

**МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МИНЕРАЛОВ
В ТУРОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАКЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

М.Д. Стеблецов, А.В. Галиханов

Научный руководитель: доцент, к.г.-м.н. М.А. Рудмин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия*

Магнетит, ильменит и гематит являются самыми ценными рудными минералами в железорудной промышленности, которые распространены в эндогенных, экзогенных и метаморфогенных системах. Известны также россыпные месторождения магнетита и ильменита. Цель данного исследования заключается в изучении минералого-геохимических особенностей ферромагнитных оксидов железа в туронских породах с оценкой их ресурсов в пределах Бакчарского месторождения.

Бакчарское месторождение морских оолитовых железных руд находится в юго-восточной части Западной Сибири в окрестностях с. Бакчар Томской области. Месторождение известно своими колоссальными ресурсами железа [1], но в настоящее время не разрабатывается в связи со сложными горнотехническими условиями (высокая водонасыщенность пород) и высокой долей фосфора в рудных минералах. Основными минералами железа на месторождении являются гидроокислы железа (гетит, гидрогетит), железистый хлорит (шамозит) и сидерит. Формирование оолитовых железных руд занимает промежуток от турона до эоцена. Разрез месторождения представлен типичными прибрежно-морскими отложениями, вмещающими горизонты оолитовых железняков. Образованию первого (нарымского) горизонта предшествовало накопление слабосцементированных мелкозернистых песчаников туронского возраста. По данным каппаметрии эти туронские песчаники характеризуются высокой магнитной восприимчивостью [2], которая связана с наличием ферромагнетиков. Данная работа направлена на изучение этих минералов в качестве дополнительного ресурса Бакчарского месторождения.

Методика исследований включала в себя следующие методы: измерение магнитной восприимчивости, минералогический и гранулометрический анализы, оптическая микроскопия, рентгенодифракционный и рентгеноспектральный анализы, сканирующая электронная микроскопия.

Изучаемые туронские отложения представляют собой темно-серые, иногда со слабым зеленоватым оттенком слабосцементированные мелкозернистые песчаники. Среднее процентное содержание фракции (-0,5+0,16) мм в этих породах составляет 18,2 %, фракции (-0,16+0,04) мм - 50,1%, (-0,04) мм - 14,8 %. Песчаники состоят из обломков кварца, полевых шпатов, древесных органических остатков и тяжелых аксессуарных минералов. Среди аксессуарных минералов преобладают ильменит, магнетит, гематит, а также отмечается циркон, монацит. Средняя магнитная восприимчивость (X , 10^{-3} ед. Си) изучаемых пород составляет 1,96 и изменяется в пределах 1,13...2,96. Данные параметры выделяют туронские отложения из вмещающей толщи по аномальным значениям магнитной восприимчивости. Так магнитная восприимчивость всей железовмещающей толщи Бакчарского месторождения изменяется в пределах 0,36...0,86, при среднем значении 0,58.

Среднее содержание магнитных минералов в изучаемых породах составляет 14,8 %. Основная доля магнетита приходится на гранулометрическую фракцию с размером (-0,16+0,04) мм, реже встречается во фракции (-0,04) мм. Во фракциях больше 0,16 мм магнетит практически не встречается, лишь в некоторых пробах и в ничтожных количествах. По данным рентгенодифракционного анализа магнитной фракции было выявлено содержание магнетита – 18,35 %, ильменита – 27,31 % и гематита – 22,35 %.

Магнетит в терригенных породах Бакчарского месторождения присутствует в виде кристаллов октаэдрической формы, либо в виде обломков этих кристаллов, и, преимущественно, в виде неправильных форм. Октаэдры стально-серого цвета, имеют гладкие блестящие грани с прямолинейными ребрами. Нередко присутствует слегка ступенчатая структура граней (рис. 1А). Размер таких кристаллов примерно выдержан и равен 0,1 мм. Магнетит больших размеров уже не встречается в хорошо ограненных кристаллах, а наблюдается в виде зерен субоктаэдрической формы с округлыми очертаниями (рис.1Б), либо в зернах неправильной формы или их обломков. В таких выделениях можно наблюдать следы коррозии в виде ямочек на зернах магнетита. Размеры зерен неправильной формы изменяются от 0,2 до 0,4 мм (рис.1В) Редко встречаются срастание кристаллов магнетита с кварцем. Ильменит встречается в виде небольших табличек либо чешуек неправильной формы, размеры которых не превышают 0,2 мм (рис. 1Г). Неправильная форма зёрен, окатанность и следы коррозии позволяют сделать вывод об обломочной природе магнетита и ильменита в изучаемом разрезе.

Средний химический состав магнитных минералов из туронских отложений Бакчарского месторождения представлен в таблице 1. Химический состав магнетита по данным рентгеноспектрального анализа характеризуется большим содержанием Fe_2O_3 , которое изменяется от 90 до 98 % в минерале. Также присутствует TiO_2 – от 0,3 до 5,3 %; V_2O_5 – от 0,3 до 0,4 %; Al_2O_3 – от 0,3 до 0,9 %. Химический состав ильменита характеризуется наличием TiO_2 в пределах от 46 до 58% и Fe_2O_3 – от 37 до 48 %. Также присутствует MnO – от 1 до 13 %; ZnO и Al_2O_3 – 0,6 %.

Таблица 1

Средний химический состав магнитных минералов из туронских отложений Бакчарского месторождения

Оксид	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MnO	K_2O	Cr_2O_3	P_2O_5
Среднее значение (%)	33,99	29,59	17,05	3,44	2,09	0,95	0,55	0,48	0,16

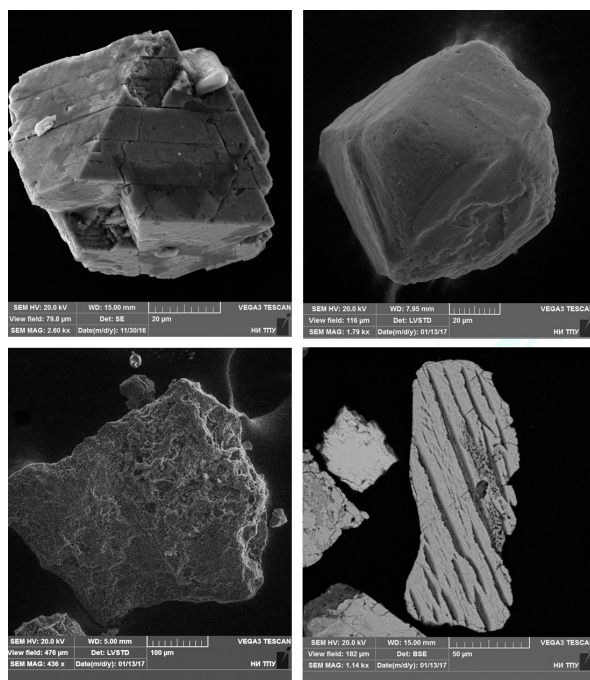


Рис. 1. Морфология кристаллов магнетита (А,Б,В) и ильменита (Г): А) Октаэдр магнетита с продольной штриховкой, наблюдаются зоны роста кристалла; Б) субоктаэдрическая форма кристалла магнетита; В) Следы коррозии на зерне магнетита; Г) Таблитчатая форма ильменита

Ресурсы магнетита оценивались по 11 пересечениям (скважинам) в пределах Западного участка месторождения около с. Бакчар. Рудный пласт общей площадью около 3 км² характеризуется средней мощностью 4,5 м. Мощность пласта является достаточной выдержанной и изменяется в пределах от 3,8 до 6 м, при минимальной мощности 1,6 м. Общие ресурсы магнетита и ильменита в пределах Западного участка Бакчарского месторождения составляют около 2,75 млн. т при среднем содержании магнитных минералов в пределах пласта 15,2 % и объемной массе породы 2,2 г/см³. При этом ресурсы TiO₂ при среднем содержании 29,6 % составляют около 815 тыс. т (при среднем содержании TiO₂ – 29,6 %), а Fe₂O₃ – 934,9 тыс. т (при среднем содержании Fe₂O₃ – 34 %). Слабая цементация песчаников позволяют рассматривать скважинную гидродобычу как благоприятный метод для разработки магнетит-ильменитового пласта.

Повышенные содержания ферромагнитных оксидов железа в туронских отложениях, по всей видимости, связаны с благоприятной фациальной и геохимической обстановкой, которая способствовала их накоплению. Такие факторы как наличие сохранившейся органики, отсутствие сульфидов железа, слабая цементация пород позволяют судить о высокой скорости седиментации отложений. Как известно высокая скорость седиментации характерна для области постоянного привноса осадочного материала, к примеру, для маргинальной зоны моря. По мнению авторов именно эта обстановка является ключевым барьером для накопления магнетита и ильменита, привносимого поверхностными водотоками с континента.

Результаты данного исследования позволяют сделать следующие выводы. 1) Высокие значения магнитной восприимчивости ($1,13...2,96 \times 10^{-3}$ ед. Си) в туронских мелкозернистых песчаниках связаны с ферромагнитными минералами – магнетитом, ильменитом, а также гематитом. Среднее содержание магнитных минералов составляет 14,8 %. 2) Морфология зёрен, следы коррозии свидетельствуют о терригенной природе ферромагнитных минералов. 3) Оцененные ресурсы TiO₂ (815 тыс. т) и Fe₂O₃ (934,9 тыс. т) в туронских песчаниках Бакчарского месторождения позволяют рассматривать их как погребенную ильменит-магнетитовую прибрежно-морскую россыпь. 4) Гранулометрия, морфология и химический состав рудных минералов с низкой долей вредных примесей допускает ожидать низкзатратную технологию их обогащения. 4) Специфическая фациальная обстановка является прогностным критерием для поиска аналогичных рудных скоплений в других районах Западно-Сибирского бассейна.

Следует подчеркнуть, что данное исследование имеет прикладное значение, а результаты могут быть использованы недропользователями для комплексной разработки Бакчарского месторождения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и администрации Томской области в рамках научного проекта 16-45-700090.

Литература

1. Западно-Сибирский железорудный бассейн // Под ред. Ф.Н. Шахова. – Новосибирск: СО РАН СССР, 1964. – 448 с.
2. Рудмин М.А. Фациальные особенности и магнитная восприимчивость рудовмещающих отложений Бакчарского железорудного проявления (Томская область) // Известия Томского политехнического университета. 2014. №1 (324). С. 48 – 55.