

УДК 553.3/.4:550.4(567)

М.М. АЛЬ-ОБАЙДИ (ИРАК)

МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД И БОКСИТОВ В СРЕДНЕЮРСКИХ И ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНОГО ИРАКА

The deposits of the Middle Jurassic and Paleogen in the Western Desert of Iraq characterized by the existence of ironstone, kaolinitic and bauxitic deposits, which were transported by streams and rivers from the parent rocks consisted in granitic and metamorphic complexes of the Arabian platform. These deposits were precipitated under humid tropical conditions.

Настоящая работа посвящена важным в практическом отношении отложениям железной руды, каолинитов и бокситов, залегающим в области Хуссайният Западной пустыни Ирака. Область Хуссайният расположена приблизительно в 90 км к северу от города Рутба между $40^{\circ} 33' - 41^{\circ} 15'$ в. д. и $32^{\circ} 47' - 33^{\circ} 37'$ с. ш. на территории площадью приблизительно 4500 км². Изученная область включает формацию нижний Хуссайният (байосский ярус средней юры), которая состоит из железорудной толщи Хуссайният и каолинитовой толщи Дугайм, а также бокситовую формацию Нуайфа (палеоцен – эоцен).

Результаты исследований, приведенные в работе, были получены с помощью минералогического и химического анализа более 174 образцов, отобранных из различных литологических слоев 20 буровых скважин и разрезов, расположенных в изученной области.

Определение минералогического состава пород и степени окристаллизованности (кристаллической упорядоченности) каолинита осуществлялось с помощью методов рентгеновской дифрактометрии и инфракрасной спектроскопии.

Каолинит является доминирующим глинистым минералом на исследованной территории. В породах отмечается очень малая примесь смешанослойных иллит-монтмориллонитовых минералов. Содержание каолинита в автохтонных литофациях формации Нуайфа изменяется от 15 до 95 % (среднее 71 %), а в аллохтонных литофациях той же формации – в диапазоне 7÷94 % (среднее 73 %). В каолинитовой толще Дугайм содержание каолинита варьирует от 0,7 до 93 % при средней концентрации 60 %, а в железорудной литофации толщи Хуссайният составляет 0,8÷77 % (в среднем 41 %). В формации Нуайфа каолинит слабо окристаллизован в аллохтонных литофациях, в то время как в автохтонных степень его кристаллической упорядоченности высокая и очень высокая. В обломочных породах толщи Дугайм окристаллизованность каолинита изменяется от средней до низкой, а в железорудной толще Хуссайният – от низкой до очень низкой из-за присутствия кварца и оксидов железа, которые препятствуют росту кристаллов и вызывают снижение упорядоченности [1].

Среди бокситовых минералов формации Нуайфа преобладает бёмит; количество гиббсита незначительно. Эти минералы присутствуют в матрице пород, а также в пизолитах и оолитах автохтонной фации данной формации. Бёмит и гиббсит широко распространены в литофации каолинитового боксита – в среднем 36,6 %. Дж.Б. Мэйнард [3] предположил, что граница между зонами бёмита и гиббсита является маркером бывшего положения уровня грунтовых вод. Бёмит формировался в зоне вы-

щелачивания (выше уровня грунтовых вод), а гиббсит – в зоне водонасыщения (ниже водного уровня). Железо в виде гематита приурочено главным образом к верхней бёмитовой зоне.

Минералы железа в железорудной толще Хуссайният представлены в основном гётитом и гематитом. Гётит обладает первичными микротекстурными особенностями. Это дает основания полагать, что он сформировался путем осаждения из коллоидного «геле-подобного» раствора. В. Швертман и Р.М. Тэйлор [7] показали, что гётит обычно формируется в окислительных условиях при нормальной температуре и в условиях гумидного климата представляет собой устойчивый оксид железа. Гематит железорудной толщи Хуссайният имеет характерные особенности, которые позволяют предположить, что он формировался из гётита в процессе литификации и диагенеза. Характерными текстурами железных руд изученной толщи являются пизолито-оолитовые, обломочные и колломорфные. Концентрация железистых минералов (оксидов и гидроксидов) колеблется в них от 1,4 до 61 %. Рентгендифрактометрический анализ железистых пизолитов железорудной литофации свидетельствует о наличии гётита (рефлексы 4,18 и 2,69 Å) и гематита (2,69 и 2,51 Å). Сдвиг пиков в низкую область и их дифференциальное расширение дают основания полагать, что Al^{3+} замещает Fe^{3+} в структуре гётита. Эту разность называют алюмогётитом [5]. Авторам [4] удалось синтезировать алюмогётит, в котором замещение $AlOОН$ достигало 33 мол. %. Они обнаружили, что рентгендифрактограммы данного продукта изменяются пропорционально степени замещения. Аналогичная картина наблюдается для минералогической разности, называемой алюмогематитом (рис. 1). Инфракрасный спектральный анализ также свидетельствует о замещении Fe^{3+} на Al^{3+} в гётите и гематите (алюмогётит и алюмогематит). К. Джонас и К. Солимар [2] показали, что увеличение частоты полосы 900 см^{-1} алюмогётита может быть связано со степенью замещения железа алюминием в присутствии каолинита и минералов-оксидов алюминия. Они предположили, что замещение Fe^{3+} на Al^{3+} в гематите индицируется полосой 470 см^{-1} или $> 460\text{ см}^{-1}$. Аналогичные результаты были получены автором для алюмогематита. Другие фазы, обнаруженные инфракрасной спектроскопией, включают лепидокрокит и пирит (рис. 2).

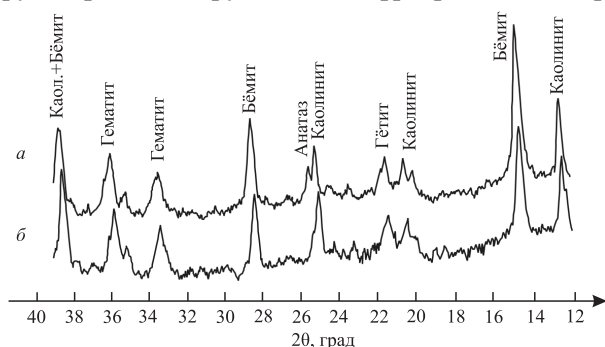


Рис. 1. Рентгендифрактограмма образцов бокситов формации Нуайфа: а – литофация кремнистой глины (глубина залегания 20 м), б – литофация железистых бокситов (глубина залегания 24 м)

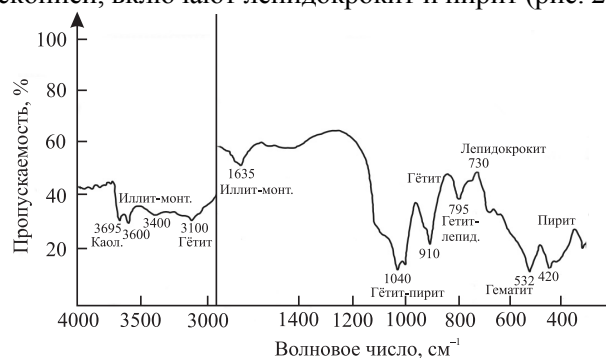


Рис. 2. Инфракрасные спектры железорудной толщи Хуссайният (глубина залегания 10 м)

Основными химическими компонентами бокситов являются Al_2O_3 , Fe_2O_3 и SiO_2 , связанные в виде каолинита, и гидратированные минералы гиббсит и бёмит. Эти оксиды составляют 80 % бокситов формации Нуайфа. Обогащение и обеднение пород макро- и микроэлементами в процессе бокситизации могут быть обусловлены изменениями величины pH и/или окислительно-восстановительной обстановки и изменением в этой связи подвижности химических элементов. Коэффициенты геохимической корреляции Al_2O_3 с ионами Cr^{3+} , Zr^{4+} – положительны, а с Si^{4+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ba^{2+} , Mn^{2+} и Sr^{2+} – отрицательны. Химический состав аргиллита каолининовой толщи Дугайм характеризуется высоким содержанием SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Cr и низким – Fe_2O_3 , CaO, Zn, Ni, Cu, Mn и Sr.

В железорудной литофации Хуссайният самые высокие содержания Fe_2O_3 обнаружены в выделенных из образцов концентратах железистых пизолитов, которые содержат в среднем 50 % Fe_2O_3 . Коэффициенты корреляции Fe_2O_3 с Al_2O_3 , TiO_2 , Co, Ni, Ba, Mn, Cr, Cu, Zr в железорудной толще Хуссайният и каолининовой толще Дугайм относительно высокие, а с CaO, MgO, K_2O и SO_3 – низкие. Обогащение оксидом алюминия обусловлено присутствием каолинита. Химическое отличие изученных железных руд от каолининовой породы, рассматриваемой в качестве материнской, можно объяснить дефицитом некоторых элементов в области питания и особыми условиями в месте осаждения. Концентрации Al^{3+} и Ti^{4+} во всех железорудных литофациях близки. Примерно одинаковые содержа-

ния Al^{3+} и Ti^{4+} в аргиллите и железорудных породах, очевидно, являются результатом одного материнского источника этих двух видов пород. Обогащение железом толщи Хуссайният связано с его осаждением при $pH < 7$. На кислую геохимическую обстановку формирования отложений указывает, в свою очередь, разложение алюмосиликатных минералов с частичным выщелачиванием кремния.

Бокситовые отложения формации Нуайфа имеют ряд признаков, которые указывают на то, что выветрелые обломочные породы формации Нижний Хуссайният являются материнскими породами, из которых произошли бокситы. Один из этих признаков – присутствие характерных для Нижнего Хуссайнията каолининовых обломков, рассеянных в аргиллитах и бокситовых отложениях формации Нуайфа. Другим признаком выступает сходство в отклонениях молекулярных соотношений SiO_2/Al_2O_3 и $SiO_2/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ в неизменной глине Нуайфы и глине формации Нижний Хуссайният, которые приведены в таблице. Такие генетические взаимосвязи дают основания предполагать перенос материала из материнской породы (Нижний Хуссайният) на небольшое расстояние и быстрое осаждение в карстовых обстановках осадконакопления (Нуайфа) [6].

Изменение химических соотношений пород в процессе формирования бокситов и железной руды в среднеюрских и палеогеновых образованиях Западного Ирака

Порода	SiO_2/Al_2O_3		$SiO_2/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$	
	Диапазон	Среднее	Диапазон	Среднее
Толща Дугайм				
Глина толщи	1,14÷2,75	1,52	1,00÷1,47	1,17
Формация Нуайфа				
Выветрелая глина	1,07÷1,49	1,24	0,83÷1,26	1,09
Аргиллит	0,33÷1,31	1,07	0,27÷1,28	0,98
Бокситовый каолинит	0,23÷1,37	0,94	0,15÷1,35	0,86
Железистый боксит	0,29÷0,68	0,45	0,21÷0,49	0,32
Каолининовый боксит	0,22÷1,24	0,56	0,21÷1,00	0,49
Железорудная толща Хуссайният				
Глина	1,68÷3,94	2,55	0,82÷1,81	1,31
Пизолито-оолитовая железная руда	1,17÷2,45	1,55	0,49÷0,90	0,62
Глинистая железная руда	0,74÷1,38	1,1	0,37÷0,84	0,6
Конкреционная железная руда	0,8÷1,53	1,14	0,22÷0,52	0,32

На основании изложенного можно сделать вывод о том, что материнскими породами для изученных отложений являются кислые породы. Значительное количество материала, вероятно, выносилось из гранитных и метаморфических комплексов Аравийского Щита, а также из переработанных доюрских осадочных пород. Эти породы разлагались во влажных тропических условиях с образованием латерита и переносились водными потоками и реками. Осадки отлагались в меандрирующей водной системе. Железо могло попадать в осадочный бассейн в виде гидрозолей или коллоидных частиц. Вследствие циклического процесса увлажнения и высыхания железо осаждалось в форме пизолитов или конкреций. Каждый пизолит имеет одну или несколько концентрических оболочек, которые отражают периодическое перемещение уровня воды вверх и вниз. Каждая оболочка представляет собой результат нарастания железа в течение сухого сезона.

1. Angel B.R., Cuttler A.H., Richards K.S., Vincent W.E. // Clay and Clay Minerals. 1977. Vol. 25. P. 381.
2. Jonas K., Solymer K. // Acta. Chim. Budapest. 1970. Vol. 66. P. 383.
3. Maynard J.B. // Geochemistry of sedimentary are deposits. New York; Heidelberg; Berlin, 1983.
4. Menedelovici E., Yariv S.H., Villalba R. // Clays and Clay Minerals. 1979. Vol. 27. P. 368.
5. Milnes A.R., Bourman R.P., Fitz Patrick R.W. // Chemical Geology. 1987. Vol. 60. P. 237.
6. Schellmann W. // Geol. Jahrb. Reihe D. 1982. Vol. 58. P. 31.
7. Schwertmann V., Taylor R.M. // Mineral in soil Environment. Madison, 1987. P. 420.

Поступила в редакцию 04.04.11.

Мутаххид М. Аль-Обайди – аспирант кафедры динамической геологии. Научные руководители – доктор географических наук, заведующий кафедрой динамической геологии, профессор В.Н. Губин, академик НАН Беларуси, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник БелНИГРИ А.А. Махнач.