

## О ПРИРОДЕ ВНУТРИИНТРУЗИВНЫХ “ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД” В СОСТАВЕ ПОДРУДНОЙ ПОРФИРИТОВОЙ ИНТРУЗИИ МАГНИТОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

© 2014 г. Т. Д. Бочарникова, В. В. Холоднов, Е. С. Шагалов

Известно, что основание вулканогенного разреза на Магнитогорском скарново-магнетитовом месторождении складывается субвулканической порфириновой интрузией. Самый низ ее представлен пироксеновыми порфиритами, которые выше по разрезу сменяются пироксен-плагиоклазовыми и далее вверх – плагиоклазовыми порфиритами. Завершается разрез специфическими породами, богатыми щелочами – атачитами, отвечающими по составу трахитам, с варьирующим соотношением в них содержания калия и натрия. В самом верху разреза атачиты имеют обломочное строение, ниже по разрезу это афанитовые породы, которые постепенно переходят в плагиоклазовые порфириты.

В разрезе Магнитогорского месторождения эти порфириты располагаются гипсометрически ниже известняков  $C_1t-v_1$ . Согласно стратиграфическому положению, возраст порфиритов принимается как позднедевонский ( $D_3f$ ) [8, 12], они относятся к колтубанской свите [10], несмотря на интрузивный характер их залегания и активный контакт с вышележащими нижнекаменноугольными известняками. Rb–Sr-возраст порфиритов составляет 322–330 млн лет, что отвечает серпуховскому веку раннего карбона [9]. Такой же возраст имеют и атачиты [6].

Впервые мысль об интрузивной природе порфиритов была высказана академиком А.Н. Заварицким. Детально изучив гору Магнитную, он писал: “Главная масса Атача, разделяющая месторождение на два поля, образована лакколитообразным телом, сложенным внизу лабрадоровым порфиритом, переходящим кверху в олигоклазовый и затем в атачит” [5]. Позднее А.В. Говорова, детально изучив порфириты по данным буровых работ (скв. 807, 808, к юго-западу от Главной рудной залежи), пришла к выводу о том, что порфириты лежачего блока месторождения горы Магнитной представляют собой дифференцированную субинтрузивную залежь, сложенную в нижней своей части пироксеновыми порфиритами, которые вверх по разрезу постепенно сменяются пироксен-плагиоклазовыми, а еще выше – плагиоклазовыми порфиритами [3].

Наши полевые наблюдения подтвердили эту точку зрения. Изучение горы Атач и разрезов в карьерах Магнитогорского месторождения показало, что порфириты, слагающие интрузию, через атачиты, как породы, завершающие разрез дифференциро-

ванной субвулканической интрузии, имеют активный контакт с известняками нижнего карбона. Они инъецированы во вмещающие известняки в виде крупных и мелких апофиз (силлы, дайки, прожилки). При этом на контакте атачитов с мраморизованными известняками (вне скарновой зоны) нередко наблюдается мушкетовит-гематитовое оруденение [1]. За пределами месторождения (скв. 820, 821) в экзоконтактной зоне порфиритов с вмещающими породами также было вскрыто два небольших рудных тела [11]. Верхнее представлено халькопирит-пирротин-магнетитовой рудой (500–750 м), нижнее – магнетитовой рудой (1100–1400 м). В самих порфиритах отмечаются участки, сложенные эпидотом с гнездами сульфидов, и прожилки, выполненные карбонатом, гематитом, магнетитом.

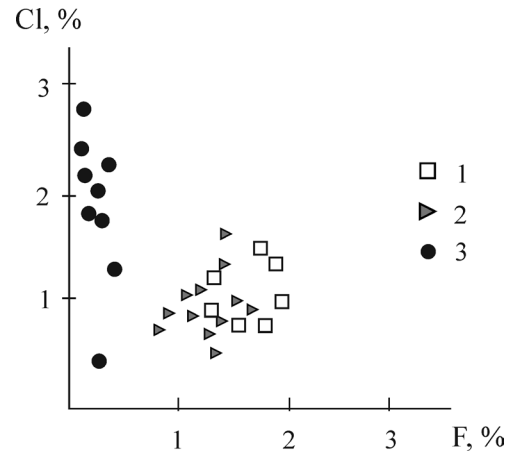
Наибольшую мощность (около 1000 м) порфириновая интрузия имеет в центральной части Магнитогорского месторождения (скв. 2009). Скважина пробурена со дна карьера непосредственно под Главной скарново-магнетитовой рудной залежью и остановлена в габбро-гранитной брекчии на глубине 1794 м. Здесь субвулканическое тело имеет наиболее полный дифференцированный разрез, представленный всеми группами пород. Снизу вверх: пироксеновые порфириты – пироксен-плагиоклазовые – плагиоклазовые порфириты – атачиты. В результате блокового строения Магнитогорского рудного поля отдельные его блоки оказались в разной степени эродированными, и в настоящее время в них представлены только фрагменты разреза интрузии.

Ранее в вертикальном разрезе дифференцированной порфириновой интрузии на Магнитогорском месторождении нами уже были изучены некоторые особенности распределения петрогенных, рудных и летучих компонентов (галогены в апатите) [2]. Было показано, что содержание  $SiO_2$  в породах вверх по разрезу интрузии увеличивается. В пироксеновых порфиритах основания содержание  $SiO_2$  составляет 44–51%, а в вышележащих пироксен-плагиоклазовых, плагиоклазовых порфиритах и атачитях возрастает от 52 до 60–61% при росте содержания щелочей: как калия, так и натрия, а также Rb, Sr, фосфора. В апатитах происходит рост содержания F на фоне резкого снижения концентрации Cl с его максимумом (до 2.5–3.0%) в апа-

тите пироксеновых порфиритов. При этом между пироксеновыми порфиритами, слагающими основание интрузии, и вышележащими более лейкократовыми породами отмечается некоторый перерыв в эволюции составов.

В данной статье предпринята попытка увязать особенности распределения петрогенных элементов в разрезе дифференцированной порфиритовой субвулканической интрузии (табл. 1) и состав апатита (рис. 1) с составом внутриинтрузивных обломочных порфиритов, присутствующих в некоторых разрезах этой залежи. Распределение петрогенных элементов в разрезе субинтрузии, по данным скв. 2009, показано на рис. 2. Видно, что для пироксеновых порфиритов, находящихся в основании, характерно наиболее высокое содержание MgO и CaO, а также преобладание высокой концентрации суммарного железа ( $FeO^*$  до 10–12%, см. табл. 1). Вверх по разрезу содержание этих петрогенных компонентов закономерно понижается, а концентрации всех других ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , суммы щелочей ( $K_2O + Na_2O$ ),  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$ , MnO) увеличиваются. Максимум концентраций щелочей, алюминия, фосфора и фтора (в апатите) наблюдается в составе атакитов. Среди них выделяются две разновидности: более калиевая (наиболее железистая) и обогащенная натрием. В составе пород по всему разрезу на рис. 2 отмечаются резкие отклонения в содержании MgO, CaO,  $Al_2O_3$  и некоторых других петрогенных элементов, что обусловлено присутствием участков с более тонким переслаиванием пород, например плагиоклазовых порфиритов с пироксен-плагиоклазовыми.

Изучение микровключений апатита в минералах-вкрапленниках и в основной массе показало (см. рис. 1), что кристаллизация расплава в разрезе интрузии происходила снизу вверх. Сначала кристаллизовались пироксеновые порфириты основания. Состав апатита менялся здесь от богатых хлором ранних генераций к поздним апатитам с пониженным содержанием хлора и отношением Cl/F около 0.9. В целом по разрезу в эволюции состава апатита имеет место некоторый перерыв, связанный, вероятно, с преобразованием магматической системы вследствие ее интенсивной дегазации и выносом хлора. На этом этапе пироксеновые порфириты основания представляли собой магматическую систему открытого типа. Выше по разрезу была сформирована магматическая система закрытого типа. Процесс дифференциации расплава и кристаллизации пород здесь происходил с накоплением летучей фазы. Поэтому атакиты, завершающие разрез интрузии, максимально обогащены флюидной фазой – галогенами, фосфором (обилие апатита) и другими летучими (углекислотой, водой и т.д.), а также легкоподвижными некогерентными (P3Э, Zr, Ba, Sr и др.) элементами.



**Рис. 1.** Распределение Cl, F в апатитах из пород в вертикальном разрезе порфиритовой интрузии.

1 – атакит, 2 – Pl-порфирит и Px-Pl-порфирит, 3 – Px-порфирит.

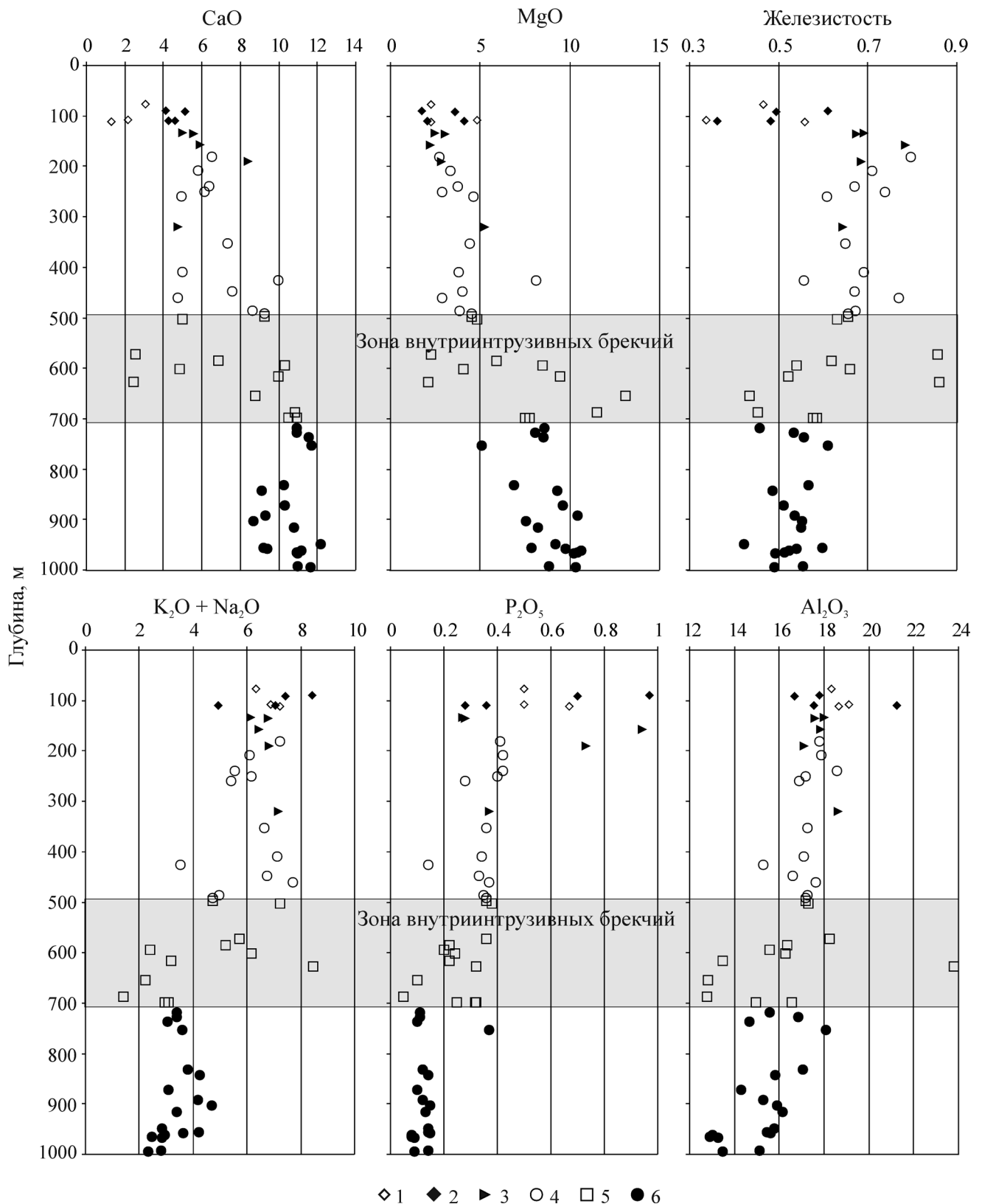
По существу, атакиты – это легкоподвижный флюидонасыщенный расплав, который в зонах взрывной дезинтеграции приобрел структурно-текстурные особенности, характерные для флюидизатов. Впервые подобные породы были отмечены Н. Cloos [14]. Позднее этот тип пород был выделен в особый класс магматических образований – флюидизатов [4]. И, по-видимому, по своей природе атакиты являются представителем этого класса. Благодаря своей высокой текучести атакиты образовали многочисленные инъекции в породы рудовмещающей толщи Магнитогорского скарново-магнетитового месторождения.

При изучении вертикального разреза субинтрузии было обращено внимание на двойственный характер контакта между пироксеновыми и пироксен-плагиоклазовыми порфиритами в нижней части субинтрузии. В одном случае отмечался постепенный переход между этими порфиритами, в другом они разделены толщей (зоной) брекчий обломочных порфиритов мощностью 200–300 м. Ранее местные геологи рассматривали их как туфогенно-осадочные образования, отделяющие пироксеновые порфириты франского возраста от пироксен-плагиоклазовых и плагиоклазовых порфиритов фамена. Первый тип контакта наблюдался при детальном изучении разреза в скв. 807 (глубина 1285 м), расположенной в 2 км западнее горы Магнитной, где отмечен постепенный переход между этими разновидностями порфиритов [3]. Приведем некоторые ключевые данные, полученные А.В. Говоровой в результате детального исследования разреза в скв. 807. Вверху порфириты перекрыты известняками березовской свиты нижнего карбона. Известняки в зоне контакта интенсивно скарнированы. Внизу порфириты контактируют с гранитами магнитогорской габбро-гранитной серии. Общая мощность порфиритов здесь составляет 936 м (глубина 334.6–1270 м).

Таблица 1. Состав пород в разрезе порфириновой интрузии в скв. 2009 (мас. %)

№ п.п.	Глубина, м	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	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	П.п.п.	Сумма
1	77.0	57.39	1.06	18.33	8.35	0.03	2.28	3.09	1.33	5.00	0.50	3.00	100.36
2	89.0	54.02	1.27	17.80	9.52	0.04	1.73	4.12	4.74	3.68	0.97	1.87	99.76
3	90.5	56.50	1.12	16.69	7.53	0.09	3.59	5.12	5.23	2.21	0.70	1.82	100.61
4	107.5	54.76	1.00	19.10	8.00	0.05	4.82	2.14	1.65	5.25	0.50	3.00	100.24
5	109.6	52.74	1.12	21.23	7.50	0.04	4.13	4.28	3.29	3.76	0.37	1.78	100.23
6	110.5	61.03	0.82	17.56	6.70	0.07	2.04	4.61	3.66	1.28	0.28	1.73	99.80
7	111.0	54.32	1.72	18.64	12.20	0.03	2.28	1.29	2.11	5.11	0.67	2.10	100.42
8	133.0	59.91	0.79	18.01	5.55	0.05	2.48	4.97	2.86	3.28	0.27	1.59	99.76
9	135.0	57.94	0.86	17.57	6.23	0.03	3.02	5.54	3.38	3.41	0.28	1.52	99.78
10	157.0	55.69	1.08	17.85	8.00	0.05	2.21	5.88	2.93	3.50	0.94	1.65	99.78
11	181.5	51.73	1.14	17.79	10.70	0.09	2.74	6.52	2.53	4.70	0.41	1.46	99.81
12	191.0	56.40	1.10	17.10	6.20	0.02	2.84	8.37	6.40	0.41	0.73	0.68	100.25
13	208.5	54.82	1.13	17.87	8.06	0.07	3.33	5.82	3.15	2.93	0.42	2.17	99.77
14	239.0	53.57	1.21	18.58	7.71	0.11	3.77	6.37	3.37	2.18	0.42	2.48	99.78
15	250.0	56.14	1.09	17.16	8.13	0.08	2.88	6.16	3.05	3.11	0.40	1.58	99.78
16	260.0	56.33	1.03	16.90	7.20	0.10	4.63	4.93	3.85	1.56	0.28	2.99	99.80
17	320.0	51.00	1.23	18.60	9.45	0.04	5.24	4.75	3.00	4.16	0.37	1.95	99.79
18	353.0	52.24	1.22	17.27	8.26	0.15	4.44	7.33	4.78	1.86	0.36	1.85	99.76
19	410.0	53.46	1.14	17.09	8.51	0.14	3.81	5.00	5.87	1.25	0.34	2.17	98.78
20	425.5	49.94	0.95	15.27	10.14	0.14	8.10	9.98	3.14	0.40	0.14	1.58	99.78
21	448.0	53.43	1.11	16.62	8.17	0.12	4.02	7.58	3.70	3.05	0.33	1.64	99.77
22	461.0	54.05	1.23	17.63	9.65	0.08	2.88	4.75	3.37	4.34	0.37	1.42	99.78
23	486.0	54.54	1.08	17.26	7.89	0.09	3.85	8.63	3.61	1.36	0.35	1.10	100.48
24	498.0	53.06	1.17	17.18	8.56	0.12	4.50	9.25	3.04	1.67	0.36	1.72	100.56
25	503.5	53.66	0.39	17.32	8.26	0.12	4.82	4.97	4.11	3.11	0.38	1.72	98.86
26	572.0	54.78	1.12	18.25	13.37	0.09	2.25	2.52	1.23	4.48	0.36	1.64	100.09
27	585.0	52.52	0.89	16.37	9.54	0.14	5.90	6.88	4.39	0.83	0.22	2.01	99.69
28	594.6	50.60	0.85	15.56	9.94	0.09	8.47	10.32	2.00	0.40	0.20	0.70	99.13
29	601.0	57.36	0.76	16.27	7.90	0.05	4.07	4.82	5.47	0.70	0.24	1.30	100.24
30	617.0	51.20	0.83	13.46	10.29	0.16	9.45	9.95	2.67	0.52	0.22	1.60	100.59
31	627.7	47.22	1.40	23.78	12.87	0.04	2.09	2.45	3.19	5.26	0.32	1.30	99.92
32	655.0	49.60	0.66	12.82	10.08	0.08	13.08	8.79	1.83	0.40	0.10	1.80	99.24
33	686.7	52.70	0.56	12.80	9.53	0.06	11.50	10.83	1.15	0.26	0.05	0.80	100.24
34	698.5	49.36	0.81	16.57	10.60	0.15	7.76	10.93	2.68	0.28	0.25	1.00	100.39
35	698.7	51.74	0.55	14.95	10.61	0.15	7.50	10.51	2.72	0.35	0.32	1.10	100.50
36	719.2	51.98	0.82	15.58	7.25	0.05	8.58	10.93	2.90	0.50	0.11	0.98	99.68
37	727.5	47.88	0.88	16.84	9.24	0.11	8.04	10.93	3.00	0.40	0.11	2.46	99.89
38	736.0	48.27	0.72	14.66	10.64	0.15	8.51	11.54	1.81	1.23	0.10	2.15	99.78
39	753.2	48.56	2.00	18.07	7.99	0.08	5.11	11.70	3.19	0.40	0.37	0.92	98.39
40	832.0	50.05	0.81	17.07	9.05	0.13	6.90	10.28	3.44	0.35	0.12	1.59	99.79
41	843.5	48.86	0.90	15.81	8.81	0.07	9.32	9.13	3.38	0.85	0.14	1.10	98.37
42	871.5	49.34	0.65	14.32	10.08	0.18	9.63	10.31	2.61	0.48	0.10	2.08	99.78
43	892.5	44.66	0.98	15.28	12.04	0.11	10.43	9.32	1.63	2.56	0.12	2.64	99.77
44	903.0	51.20	0.96	15.90	9.33	0.09	7.55	8.66	3.84	0.85	0.15	0.98	99.51
45	915.0	47.83	0.99	16.14	10.07	0.18	8.23	10.80	2.78	0.62	0.13	2.08	99.85
46	949.5	49.42	0.98	15.80	6.70	0.09	9.20	12.17	2.27	0.57	0.14	1.86	99.20
47	955.5	49.03	0.98	15.47	11.70	0.11	7.84	9.19	3.62	0.60	0.14	1.79	100.47
48	958.0	46.34	0.98	15.63	11.47	0.12	9.76	9.39	2.19	1.44	0.15	1.96	99.43
49	961.0	47.42	0.65	13.01	11.62	0.19	10.61	11.17	2.34	0.62	0.08	2.06	99.77
50	966.0	48.50	0.64	12.89	10.93	0.21	10.41	10.95	1.77	0.71	0.08	2.49	99.58
51	993.5	48.48	0.98	15.12	11.04	0.12	8.84	10.98	2.12	0.68	0.14	1.00	99.50
52	994.2	49.44	0.69	13.49	9.89	0.13	10.31	11.64	1.97	0.36	0.09	1.16	99.07

Примечание 1–7 – атацит; 8–10, 12, 17 – плагиоклазовый порфирит; 11, 13–16, 18–25 – пироксен-плагиоклазовый порфирит; 26–35 – обломочные порфириты; 36–52 – пироксеновый порфирит. FeO\* – общее. Анализы выполнены рентгенофлуоресцентным методом в Институте геологии и геохимии УрО РАН.



**Рис. 2.** Распределение петрогенных элементов в разрезе порфиритовой субинтрузии по скв. 2009 на Магнитогорском месторождении.

1 – калиевый атакит, 2 – натриевый атакит, 3 – P1-порфирит, 4 – Pх-P1-порфирит, 5 – автомагматическая брекчия порфири-  
тов, 6 – Pх-порфирит.

Приведем характеристику каждого типа порфиритов по разрезу сверху вниз.

Плагиноклазовые порфириты слагают интервал 334.6–380 м. Вкрапленники плагиноклаза составляют 32–33% от объема породы. Они представлены таблитчатым плагиноклазом зеленовато-серого цвета длиной 2–8 мм и шириной 1–4 мм. Основная масса афанитовая от темно-серого до черного цвета, местами с вишневым оттенком. По составу плагиноклаз вкрапленников соответствует лабрадору № 50 и андезину № 40–41 в лейстах основной массы. Отмечается некоторая ориентированность вкрапленников плагиноклаза. Основная масса породы состоит из лейст плагиноклаза, хлорита и рудного минерала (гематита?). Часто наблюдается эпидот. Пироксен-плагиноклазовые порфириты слагают интервал 380–689.8 м. Вкрапленники плагиноклаза зеленовато-серые таблитчатой формы, достигают 10 мм. Состав плагиноклаза вкрапленников соответствует лабрадору № 59–60, а лейст плагиноклаза из основной массы – андезину № 38–47. Пироксен по составу относится к диопсид-авгиту. Очень часто он замещен роговой обманкой. В целом количество и размер вкрапленников плагиноклаза с глубиной уменьшаются, а пироксена – увеличиваются. Большей частью порфириты изменены: альбитизированы, эпидотизированы, карбонатизированы. На некоторых участках отмечается гематит в виде вкрапленности и прожилков, а также пирит и кварц. С глубины 689.8 м порфириты становятся чисто пироксеновыми и прослеживаются до глубины 1270 м. При этом количество вкрапленников пироксена с глубиной увеличивается, достигая 25%. По составу это также диопсид – авгит. Большей частью пироксен замещен роговой обманкой, а также хлоритизирован и эпидотизирован. Таким образом, как отмечает А.В. Говорова, порфириты “постепенно от чисто плагиноклазовых разностейверху через пироксен-плагиноклазовые переходят внизу в чисто пироксеновые” [3]. Скважина остановлена в гранитах, которые оказали воздействие на пироксеновые порфириты, выразившееся в ороговоковании последних и развитии на контакте полевошпатовообманковой породы. Зона ороговокования составляет около 70 м. Как мы видим, в данной скважине атациты отсутствуют.

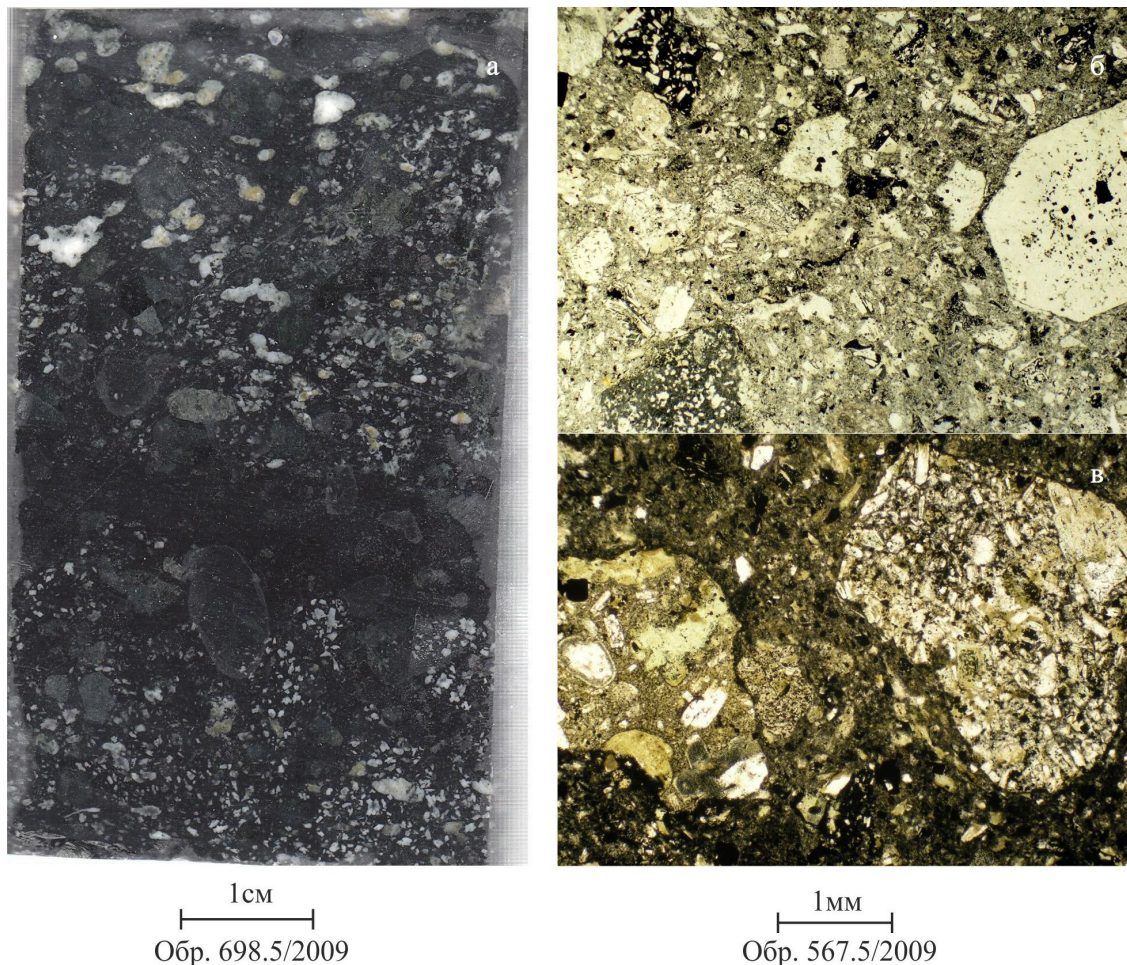
В целях получения количественной характеристики явлений дифференциации А.В. Говорова провела детальные определения удельного веса породы по вертикальному разрезу субинтрузии. В зонах перехода от одного типа порфирита к другому ею зафиксированы заметные изменения в удельном весе. Так, при переходе плагиноклазовых порфиритов в пироксен-плагиноклазовые удельный вес породы постепенно увеличивался от 2.75 до 2.80 г/см<sup>3</sup>, а переход пироксен-плагиноклазовых порфиритов в пироксеновые отразился в увеличении удельного веса с 2.80 до 2.95 г/см<sup>3</sup>.

Другой тип контакта наблюдался нами в скв. 2009. Здесь между пироксеновыми и пироксен-плагиноклазовыми порфиритами залегает толща обломочных порфиритов (зона автомагматических брекчий) мощностью около 200 м. Обращает на себя внимание выдержанный состав обломков, соответствующий как нижележащим пироксеновым порфиритам данной субинтрузии, так и вышележащим пироксен-плагиноклазовым и плагиноклазовым порфиритам. В верхней части этой толщи в составе обломков преобладают мелкопорфиритовые плагиноклазовые и пироксен-плагиноклазовые порфириты (рис. 3). Нередко обломки имеют овальные очертания. Для некоторых таких обломков характерна эмульсионная структура, обусловленная обособлением гидротермальных минералов, таких как карбонат, хлорит и др. Материал, цементирующий обломки, также содержит карбонат, хлорит, цеолиты и гематит, количество которого иногда бывает весьма значительным. Ниже по разрезу обломки пироксен-плагиноклазовых порфиритов исчезают и порода приобретает облик автомагматической брекчий пироксенового порфирита, которая постепенно переходит в массивные пироксеновые порфириты.

По химическому составу (см. табл. 1) внутриинтрузивная обломочная толща закономерно вписывается в эволюционный тренд пород данной дифференцированной интрузии (см. рис. 2). При этом обломочные порфириты в нижней части толщи по содержанию основных петрогенных компонентов (MgO, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и др.) полностью аналогичны нижележащим массивным пироксеновым порфиритам. Вместе с тем можно отметить некоторую обогащенность их фосфором и кальцием при дефиците щелочей. Увеличение разброса в содержании петрогенных элементов в зоне внутриинтрузивной автомагматической брекчий обусловлено присутствием гидротермальных минералов, характерных для областей дезинтеграции флюидизированной магмы. При этом не исключено, что часть компонентов могла быть заимствована из вмещающих интрузию карбонатных пород.

Приведенные выше данные свидетельствуют о комагматичности всех типов пород субвулканической порфиритовой интрузии Магнитогорского месторождения. Дифференциация исходного расплава проходила с накоплением (аккумуляцией) моноклинного пироксена в нижней части субинтрузии, а плагиноклаза – в верхней. При этом в нижней части дифференцированной (расслоенной) интрузии первоначально был заметный дефицит воды. Кристаллизация происходила в сухой системе, при высокой температуре, поэтому в обогащенном хлором придонном расплаве кристаллизовался богатый хлором апатит.

Таким образом, на основе изложенных данных, можно сделать заключение о том, что вну-



**Рис. 3.** Автомагматическая брекчия в разрезе порфиритовой интрузии (скв. 2009).

а – образец с глубины 608.5 м; б, в – образец с глубины 567.5 м.

триинтрузивные “обломочные породы” являются частью порфиритовой субинтрузии. Формирование зоны обломочных порфиритов происходило на границе двух сред разной плотности. С одной стороны, это были залегающие выше по разрезу плагиоклазовые и пироксен-плагиоклазовые, с другой – пироксеновые порфириты основания интрузии. В результате мгновенного высвобождения газовой-флюидной фазы (флюидоразрыва), обусловленного резким спадом давления в магматической камере при тектонических подвижках, и были сформированы эти обломочные породы, которые также могут быть отнесены к классу флюидизатных образований.

Ранее было отмечено [7, 13], что подобные образования приурочены к участкам земной коры повышенной проницаемости, где рудообразующий процесс сопровождается закрытыми эксплозиями в связи с взрывным расширением отделяющейся флюидной фазы. Поэтому, являясь продуктами закрытых эксплозий, связанных с близповерхностными интрузиями, подобные образо-

вания на разных рудных месторождениях присутствуют особенно часто.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума РАН № 27 (проект 12-П-5-2015) и совместной Программы УрО, СО и ДВО РАН (проект 12-С-5-1022).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочарникова Т.Д. Порфиритовая интрузия и гематитовое оруденение (Магнитогорское месторождение) // Ежегодник-1994. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1995. С. 56–57.
2. Бочарникова Т.Д., Холоднов В.В. Характеристика процессов флюидно-магматического взаимодействия в субвулканических породах Магнитогорского скарново-магнетитового месторождения // Ежегодник-1999. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2000. С. 219–222.
3. Говорова А.В. О явлениях дифференциации в порфиритах лежачего бока железорудного месторождения горы Магнитной // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала: Тр. I Урал. петрограф. совещ.

- Свердловск, 1963. С. 299–304.
4. *Голубева И.И.* Магматогенные флюидизатно-эксплозивные образования севера Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 140 с.
  5. *Заварицкий А.Н.* Гора Магнитная и ее месторождения железных руд. Л.: Геолком, 1927. 695 с.
  6. *Нечкин Г.С., Семенов И.В., Бочарникова Т. Д. и др.* О взаимосвязи и природе ачаитов, порфирировых базальтов и оруденения на Магнитогорском месторождении // Ежегодник-1988. Свердловск: ИГТ УрО РАН СССР, 1989. С. 39–45.
  7. Рудоносные брекчии и их поисковое значение. Алма-Ата: КазНИИМС, 1977. 225 с.
  8. *Салихов Д.Н., Яркова А.В., Салихова Р.Н., Мосейчук В.М.* Вулканизм позднего девона Магнитогорского мегасинклинория (геология, петрохимия, геохимия). Уфа: БФАН СССР, 1987. 34 с.
  9. *Семенов И.В., Нечкин Г.С., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П.* Rb-Sr изохронное датирование образования подрудных вулканитов Магнитогорского железорудного месторождения // Ежегодник-1989. Свердловск: ИГТ УрО АН СССР, 1990. С. 69–72.
  10. *Серавкин И.Б.* Металлогения Южного Урала и Центрального Казахстана. Уфа: Гилем, 2010. 281 с.
  11. *Сергеев О.П., Скопина Н.А. и др.* Скарново-магнетитовая формация Урала. Средний и Южный Урал. Свердловск, 1989. С. 75–103.
  12. *Ферштатер Г.Б.* Магнитогорская габбро-гранитная интрузия. Свердловск: УФАН СССР, 1966. 144с.
  13. *Хомичев В.А.* Петрология и рудообразование. Новосибирск: Мин-во природных ресурсов РФ, СНИИГГиМС, 2005. 316 с
  14. *Cloos H.* Bau und Taetigkeit von Tuffschloten // *Geologische Rundschau*. Bd XXXII. Hft 6–7. 1941. S. 708–800.