % SO<sub>3</sub> [5].

Изложенные геологические и петрогеохимические данные по Крив-Вагранскому сиенитоидному массиву свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения его внутреннего строения и характера взаимоотношений с вмещающими метаморфитами, уточнения его формационной и возрастной принадлежности.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 15-05-00576).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Уральская серия – Лист Р-40 (Североуральск). Объяснительная записка. (Авторы: В. Водолазская, В.Н. Иванов, Г.А. Петров и др. Гл. науч. редактор М.А. Шишкин). СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2005. 332 с.
2. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 200 000. Изд-е второе. Серия Среднеуральская. Лист Р-О-XXXVI (Североуральск) / Под ред. В.В. Шалагинова. Составили Г.А. Петров, Г.А. Ильясова, Н.И. и др. Екатеринбург, 2006.
3. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. М.: Мир, 1966. Т. 3, 316 с.
4. Зубков А.И., Тристан Н.И., Николаев Н.М. и др. Прогнозно-поисковые работы на благородные металлы (золото, платина) на площади листов Р-40-XXX, Р-40-XXXVI (Средний и Северный Урал). Сбор, хранение, систематизация и использование первичных геологических материалов для обеспечения региональных и прогнозно-поисковых работ Урала за 2001–2004 гг. Екатеринбург: УГСЭ, 2004.
5. Коновалова Е.В., Прибавкин С.В., Замятин Д.А., Холоднов В.В. Сера в апатитах гранитов Шарташского массива и Березовского золоторудного месторождения // Ежегодник-2011. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 159. 2012. С. 134–139.
6. Петров Г.А. Условия формирования комплексов зоны Главного Уральского разлома на Северном Урале. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 181 с.
7. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Изд-е второе. СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.
8. Ферштатер Г.Б. Палеозойский интрузивный магматизм Среднего и Южного Урала. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 365 с.
9. Холоднов В.В., Бушляков И.Н. Галогены в эндогенном рудообразовании. Екатеринбург, 2002. 390 с.
10. Шакиров А.И., Вотинин С.П. Отчет о проведенных поисковых работах на рудное золото на Сурьинском и Оленьевском участках Вагранского рудного узла в 1975–78 гг. Североуральск, 1978.
11. Шалагинов В.В., Тюриков В.С. и др. Геологическая карта Урала масштаба 1 : 50 000, листы Р-40–143-Б, Р-40–143-Г. Отчет Вагранского отряда о геологической съемке на восточном склоне Северного Урала, в верховьях рек Ваграны и Сосьвы, проведенной в 1971–1974 гг. Свердловск, 1975.
12. Leake B.E., Woolley A.R. et al. Nomenclature of amphiboles // Can. Mineral. 1997. V. 35. P. 219–246.
13. Morimoto N. Nomenclature of pyroxenes // Can. Mineral. 1989. V. 27. P. 143–156.
14. Pribavkin S.V., Avdonina I.S., Zamyatin D.A. Mineralogy, conditions of crystallization and melt generation of epidote-bearing porphyries from the Middle Urals, Russian federation // Mineral. Petrol. 2013. V. 107. P. 125–147.
15. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Magmatism in the oceanic basalts (Eds A.D. Saunders, M.J. Norry) // Geol. Soc. Spec. Public. 1989. No. 42. P. 313–345.