

ОТНОШЕНИЕ МАГНЕТИТОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ К СИЛОВО-ДАЙКОВОМУ КОМПЛЕКСУ  
НА МАГНИТОГОРСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Для выявления формы связи оруденения с силлово-дайковым комплексом на Магнитогорском месторождении были отобраны образцы по поперечным разрезам даек и силлов. Один из разрезов, включающий сложную дорудную дайку диабазов и прилегающую зону оруденения, показан на рис. 1. Диабаз дайки подвергнут интенсивному скарнированию, а у зальбандов местами наблюдаются магнетитовые гнезда. Внутри диабаза находится оруденелый гранатовый скарн, представляющий собой полностью замещенный ксенолит известняка. Вдоль контактов дайки с обеих сторон располагается массивная магнетитовая руда с реликтами скарнов.

Наиболее близки к стехиометрическому составу магнетиты из скарна в центральной части дайки (обр. 12, 13). Для них характерны высокие значения удельной намагниченности насыщения  $\sigma_s$  (91 А.м<sup>2</sup>/кг), зависящей от чистоты зерен /2/, низкие значения коэрцитивной силы  $H_{св}$  (-1,0 кА/м) и остаточной коэрцитивной силы  $H_{сг}$  (~14 кА/м), контролирующие внутренние напряжения /1,5/. По микроэлектронным снимкам это гомогенные без структурных неоднородностей магнетиты и без значительных внутренних напряжений. Можно предполагать, что кристаллизация этого магнетита проходила в равновесных условиях при медленном остывании.

Магнетит из эндоконтактной зоны диабаза (обр. 38) отлагался в условиях более высокого температурного градиента и при большей скорости кристаллизации, чем магнетит из ксенолита. Этим обусловлены иные магнитные параметры: уменьшается  $\sigma_s$  (~85 А.м<sup>2</sup>/кг) и повышаются  $H_{св}$  (2,5 кА/м) и  $H_{сг}$  (16,3кА/м).

Минимальные значения удельной намагниченности насыщения  $\sigma_s$  (~78 А.м<sup>2</sup>/кг) и максимальные - коэрцитивных сил  $H_{св}$  и  $H_{сг}$  (~7,0 и ~23 кА/м соответственно) наблюдаются у магнетитов из зоны экзоконтакта диабазовой дайки (обр.4,5). Кристаллизация магнетита в этой зоне протекала при инфильтрационно-биметасоматическом процессе за счет просачивания растворов вдоль поверхности соприкосновения силикатной и карбонатной пород при достаточно высоких температу-

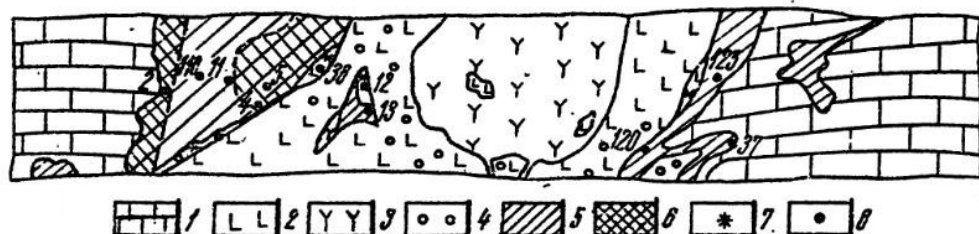


Рис. 1. Геологический разрез околодайковой рудной зоны. Главный карьер, гор. 370:

1 - мраморизованный известняк, 2 - диабаз, 3 - кварцевый порфир, 4 - скарн, 5 - магнетитовая руда, 6 - то же, с мушкетовитом, 7 - вкрапленный магнетит, 8 - точки отбора образца

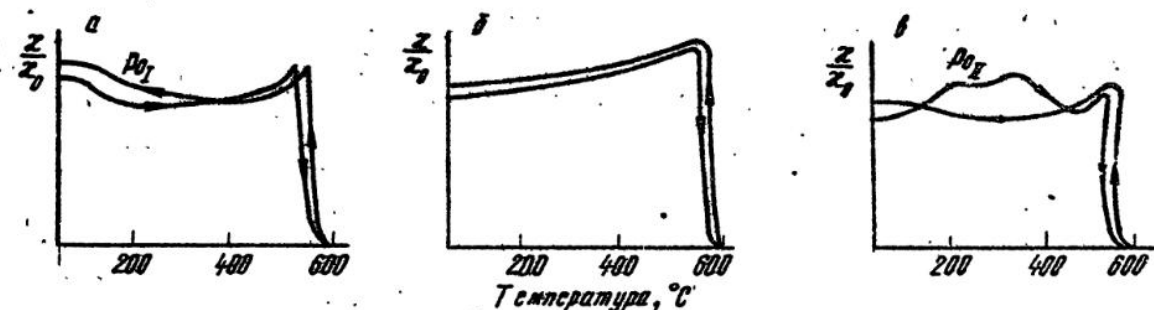


Рис. 2. Кривые ТМА магнетита руд разных позиций:

а - висячий бок дайки, б - лежачий бок дайки, в - контактовых зон около диабазовых силлов

рах. Такие условия определяют обычно максимальные скорости кристаллизации руд, что и привело к формированию здесь неравновесных кристаллических структур магнетита с наличием механических примесей.

В магнетитах сплошной руды при удалении от контакта с дайкой (обр. II, II0, 2) отмечается закономерное увеличение  $\sigma_s$  ( $\sim 81 \text{ А.м}^2/\text{кг}$ ) и уменьшение структурно-чувствительных параметров  $H_{cs}$  и  $H_{cg}$  ( $\sim 4,5$  и  $\sim 20 \text{ кА/м}$ ), как следствие постепенного уменьшения температуры образования руды и скорости ее кристаллизации. Выявленное изменение свойств магнетита в области "верхнего" контакта дайки отмечается, хотя и менее ярко, и для области "нижнего" контакта (обр. I20, I23, 37). Такая неравномерность петромагнитных свойств позволяет говорить об отложении магнетита руд одновременно со становлением дайкового комплекса основного состава.

При термомагнитных исследованиях (рис. 2) по всей "верхней" зоне в зернах магнетита обнаружены выделения второй магнитной фазы с температурой Кюри -  $200^\circ\text{C}$ , устойчивой к воздействию высоких температур (до  $700^\circ\text{C}$ ). Дифференциальный термоанализ (аналитик В.Г.Петрищева) в проточном аргоне по наличию эндозффекта при температуре  $-200^\circ\text{C}$  на кривой ДТА подтвердил наличие магнитной фазы с температурой Кюри  $200^\circ\text{C}$ . Электронная микроскопия выявила в зернах магнетита пластинчатые микровыделения длиной от 2 до 7 мкм при ширине в десятые доли микрометра. Учитывая результаты исследований и расчеты электронограмм, снятых с этих включений, их можно диагностировать как ферримагнитный гексагональный пирротин ( $\text{Po}_I$ ). По форме и упорядоченному расположению микрокристаллов пирротина в структуре зерен магнетита, результатам дериватографии и термомагнитного анализа, указывающим на его температурную стабильность, можно предположить, что кристаллизация установленного пирротина происходила близодновременно с кристаллизацией магнетита основного этапа оруденения, при флюктуациях потенциала кислорода и серы. В магнетитах "нижней" зоны в лежащем боку дайки проявлений пирротиновой фазы не обнаружено.

В магнетитовых рудах, отобранных из контактовых зон силлов основного состава, термомагнитным методом выявлена, кроме магнетита и маггемита, тоже дополнительная магнитная фаза, но не стабильная, которая соответствует пирротину ( $\text{Po}_{II}$ ) (см. рис. 2, в). В результате многократного прогрева этих проб

с последовательным увеличением температуры нагрева происходил переход магнетита в гематит, а начиная с 400–450°C – переход  $Ro_{II}$  в  $Ro_I$  с температурой Кюри 200°C. Вновь полученная фаза  $Ro_I$  – одна из сверхструктур гексагонального пирротина. Такая перестройка структур пирротина может идти либо при равновесных медленных термических процессах, либо в результате быстрых многократных прогревов /3/. Последнее, видимо, и промоделировано нами, поскольку, по петромагнитным данным эти магнетиты неравновесны и кристаллизовались при достаточно больших скоростях.

Помимо пирротина "верхней" экзосоны дайки, было обнаружено существенное развитие игольчатых мушкетовитов, структуры прорастания магнетит-гематитового состава. По геотермометру /4/ температура образования последних 380–400°C. Выявленная фаза гексагонального пирротина стабильна при нагревах до тех же температур. Здесь же намечается значительная насыщенность рудной массы апомангнетитовым пиритом, отлагавшимся после магнетит-гематитового парагенезиса при дальнейшем понижении температуры рудоотложения (сульфидная стадия). Следует отметить также, что сплошное магнетитовое оруденение в "верхней" зоне обширнее, чем в нижней, где отмечается лишь блочный метасоматоз.

Таким образом, на изученном разрезе рудного тела наблюдается явная асимметрия минерального состава и магнитных свойств магнетита относительно диабазовой дайки. Эти явления можно объяснить более сильной и постоянной фильтрацией рудоносных растворов в открытой системе всяческого бока дайки, в то время как в лежащем боку, под экраном дайки, фильтрация растворов, а следовательно, и процессы метасоматоза подавлены. Условия неравномерной фильтрации и привноса железа около дайки сохранялись длительное время: от начала отложения скарнов и кристаллизации первых рудных фаз гематита, который со временем преобразовывался в магнетит (мушкетовит), через отложение основной магнетитовой массы, наложенной на скарны и на известняки, вместе с которой формировалась и пирротиновая минерализация, до кристаллизации немагнитных сульфидов в постмагнетитовую стадию.

Полученные результаты соответствуют модели формирования руд Магнитогорского месторождения, одна из главных ролей в которой отводится флюидоподводящему силлово-дайковому комплексу, являвшемуся долгоживущей и многократно прогреваемой рудолокализирующей системой.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Кудрявцева Г.П., Гаранин В.К., Жилыева В.А., Трухин В.И. Магнетизм и минералогия природных ферришпинелидов. М.: Изд-во МГУ, 1982.

2. Нагата Т. Магнетизм горных пород. М.: Мир, 1965.

3. Новиков Г.В., Егоров В.К., Соколов Б.А. Пирротины. М.: Наука, 1988.

4. Полтавец Ю.А. Обсуждение титаномагнетитового геотермометра Бадингтона-Линдсли на основе сравнительного анализа равновесий шпинелидов магнетитовой серии // Изв. АН СССР. Геология. 1975. № 6. С. 63–72.

5. N o d u s h J.P. Magnetostriptive control of coercive force in multidomain magnetite // Nature. 1982. Vol. 298. P. 542–544.