

УДК 553.08

РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ И КРИСТАЛЛОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГИББСИТА В БОКСИТОНОСНОЙ КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ

© 2023 г. Н. М. Боева^{1,*}, академик РАН Н. С. Бортников¹

Поступило 09.01.2023 г.

После доработки 02.02.2023 г.

Принято к публикации 08.02.2023 г.

На примере месторождения Центральное Чадобецкого поднятия выявлена взаимосвязь кристалло-морфологических особенностей гиббсита с его положением в бокситоносном профиле коры выветривания. Снизу вверх, в различных частях профиля, в результате инфильтрационного метасоматоза и различных физико-химических условий, происходит увеличение свободного пространства, способствующее росту кристаллов гиббсита. Чем выше залегает порода, тем она более пористая. Таким образом, в разрезе снизу вверх размер кристаллов гиббсита увеличивается, усложняется его морфология. Методом термического анализа установлено, что чем больше размеры кристаллов гиббсита, тем больше бёмита образуется при его нагревании. Эти выводы помогут технологам подобрать наиболее рациональную схему переработки бокситов.

Ключевые слова: гиббсит, бёмит, бокситоносная кора выветривания, размерный эффект

DOI: 10.31857/S2686739723600133, **EDN:** DUPUNC

ВВЕДЕНИЕ

Алюминий — основной промышленно важный металл в машиностроении, авиастроении, в производстве беспилотников, в строительной индустрии и в быту. Основное сырье для производства алюминия — бокситовые руды. В них главными рудообразующими минералами являются гиббсит и бёмит [1]. Для определения режимов работы перерабатывающих предприятий необходимо установить минеральный состав бокситов и морфологические особенности минералов алюминия. Получение глинозема с использованием Байеровского процесса, т.е. путем выщелачивания боксита при взаимодействии со щелочно-алюминатным раствором и дальнейшем выделении из раствора гидроксида алюминия, в значительной степени определяется минеральным составом руд. Наиболее легко протекают реакции при переработке гиббситового боксита. Важное значение при этом приобретает размерный эффект — зависимость свойств вещества от его дисперсности. На растворимость гиббсита в технологическом цикле влияют его дисперсность и особенности структуры. При увеличе-

нии температуры часть гиббсита переходит в бёмит [2]. Для переработки бёмитового боксита требуются более высокие температура и давление [3].

Исследованием термических превращений гидроксидов алюминия при нагревании занимались многие исследователи [4–7]. В результате было сделано много противоречивых выводов. Это, вероятно, связано с тем, что эксперименты проводились в разных условиях и разными методами, используемыми для определения тепловых преобразований. Начальной стадией термического разложения гиббсита являются диффузия протонов и реакция с гидроксильными ионами с образованием воды. Этот процесс устраняет связывающие силы между слоями структуры гиббсита и вызывает изменения химического состава и плотности внутри слоя [8]. Для превращения гиббсита в бёмит необходимы гидротермальные условия в кристалле, при которых внутри кристаллитов образуется избыточное давление водяного пара. При этом на поверхности кристаллов при первоначальном преобразовании гиббсита в бёмит происходит образование непроницаемого слоя. Выделение воды из внутренней части кристалла прекращается, что способствует образованию бёмита [9]. Это подтверждается экспериментальными исследованиями [10].

В других моделях превращение гиббсита в бёмит начинается непосредственно внутри кристалла, при этом сам гиббсит, как оболочка во-

¹Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: boeva@igem.ru



Рис. 1. Образование фазы бёмита при термическом разложении гиббсита.

круг образовавшегося внутри бёмита, замедляет выделение воды [11].

В серии статей, которые посвящены методам термического анализа, предлагают количественную оценку содержания гиббсита в бокситовых рудах с погрешностью эксперимента ($\pm 1\%$). В бокситах практически всегда присутствуют минералы, не содержащие глинозем. В основном это минералы железа. Практически все минералы-примеси в боксите, за исключением оксида титана (TiO_2) в виде анатаза (или рутила), можно обнаружить термическим методом [9, 10].

При количественном определении гиббсита в боксите методом термического необходимо учитывать, что этот минерал при нагревании частично переходит в бёмит. Некоторые исследователи считают, что в процессе обезвоживания гиббсит теряет не все три молекулы воды, а только 2.75, а оставшиеся $0.25 \text{ H}_2\text{O}$ удаляется при обезвоживании бёмита, образовавшегося при дегидроксилизации гиббсита [12, 13]. Утверждалось также, что гиббсит разлагается до бёмита независимо от распределения частиц по размерам [14].

Чтобы разрешить имеющиеся противоречия, было проведено изучение минерального состава бокситов, парагенетических ассоциаций в зависимости от их положения в профиле коры выветривания, и в особенности, кристалломорфологии и размеров, кристаллов гиббсита, с помощью синхронного термического анализа. Фазовый состав в боксите был подтвержден рентгенофазовым методом, а морфология кристаллов — сканирующей электронной микроскопией.

ОПИСАНИЕ ОБРАЗЦОВ

Были изучены бокситы из разных зон латеритного профиля Центрального месторождения на

Чадобецком поднятии. Чадобецкое поднятие расположено в юго-западной части древней Сибирской платформы на междуречьи Ангары и Подкаменной Тунгуски. Куполовидное поднятие представляет собой брахиантиклинальную структуру, осложненную двумя выступами-ядрами: северным, или Териновским и южным, или Чуктуконским. Они сложены докембрийскими отложениями, вмещающими штоки, дайки, силлы щелочных ультрабазитов, кимберлитовых трубок и карбонатитовых тел, рассматриваемых как единый чадобецкий комплекс щелочных ультраосновных пород. Формирование любых кор выветривания всегда сопровождается частичной синхронной денудацией и переотложением продуктов выветривания с последовательным отложением слоев слоистых силикатов, бокситовых глин и осадочных бокситов [15, 16].

Образцы отбирались и пронумеровывались снизу вверх (рис. 1).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пробы измельчали до фракций размером 0.071 мм с помощью агатовой мельницы.

Химический состав бокситов анализировали рентгенофлуоресцентным методом с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра Axios "Panalytical" (Нидерланды). Спектрометр оснащен рентгеновской трубкой мощностью 4 кВт с анодом Rh. Общее содержание железа и серы независимо от фактического валентного состояния представлено в виде общего количества Fe_2O_3 и SO_3 соответственно, что является особенностью применяемого метода анализа.

Рентгеновская порошковая дифракция проводилась с помощью дифрактометра Ultima-IV производства "Rigaku" (Япония). Излучение $\text{CuK}\alpha 1$

со следующими условиями работы: напряжение 40 кВ, ток луча 80 мА, графитовый монохроматор, непрерывное сканирование, скорость сканирования $8^\circ/\text{мин}$, щель $DS = SS = 1^\circ$, температура окружающей среды 18°C , влажность 30%.

Синхронный термический анализ (СТА) проводился на приборе STA 449 F1 Jupiter “Netzsch” (Германия). Скорость съемки $10^\circ/\text{мин}$ в атмосфере воздуха в тиглях с закрытыми крышками до температуры 1050°C . Масса пробы составляла ~40 мг. Навески образцов одинаковой массы снимались в идентичных условиях.

Электронно-микроскопические исследования проводились с использованием сканирующего микроскопа CamScan 4 (Кембридж, Англия) (SEM) с энергодисперсионным спектром LINK-860 (EDS).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рентгенофлуоресцентный анализ. По данным РФА (табл. 1), содержания SiO_2 в бокситах изменяются от 1.03 до 1.8 мас. %. Содержания TiO_2 варьируют в широких пределах — от 1.36 до 7.97 мас. %, Al_2O_3 от 19.08 до 48.48 мас. %, Fe_2O_3 от 17.71 до 53.78 мас. %, Na_2O и K_2O находятся в примерно одинаковых диапазонах от 0.01 до 0.11 мас. %, P_2O_5 от 0.33 до 0.55 мас. %.

Рентгенофазовый анализ. Анализ показал, что основными минеральными компонентами во всех образцах являются гиббсит, гётит, гематит и кварц. Наиболее важными и характерными отражениями для изученных минералов являются следующие: гиббсит — 4.82 и 4.34 Å; гётит — 4.18, 2.69, 2.45 Å; гематит — 2.69, 1.69, 2.51 Å; кварц — 3.34, 4.25, 1.81 Å, анатаз — 3.51, 1.89, 2.37 Å.

Синхронный термический анализ. Термогравиметрические (ТГ), дифференциальные ТГ (ДТГ) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) кривые были использованы для того, чтобы наблюдать за реакциями, происходящими во время термической обработки образцов бокситов.

Во всех изученных образцах на кривых ДСК фиксируются эндотермические эффекты, свойственные гиббситу, гетиту, бёмиту (рис. 2 а–е).

При нагревании гиббсита в диапазоне температур $220\text{--}450^\circ\text{C}$ эндотермический эффект, связанный с выделением основной массы воды гиббсита, регистрируется на графиках ДСК. В то же время в качестве промежуточного продукта образуется некоторое количество бёмита ($\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{AlO}(\text{OH}) + \text{H}_2\text{O}$). Обезвоживание и разложение бёмита происходит при температуре $400\text{--}600^\circ\text{C}$ ($2\text{AlO}(\text{OH}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$), что отражается в виде эндотермического эффекта в этом диапазоне температур на графике ДСК. Экзотермиче-

Таблица 1. Химический состав изученных образцов

Образцы/масс, %	1	2	3	4	5	6
Na_2O	0.07	0.06	0.13	0.07	0.05	0.11
MgO	0.18	0.15	0.33	0.12	0.07	0.09
Al_2O_3	19.08	33.84	32.69	44.73	46.42	48.48
SiO_2	1.03	1.78	1.77	1.55	1.53	1.8
K_2O	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
CaO	0.06	0.06	0.06	0.02	0.03	0.05
TiO_2	6.81	7.97	1.36	3.74	2.57	3.17
MnO	0.1	0.163	0.077	0.138	0.085	0.101
Fe_2O_3	53.78	32.64	39.97	22.92	21.63	17.71
P_2O_5	0.55	0.49	0.46	0.33	0.51	0.39
SO_3	0.03	0.07	0.02	0.04	0.03	0.03
ППП	16.92	21.36	21.38	25.36	25.92	26.72

ский эффект в диапазоне температур $950\text{--}1200^\circ\text{C}$ связан с фазовым переходом $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ в $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд).

Обезвоживание гётита происходит в температурном интервале $300\text{--}400^\circ\text{C}$. Минерал при этом теряет 10% гидроксильных групп.

Таким образом, минеральный состав отобранных образцов из бокситоносного профиля коры выветривания (%) определялся соотношением трех методов: рентгенофлуоресцентного, рентгенофазового и термического (табл. 2). В исходных образцах бокситов не был обнаружен бёмит. Боксит состоит из следующих минералов: гиббсит, гётит, гематит, кварц, анатаз.

Сканирующая электронная микроскопия. Размер и морфология частиц гиббсита были определены с помощью СЭМ. Было изучено по 10 образцов, отобранных на одном уровне. Снимки СЭМ приведены на рис. 3.

Для исследования размера кристаллов гиббсита в зависимости от его расположения в бокситоносном профиле коры выветривания необходимо максимально достоверно определить содержание гиббсита в породе. Методику определения минерального состава и количества образованного при нагревании боксита бёмита в образцах продемонстрируем на примере образца № 1. Рентгенофазовым методом в нем были установлены следующие минералы (%): гиббсит — 51, гётит — 41, гематит — 4. Рентгенофлуоресцентным методом определили следующие содержания основных элементов (мас. %): Al_2O_3 — 19.08, Fe_2O_3 — 53.78. Если учитывать, что химический состав гиббсита Al_2O_3 — 65.4 мас. % и H_2O — 34.6 мас. %, то теоретически, рассчитанное по формуле содержание гиббсита (g) в породе должно составлять:

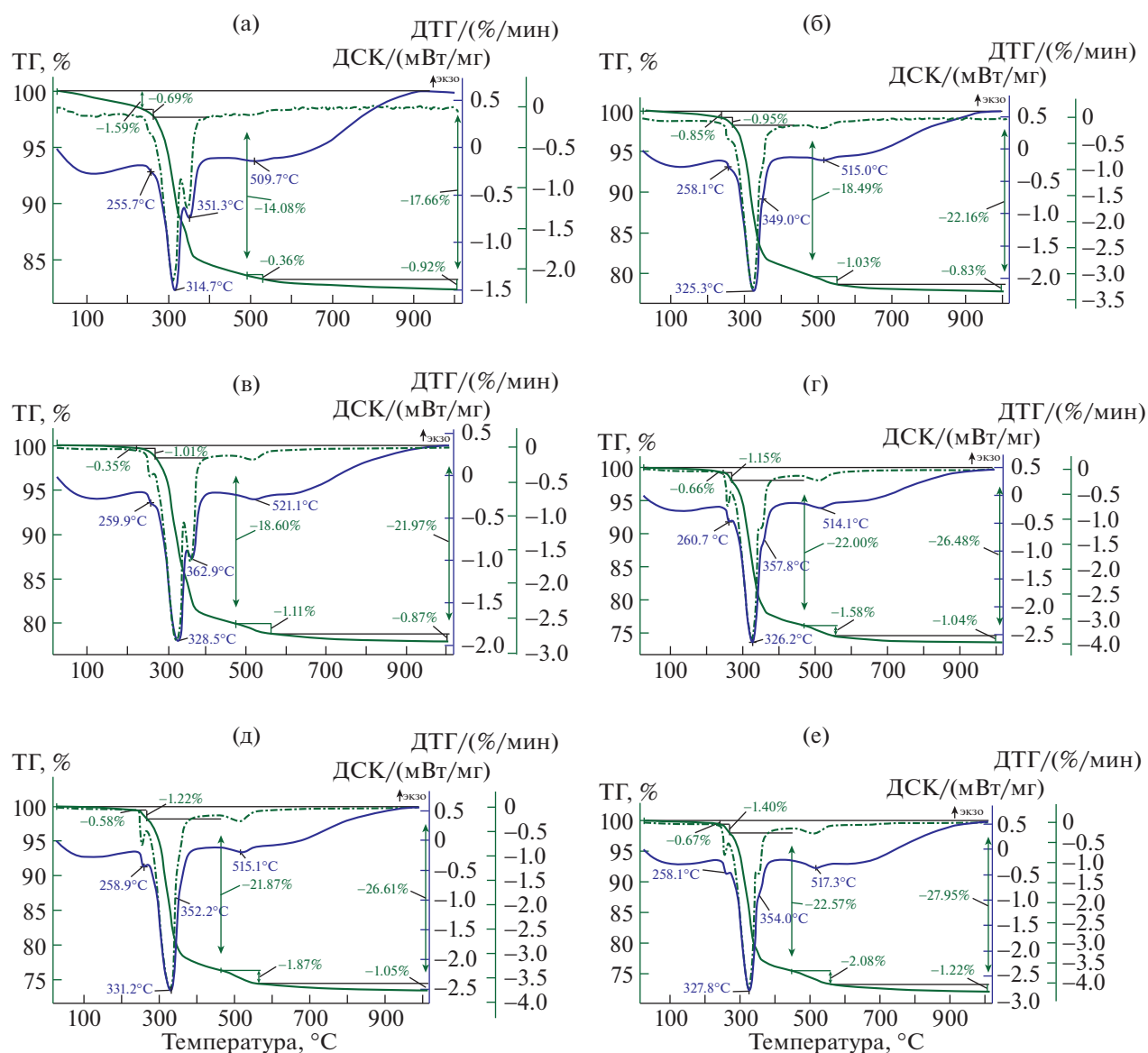


Рис. 2. Термические кривые образцов бокситов: а – 1, б – 2, в – 3, г – 4, д – 5, е – 6.

$$C_g = (19.08 \times 34.6 / 65.4) \times 100 / 34.6 = 29.2\%.$$

Для того, чтобы количественно определить содержание гиббсита в образце методом термиче-

ского анализа, необходимо учесть содержание гётита в породе, так как его дегидроксизация осуществляется в одном температурном интервале с гиббситом и пики накладываются друг на друга.

Таблица 2. Минеральный состав отобранных образцов

Номер образца	Гиббсит	Гётит	Гематит	Кварц	Анализ	Аморфная фаза
6	74.7	19.7	нет	4.0	3.7	2.2
5	71.0	15.6	4.0	2.0	2.6	5.3
4	68.4	21.2	2.0	2.0	3.7	3.1
3	50.0	36.8	4.0	3.0	1.3	6.1
2	51.7	19.5	8.0	2.5	7.9	11.1
1	29.2	38.6	10.0	1.0	6.8	14.1

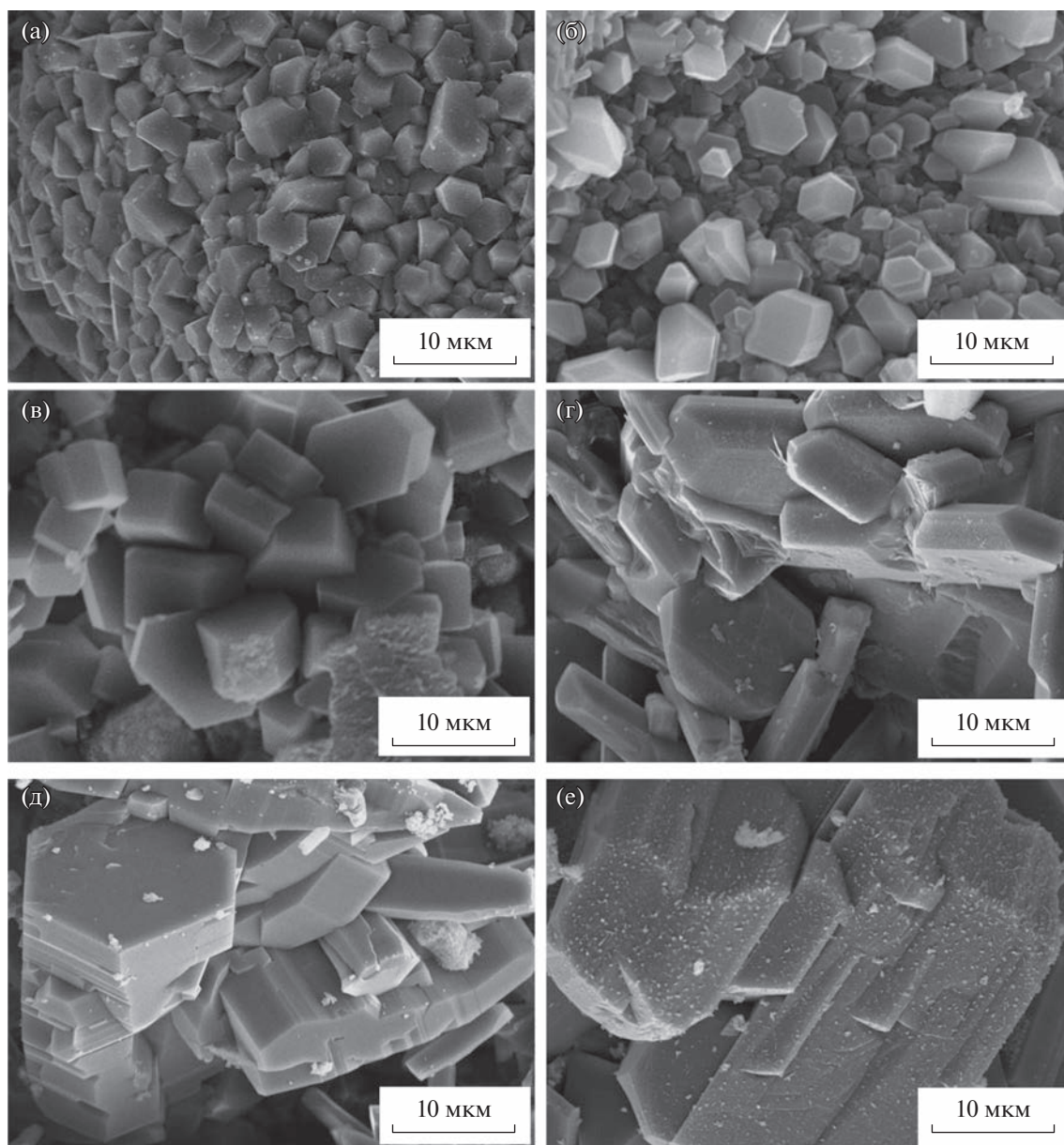


Рис. 3. Кристаллы гиббсита исследуемых образцов: а – 1, б – 2, в – 3, г – 4, д – 5, е – 6. СЭМ.

Эндотермический эффект на кривой ДСК, связанный с дегидроксилизацией гётита, находится в интервале 200–400°C, максимум при температуре 351.3°C. Рентгенофлуоресцентным методом определено содержание Fe_2O_3 в количестве 53.78 мас. %. Из них на гематит приходится 10 мас. %. Если учитывать, что химический состав гётита Fe_2O_3 – 90 мас. % и H_2O – 10 мас. %, то теоретически, рассчитанное по формуле содержание гётита в породе составляет:

$$C_{\text{gt}} = ((53.78 - 10) \times 10/90) \times 100/10 = 48.6\%.$$

Это согласуется с рентгенофазовым анализом. Таким образом, при дегидроксилизации гётита выделяется 4.9% воды.

Дегидроксилизация гиббсита также происходит в интервале 200–400°C с максимумом при температуре 314.7°C. По ТГ-кривой мы видим, что всего в интервале температур 200–400°C выделяется 14.7% воды, из них 4.9% приходится на гётит. Значит при дегидроксилизации гиббсита освобождается 9.8% воды.

В составе чистого гиббсита содержится 34.6 мас. % гидроксильных групп, что позволяет по потере массы при нагревании по ТГ-кривым рассчитать содержание этого минерала в породе по формуле:

$$C_{\text{g}} = 9.8 \times 100/34.6 = 28.5\%.$$

Таблица 3. Данные термического анализа

Номер образца	Содержание гиббсита и бёмита в боксите, %	Процент гиббсита, перешедшего в бёмит, %	Потеря веса при формировании фазы бёмита (~255–265°C), %	Потеря веса при обезвоживании бёмита (~400–600°C), %	Содержание бёмита, образующегося при термическом разложении гиббсита, %
6	74.7	11.1	1.40	4.0	13.9
5	71.0	9.9	1.22	2.0	12.5
4	68.4	8.2	1.15	2.0	10.5
3	50.0	5.1	1.01	3.0	7.4
2	51.7	3.5	0.95	2.5	6.9
1	29.2	1.4	0.69	1.0	2.4

Однако такое содержание гиббсита в породе не согласуется с рентгенофлуоресцентным методом, по которому содержание гиббсита должно составлять 29.2%. Разница составляет 1.4%. Это происходит потому, что при нагревании образца не весь гиббсит обезвоживается, какая-то его часть (1.4%) преобразуется в бёмит, дегидроксилизация которого происходит в температурном интервале 400–600°C. По ТГ-кривой мы видим, что в этом интервале выделяется 0.4% воды. Если учитывать, что химический состав бёмита Al_2O_3 — 85 мас. % и H_2O — 15 мас. %, то рассчитанное по формуле содержание образованного при нагревании бёмита в породе составляет:

$$C_b = 0.4 \times 100 / 15 = 2.4\%.$$

Аналогичным образом, используя данные рентгенофлуоресцентного, рентгенофазового и термического анализов, был уточнен минеральный состав и определены количества образованного при нагревании породы бёмита в остальных образцах. Данные сведены в табл. 3.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По характерным пикам на кривой ДСК можно наблюдать термическое превращение гиббсита. Из литературы известно, что в осадочных месторождениях бокситов на термической кривой в температурном интервале дегидроксилизации гиббсита не наблюдается никаких осложнений [2]. Известно, что размеры кристаллов в этой группе месторождений имеют очень маленькие размеры. По мере увеличения кристаллов гиббсита в левом плече эндотермического эффекта на кривых ДСК, приблизительно при температуре 260°C, появляется дополнительный пик. Именно при этой температуре по экспериментальным данным происходит образование бёмита при нагревании [18, 19]. В табл. 3 сведены данные, полученные при интерпретации кривых ДСК. Анализируя эти данные, можно проследить четкую закономерность — чем выше залегает порода, тем

крупнее в ней кристаллы гиббсита, и тем больший процент гиббсита при нагревании переходит в бёмит (рис. 1, табл. 3). В температурном интервале, при котором зарождается бёмит в породе при нагревании, последовательно, по мере увеличения размеров кристаллов гиббсита, происходит увеличение эндотермического пика (рис. 2 а–е) и потери массы на кривой ТГ, связанной с этим процессом (табл. 3). Бёмит остается стабильным до температуры 400°C. Дегидроксилизация вновь образованного бёмита происходит в температурном интервале 400–600°C [4, 8]. Потери веса в этом интервале последовательно увеличиваются от первого образца к последнему. По ТГ-кривым, по вышеприведенной формуле, было определено содержание образованного при нагревании гиббсита минерала (табл. 3).

Данные электронной микроскопии подтверждают проведенные исследования о размерах частиц гиббсита. Гиббсит имеет яснокристаллическую структуру, форма его кристаллов определяется соседством с другими кристаллами. Снизу вверх по разрезу размер кристаллов гиббсита увеличивается от 3 до 30 мкм, морфология приобретает сложные формы, происходит двойникование кристаллов.

ВЫВОДЫ

Были установлены и проанализированы минеральный состав бокситов и кристалломорфологические свойства гиббсита в различных частях бокситоносного профиля коры выветривания месторождения Центрального.

Размер кристаллов гиббсита увеличивается снизу–вверх по профилю. В нижней части разреза наблюдается мелкозернистый гиббсит, выше по разрезу кристаллы гиббсита становятся больше. Проведенные нами исследования однозначно показали, что чем больше размеры кристаллов гиббсита, тем больше бёмита образуется при его нагревании, а значит и в процессе переработки руды. При исследовании образцов методом СТА,

отобранных снизу–вверх по профилю, на ТГ-кривых увеличивается потеря массы, связанная с дегидроксилизацией бёмита. Учитывая тот факт, что в исходных образцах бёмита не было, можно сделать вывод о том, что потеря массы в интервале температур 400–600°C связана с дегидроксилизацией бёмита, образованного при нагревании гиббсита. Количество образованного промежуточного продукта зависит от размеров кристаллов исходного гиббсита. Данные наблюдения хорошо согласуются с электронно-микроскопическим изучением бокситов.

Зональность латеритных кор выветривания является результатом инфильтрационного метасоматоза и различных физико-химических условий в различных частях профиля. Чем выше залегает порода, тем она более пористая. Увеличение свободного пространства способствует росту кристаллов гиббсита.

Метод синхронного термического анализа является одним из основных, позволяющих изучать минеральный состав бокситов. Особенно полезным методом является для получения качественных характеристик, связанных с изучением размеров кристаллов гиббсита. Это важная характеристика руды, влияющая на выбор рациональной схемы обогащения бокситов. Применение синхронного термического анализа при изучении таких геологических объектов, как бокситы, позволяет дополнить диагностику минералов моногидратов и тригидратов алюминия, подтвердить изменение их размерных характеристик в процессе эволюции.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны А.Д. Слукину за предоставленные образцы для исследования, а также Е.А. Жегалло за снимки СЭМ.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при финансовой поддержке госзадания ИГЕМ РАН № 121041500220-0, аналитические исследования проведены в ЦКП “ИГЕМ АНАЛИТИКА”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Lapin A.V., Tolstov A.V.* Minerageny of weathering crusts of carbonatites. Russia. Moscow, 2011. 308 p.
2. *Боева Н.М., Макарова М.А., Шипилова Е.С., Слукин А.Д., Мельников Ф.П., Каримова О.В., Бортников Н.С.* Два генетических типа бокситов Центрального месторождения и их редкометальная минерализация (Сибирская платформа) // ДАН. Науки о Земле. 2022. Т. 507. № 1. С. 23–34. <https://doi.org/10.31857/S2686739722601648>
3. *Mehrotra S.P., Alex T.C., Greifzu G., Kumar R.* Mechanical Activation of Gibbsite and Boehmite: New Findings and their 535 Implications // Transactions of the Indian Institute of Metals. India. 2015. 69 (1). P. 51–59. <https://doi.org/10.1007/s12666-015-0633-6>
4. *Sato T.* Thermal decomposition of aluminium hydroxides // J. Therm Anal. 1987; 32: 61–70.
5. *Wang Y., Xing S., Zhang Y., Li Z., Ma Y., Zhang Z.* Mineralogical and thermal characteristics of low-grade Jinglong bauxite sourced from Guangxi Province, China // J Therm Anal Calorim. 2015; 122: 917–927. <https://doi.org/10.1007/s10973-015-4742-6>
6. *Laskou M., Margomenou-Leonidopoulou G., Balek V.* Thermal characterization of bauxite samples // J Therm Anal Calorim. 2006; 84: 141–145. <https://doi.org/10.1007/s10973-005-7126-5>
7. *Zivkovik Z.D., Blecic D.* Comparative thermal analysis of commercial and low-grade bauxites // J. Therm Anal. 1988; 33: 413–419.
8. *Frost R.L., Klopogge J.T., Russel S.C., Sztetu J.L.* Vibrational Spectroscopy and Dehydroxylation of Aluminium (Oxo)hydroxides: Gibbsite // Applied Spectroscopy. 1999. V. 53. № 4. P. 423–434.
9. *Naumann R., Kohnke K., Paulik J., Paulik F.* Kinetics and mechanism of the dehydration of hydrargillites // Thermochim. Acta. 1983. P. II. № 64. P. 15–26. [https://doi.org/10.1016/0040-6031\(83\)80124-5](https://doi.org/10.1016/0040-6031(83)80124-5)
10. *Rouquerol J., Rouquerol F., Ganteaume M.* Thermal decomposition of gibbsite under low pressures. I. Formation of the boehmite phase // J. Catal. 1975. № 36. P. 99–110. [https://doi.org/10.1016/0021-9517\(75\)90014-7](https://doi.org/10.1016/0021-9517(75)90014-7)
11. *Earnest C.M.* Thermal Analysis in the Alumina Industry. Part I: Measurements, Observations, and Instrumentation Advances in Applied Chemistry and Biochemistry // Appl. Chem. 2019. № 1. P. 40–54. <https://doi.org/10.33513/ACBC/1901-06>
12. *Paulik J., Paulik F.* Simultaneous Thermoanalytical Examinations by means of the Derivatograph // Elsevier Sci. Publ. Comp., Amsterdam, 1981. P. 278.
13. *Baranyai V.Z., Szűcs I., Kristál Y.F.* Influence of grain and crystallite size on the gibbsite to boehmite thermal transformation // Studia Universitatis Babes-Bolyai, Chemia. 2015. T. 60 (2/1). P. 27–44.
14. *Mercury J.M.R., Pena P., De Aza A.H., Sheptyakov D., Turrillas X.* On the decomposition of synthetic gibbsite studied by neutron thermogravimetry // Journal of the American Ceramic Society. 2006. V. 89 (12). P. 3728–3733.
15. *Mamedov V.I., Boeva N.M., Makarova M.A., Shipilova E.S., Melnikov Ph.P.* The Problem of the Formation of Boehmite and Gibbsite in Bauxite-Bearing Lateritic Profiles // Minerals. 2022. № 12. 389.
16. *Мамедов В.И., Макарова М.А., Боева Н.М., Внучков Д.А., Бортников Н.С.* Крупнейшая в мире бокситоносная провинция Фута Джалон-Мандинго (Западная Африка). Часть 2: Влияние состава материнских пород на распространенность и качество бокситов // Геология рудных месторождений. 2021. Т. 63. № 6. С. 576–602. <https://doi.org/10.31857/S001677702105004X>
17. *Боева Н.М., Макарова М.А., Шипилова Е.С., Слукин А.Д., Соболева С.В., Жегалло Е.А., Зайцева Л.В., Бортников Н.С.* Гиббсит и бёмит в латеритизиро-

- ванных корках выветривания разного возраста: особенности условий нахождения и образования // ДАН. Науки о Земле. 2022. Т. 504. № 2. С. 29–39. <https://doi.org/10.31857/S2686739722060044>
18. Egorova S.R., Mukhamed'yarova A.N., Nesterova O.V., Zhang Y., Skibina J.D., Lamberov A.A. Formation of Phases and Porous System in the Product of Hydro-thermal Treatment of χ -Al₂O₃ // Coatings. 2018. V. 8. P. 1–30. <https://doi.org/10.3390/coatings8010030>
19. Authier-Martin M., Forté G., Ostap S., See J. The mineralogy of bauxite for producing smelter-grade alumina // Journal of the Minerals, Metals and Materials Society. 2001. V. 53. P. 36–40.

DIMENSIONAL EFFECT AND CRYSTALLOMORPHOLOGICAL FEATURES OF GIBBSITE IN THE BAUXITE-BEARING WEATHERING CRUST

N. M. Boeva^{a,#} and Academician of the RAS N. S. Bortnikov^a

^a*Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

[#]*E-mail: boeva@igem.ru*

Using the example of the Central Chadobets uplift deposit, the relationship of the crystallographical features of gibbsite with its position in the bauxite-bearing profile of the weathering crust is revealed. From the down up, in various parts of the profile, as a result of infiltration metasomatism and various physico-chemical conditions, there is an increase in free space, contributing to the growth of gibbsite crystals. The higher the rock lies, the more porous it is. Thus, in the down-up section, the size of gibbsite crystals increases, its morphology becomes more complicated. By the method of thermal analysis, it was found that the larger the size of the gibbsite crystals, the more boehmite is formed when it is heated. These conclusions will help technologists to choose the most rational scheme for processing bauxite.

Keywords: gibbsite, boehmite, bauxite-bearing weathering crust, dimensional effect