

И.А. СВЯЖИНА, М.А. ДАНИЛОВ

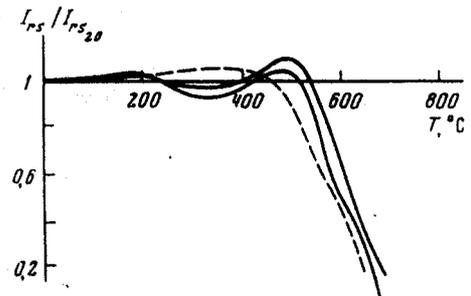
**МАГТЕМИТ В ЖЕЛЕЗОБОБОВОЙ ПОРОДЕ
ИЗ СЕВЕРООНЕЖСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ***(Представлено академиком В.И. Смирновым 20 VI1984)*

В процессе магнитных исследований бокситов и вмещающих их пород впервые для Североонежского района установлено наличие маггемита, характерного для руд бокситовых месторождений [1].

Ожелезненные глины с заключенными в них линзовидными прослоями железобобовых руд, относимые условно к Михайловскому горизонту нижнего карбона, на участках месторождений бокситов залегают непосредственно в кровле продуктивной каолинит-бокситовой толщи тульского (согласно другой точке зрения тульско-алексинского) возраста и, по мнению большинства геологов, связаны с ней постепенными переходами [2]. Железобобовые породы являются своего рода маркирующим горизонтом для Североонежского района и одним из поисковых признаков на бокситы.

Отложения железобобовой толщи представлены преимущественно алевритистыми тонкопесчаными жирными на ощупь слюдистыми глинами пестрой окраски с преобладанием желто-коричневых и бурых тонов. По всему разрезу неравномерно распределены железистые конкреции (бобовины) округлой или овальной формы с размерами от долей миллиметра до 1 см (преобладают 1-6 мм). Темно-коричневые

Рис. 1. Зависимость I_{rs} от температуры для бобовин 3-й группы из железобобовой породы (сплошная линия) и ядра бобовины (штриховая линия), содержащих маггемит



конкреции имеют скорлуповато-концентрическое строение с окрашенным в охристо-желтые цвета ядром.

Они сложены в основном гетитом, гематитом и кварцем и состоят соответственно из железа (до 50%) и кремния (до 30%), присутствуют также Cr, Al, Ti и V.

Комплекс магнитных исследований включал в себя: определение магнитной восприимчивости k , естественной остаточной намагниченности I_n , получение кривых технического намагничивания в полях до 5000 Э — $I_r(H)$, термомагнитные исследования естественной остаточной намагниченности, нормальной остаточной намагниченности I_r и разрушающего ее постоянного магнитного поля H'_c , параметров насыщения — остаточной намагниченности насыщения I_{rs} и разрушающего ее постоянного магнитного поля H'_{cs} . Измерения проведены по стандартной методике на рок-генераторе ИОН-1 и модернизированном каппометре ИМВ-2, проталонированном солью Мора [3].

Как показали результаты измерений, железобобовые руды и ожелезненные глины отличаются большим разнообразием магнитных свойств — магнитная восприимчивость их изменяется от 30 до $1860 \cdot 10^{-6}$, естественная остаточная намагниченность от 4,8 до $2760 \cdot 10^{-6}$ СГСМ. Железобобовые породы характеризуются повышенным для осадочных образований фактором Q^* , равным 2,5 (для бокситов $Q = 0,6$, для глин и алевролитов $Q = 0,3$).

Результаты измерений 43 бобовин из обр. 46-жб показали, что естественная остаточная намагниченность имеет пределы для 22 бобовин $(1 \div 60) \cdot 10^{-6}$, для 15 — $(100 \div 1000) \cdot 10^{-6}$, для 4 — $(1300 \div 3000) \cdot 10^{-6}$, у 2 бобовин I_n $46\,000 \cdot 10^{-6}$ и 1 СГСМ. Четыре бобовины из обр. 4213–85 железобобовой породы имеют I_n $66 \cdot 10^{-6}$, $187 \cdot 10^{-6}$, $846 \cdot 10^{-6}$ и $77500 \cdot 10^{-6}$ СГСМ.

В итоге по магнитным характеристикам выделены три группы бобовин: с разными по составу магнитными фракциями.

Бобовины первой группы намагничиваются до насыщения полем 1000–2000 Э, т.е. основная компонента их I_{rs} магнитомягкая. По величине нормальной остаточной намагниченности насыщения достигает $17\,000\text{--}32\,000 \cdot 10^{-6}$ СГСМ. При нагревании до 700°C I_{rs} бобовин уменьшается только на 25–30%, что связано с переходом, по-видимому, небольшого количества гидроокислов железа в гематит. Основным же носителем намагниченности этих образцов следует считать гематит натечно-землистого строения, поскольку его намагниченность характеризуется магнитомягкой фазой [4]. Естественная остаточная намагниченность бобовин изменяется от 49 до $460 \cdot 10^{-6}$ СГСМ.

К второй группе отнесены бобовины, остаточная намагниченность которых не достигла насыщения в поле 5000 Э и состоит из одной магнито жесткой составляющей. Величина нормальной остаточной намагниченности имеет широкие пределы —

* Фактор $Q = I_n/I_r$, где I_r — индуцированная намагниченность.

Таблица 1

№ шт.	$I_n \cdot 10^{-6}$ СГСМ	D , град.	I , град.	№ шт.	$I_n \cdot 10^{-6}$ СГСМ	D , град.	I , град.	№ шт.	$I_n \cdot 10^{-6}$ СГСМ	D , град.	I , град.
1	700	-	-	6	10600	146	9	11	2800	188	-45
2	600	-	-	7	7200	103	-37	12	10300	67	-6
3	1400	242	14	8	5000	90	0	13	3600	128	0
4	400	117	-18	9	8300	101	-38	14	130	153	-53
5	1200	87	-29	10	3300	115	-2	46-жб	2400	132	-6

Примечание. D, I — магнитные склонение и наклонение вектора I_n . Векторы I_n штуфов имели общее направление и не изменяли его в процессе нагревания до 200 °С и последующей выдержки в течение 2 ч при этой температуре.

от 4500 до $54000 \cdot 10^{-6}$ СГСМ. Естественная остаточная намагниченность бобовин изменяется от 3 до $530 \cdot 10^{-6}$ СГСМ.

В процессе нагревания в бобовинах происходят непрерывные превращения вещества, сопровождающиеся значительными изменениями магнитных свойств: I_r после 700 °С уменьшается по сравнению с I_r до нагревания на 75–95%.

Спад остаточной намагниченности в широком интервале температур вызван фазовыми переходами гидроокислов железа в окислы. По-видимому, в магнитной фракции бобовин второй группы преобладают гидрогетит и гетит, имеющие игольчато-чешуйчатое строение [4]. При нагревании агрегаты теряют воду, идет превращение по схеме гидрогетит–гетит–гематит. Образующийся гематит имеет очень тонкую структуру и не способен приобрести значительную остаточную намагниченность.

В третью группу входят бобовины, которые намагничиваются до насыщения полем 1000 Э и приобретают I_{rs} интенсивностью до 1,5 СГСМ, что на 1–2 порядка выше I_{rs} бобовин первой и второй группы.

Нагревание до 500 °С не влияет на состав магнитной фракции, так как изменения I_{rs} небольшие. Резкое уменьшение начинается после 500 °С, и при 700 °С I_{rs} теряет 85–99% первоначальной величины (рис. 1). Подобная зависимость $I_{rs}(T)$ характерна для маггемита. Это предположение подтверждается другими магнитными свойствами и данными рентгеноструктурного анализа.

Максимальная магнитная восприимчивость железобобовой породы, включающей все перечисленные группы бобовин, составляет $1900 \cdot 10^{-6}$ СГСМ, что во много раз больше остальных вмещающих бокситов пород [5]. Магнитная восприимчивость маггемитсодержащих бобовин должна быть больше, чем породы в целом. Естественная остаточная намагниченность бобовин велика, до 1 СГСМ, и в некоторых образцах близка к остаточной намагниченности насыщения, что косвенно свидетельствует о малом размере частиц маггемита и, возможно, их однодоменном состоянии. Если последнее обстоятельство верно, то размер зерен маггемита должен быть 0,1 мкм и меньше.

По данным рентгенографических исследований в сильномагнитных бобовинах присутствует маггемит: на рентгенограммах установлены характерные для маггемита линии с межплоскостными расстояниями (d) 2,933₄; 2,505₂₂; 2,078₃; 1,699₈; 1,601₆; 1,471₁₀. Рассчитанный по ним параметр решетки $a = (8,32 \pm 0,01)$ Å. Близкие к этому параметры a получены для маггемита из бобовин каменистого боксита Аркалыкского месторождения — $8,335 \pm 0,005$ и $8,31 \pm 0,01$ Å [1]. Сходство маггемитов из железобобовой породы и каменистого боксита не ограничивается размерами ячеек; и те, и другие устойчивы к нагреванию. Обычно необратимый переход маггемита в гематит происходит в интервале 240–320 °С и сопровождается резким

уменьшением магнитных свойств. Маггемит из казахстанских бокситов переходит в гематит при 450–700 °С, что связано со стабилизацией решетки маггемита ионами алюминия. Высокую термоустойчивость маггемита из железобобовой породы также можно объяснить наличием в его решетке ионов-примесей, вероятнее всего – алюминия.

Маггемит в бобовинах приурочен к ядру. Вещество из центральной части не намагничивается до насыщения в поле 5000 Э, но большую часть I_r приобретает в поле 1000 Э. Удельная $I_r = 64\,000 \cdot 10^{-6}$ СГСМ. После нагревания до 700 °С ядро размагничивается почти полностью, остаток составляет $350 \cdot 10^{-6}$ СГСМ. Переход маггемита в гематит происходит в интервале 500–700 °С (рис. 1, штриховая линия).

Следует отметить, что в бобовинах третьей группы по данным рентгеноструктурного анализа наряду с маггемитом присутствует гематит, который не проявляется в магнитных свойствах из-за сильномагнитного маггемита.

Таким образом, состав магнитной фракции бобовин из железобобовой породы разнообразен – гидрогетит, гетит, гематит и маггемит.

Распределение сильномагнитных и слабомагнитных бобовин в железобобовой породе неравномерное, что доказывается на примере обр. 46-жб. Образец был разрезан на 14 ориентированных штуфов, после чего измерена естественная остаточная намагниченность каждого штуфа (табл. 1).

Поскольку естественная остаточная намагниченность обр. 46-жб стабильна и является суммой J_n штуфов, следовательно бобовины, составляющие основную массу образца, должны быть намагничены согласно между собой.

Известно, что бобовины образуются в результате коллоидных или биохимических процессов перераспределения вещества. Находясь в коллоидально-аморфной фазе, вещество не могло иметь остаточной намагниченности. Магнитостабильная естественная остаточная намагниченность возникла тогда, когда вследствие собирательной кристаллизации образовались кристаллические гидроокислы и окислы железа. Магнитная фракция железобобовой породы сформировалась тогда, когда положение бобовин было зафиксировано в литифицированном осадке, т.е. бобовины перестали перемещаться.

В заключение отметим, что бокситы и надбокситовая толща, включая железобобовые породы, сформировались в разных условиях, что нашло отражение в составе их магнитной фракции: в бокситах преобладают гидроокислы железа, в надрудной толще – его окислы.

Институт геофизики
Уральского научного центра,
Академии наук СССР, Свердловск
Архангельское производственное
геологическое объединение

Поступило
12 VII 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. Связина И.А., Иванов Н.А. В кн.: Проблемы генезиса бокситов. М.: Наука, 1975, с. 252–256.
2. Кальберг Э.А., Левиндо Е.П., Махнач Э.К. В кн.: Платформенные бокситы СССР, М.: Наука, 1971, с. 22–48.
3. Храмов А.Н. и др. Палеомагнитология. Л.: Недра, 1982, с. 312.
4. Багин В.И., Гендлер Т.С., Кузьмин Р.Н., Уразаева Т.К. – Изв. АН СССР. Физика Земли, 1978, № 7, с. 63–76.
5. Данилов М.А. – Изв. высш. учебн. завед. Геол. и разв., 1979, № 8, с. 69–76.