

ния красноземных почв на дацитовых силлах. Нордстрандит на о. Гуам встречен в виде пучков радиально лучистых мелких кристаллов в порах красного миоценового известняка в зоне контакта с нижележащим сильно выветрелым базальтом. По мнению авторов (5), нордстрандит является вторичным минералом, образовавшимся из щелочных растворов ($pH > 7$), мигрирующих по контакту известняк — выветрелый базальт. В Югославии нордстрандит описан в ассоциации с гиббситом в терра росса (6).

Нами был встречен нордстрандит при изучении высокожелезистых бокситов Соколовско-Сарбайских магнетитовых рудников.

Бокситовые породы залегают в виде линз в карстовых формах рельефа, образовавшихся в зонах разломов или контакта эффузивно-карбонатной толщи валериановской свиты нижнего карбона с породами андезитовой формации, и перекрыты морскими песчано-глинистыми осадками турона. Изученные бокситовые породы характеризуются высоким содержанием Fe_2O_3 (60–75%), но являются бокситами по соотношению глинозема и кремнезема (кремневый модуль 2,5–10,2). В составе этих пород преобладает гематит, гиббсит, гетит, магнетит, с примесью безводного глинозема (корунд?) и каолинита.

Нордстрандит обнаружен только в бокситовых породах в виде белых, очень похожих на гипс агрегатов, выполняющих поры в цементе бокситов, и в виде прожилков толщиной до 0,2 см. Агрегаты состоят из игольчатых кристаллов и пластинок, размером от долей миллиметра до 0,3 см, или имеют скрытокристаллическое строение.

В шлифах наблюдаются крупные кристаллы нордстрандита в железистом цементе бокситовых пород, в то время как другие минеральные формы свободного глинозема — гиббсит и корунд присутствуют в виде пелитоморфной скрытокристаллической фазы, неопределимой под микроскопом.

По оптическим свойствам нордстрандит отличается от гиббсита волнистым, ситовидным (как у слюдистых минералов) погасанием и показателями преломления: $N_g = 1,596$, $N_p = 1,580$, $N_m = 1,580$.

Рентгенографическое исследование нордстрандита, выделенного из породы под бинокляром, проводилось на дифрактометре УРС-50 ИМ, оборудованном сцинтилляционным счетчиком; Co -излучение, Fe -фильтр, 15 кв, 6 ма, 1 град/мин. Полученная дифрактограмма приведена на рис. 1. Рентгенограмма исследованного образца сходна с рентгенограммой нордстрандита с о. Гуам.

Исследованный образец нордстрандита из Соколовского карьера и нордстрандит с о. Гуам характеризуются весьма близким набором линий и их интенсивностями. Наиболее характерным для дифракционной картины нордстрандита является пара интенсивных рефлексов с $d = 4,79$ и $2,389 \text{ \AA}$, а также группа линий в интервале $d = 4,34 - 2,483 \text{ \AA}$, которые надежно отличают его от гиббсита и байерита.

Дифференциальные кривые нагревания нордстрандита, полученные в одной из лабораторий института, весьма сходны с кривыми нагревания гиббсита и отличаются лишь большей интенсивностью эндотермического эффекта в интервале $450 - 600^\circ$ (рис. 2). Рентгенографические исследования нордстрандита, прокаленного при 200 ; 350 ; 450 и 650° , показали более высокую, чем у гиб-

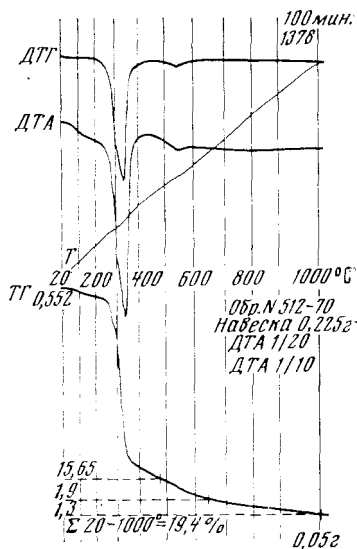


Рис. 2. Дериватограмма нордстрандита

бсита, температурную устойчивость минерала, что может быть обусловлено разной степенью дисперсности этих фаз.

Схема превращений нордстрандита при нагревании может быть представлена в следующем виде:



И.к. спектры получены на спектрофотометре UR-20 в области 400–3800 см^{-1} . Пробы готовили в виде таблеток с КВг и суспензии в парафиновом масле.

Из рис. 3 видно, что и.к. спектры исследованных полиморфных форм гидроокиси алюминия — нордстрандита, гиббсита и байерита — имеют большое сходство, что обусловлено подобием строения слоевого пакета O — Al — O в их структурах (⁷). В то же время, в спектрах есть и заметное отличие, особенно в области валентных и деформационных колебаний OH-группы. Основное различие между и.к. спектрами гиббсита и байерита заключается в том, что во втором наблюдаются более размытые полосы. Это, возможно, связано с большей неупорядоченностью структуры байерита. Кроме того, в спектре байерита появляется полоса 3660 см^{-1} ,

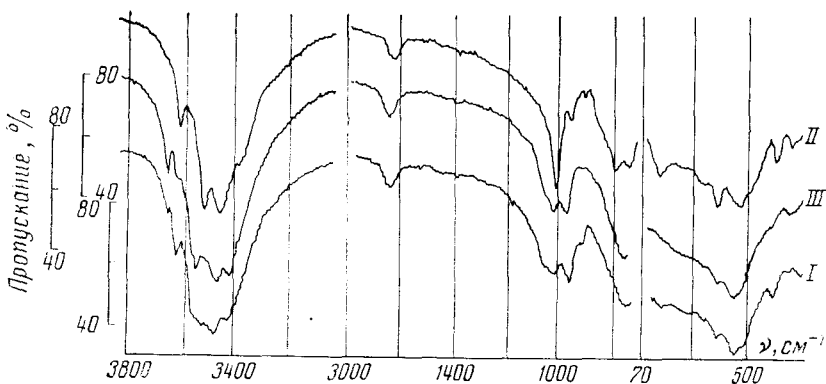


Рис. 3. И.к. спектры нордстрандита (I), гиббсита (II) и байерита (III)

которая отсутствует у гиббсита, и заметно возрастает интенсивность полосы 975 см^{-1} .

Известно, что по мере наложения водородной связи валентное колебание гидроксильной группы должно смещаться в низкочастотную область, а деформационное — к высоким частотам (⁸). Поэтому полосу 3660 см^{-1} можно приписать валентному OH-колебанию, не возмущенному водородной связью. Об этом же, по-видимому, свидетельствует увеличение интенсивности низкочастотного максимума 975 см^{-1} и деформационного колебания OH-группы. Это находится в хорошем соответствии с данными рентгеноструктурного анализа, согласно которому структуры байерита и гиббсита различаются способом наложения алюмогидроксильных слоев, причем OH-группы байерита слабо поляризованы и среднее расстояние между кислородами соседних слоев (3,11 Å) заметно больше, чем у гиббсита (2,79 Å). Следовательно, в случае байерита отсутствует водородная связь между слоями, что обуславливает появление в и.к. спектре полос поглощения несвязанных гидроксильных групп.

Что касается и.к. спектра нордстрандита, то он имеет характер промежуточного между спектрами байерита и гиббсита: полосы заметно уже, чем в спектре байерита, но шире, чем у гиббсита. В спектре нордстрандита также присутствует полоса колебаний свободных OH-групп, 3660 см^{-1} , но она заметно слабее, чем у байерита.

Сопоставление и.к. спектров природного минерала и синтетического нордстрандита (⁹) показало их подобие. Некоторое различие наблюдается в области валентных колебаний гидроксильных групп (3300—3700 см⁻¹). В спектре природного нордстрандита полосы в этом диапазоне шире и хуже разрешаются по сравнению со спектром синтетического продукта. Положение максимумов полос также немного отличается. Более размытый спектр природного нордстрандита в области валентных колебаний ОН-групп может быть обусловлен либо наложением полосы поглощения молекулярной воды какой-то примеси, либо некоторыми дефектами в структуре минерала, связанными с расположением алюмогидроксильных слоев.

Таким образом, и.к. спектр нордстрандита позволяет отличить его от других форм гидроокиси алюминия.

Характер распространения нордстрандита в бокситовых породах Соколовско-Сарбайских карьеров свидетельствует о вторичном происхождении минерала. Возможно, этот процесс имеет место и в настоящее время при перераспределении глинозема за счет фильтрации через бокситовую толщу вод с высокой щелочностью, обусловленной близостью карбонатных пород. Наши наблюдения показывают, что образование нордстрандита не ограничивается зоной контакта известняки — бокситовые породы, а происходит и на значительном (~ 10 м) расстоянии от известняков.

Принимая во внимание условия синтеза нордстрандита (⁷) и отмеченную во всех природных объектах связь его с известняками, можно считать доказанным, что определяющим параметром среды образования этого минерала являются высокие значения рН (> 7), и предполагать возможность более широкого распространения этого минерала в карстовых бокситах.

В связи с тем что промышленная переработка бокситов на глинозем предусматривает получение гидроокиси алюминия из щелочных алюминатных растворов, вполне вероятно образование примеси этого минерала к гиббситу на переделе карбонизации. В связи со спецификой обезвоживания нордстрандита, описанной выше, это особенно важно учитывать при получении промышленного глинозема с заданными свойствами.

Всесоюзный научно-исследовательский
геологический институт
Ленинград

Поступило
3 VIII 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Y. K. Bentor, S. Gross, L. Heller, *Am. Mineral.*, v. 48, 924 (1963). ² S. Gross, L. Heller, *Mineral. Mag.*, v. 33, 723 (1962—1964). ³ Д. П. Хорошева, *Литол. и полезн. ископ.*, № 2 (1968). ⁴ J. R. D. Wall, K. B. Wolfenden et al., *Nature*, v. 196, 164 (1962). ⁵ Y. C. Hathaway, S. O. Schlanger, *Nature*, v. 196, 265 (1962). ⁶ L. Maric, *Geološki Vjesnik*, Sb. 21, Zagreb, 281 (1968). ⁷ R. Shoen, C. E. Roberson, *Am. Mineral.*, v. 55, № 1—2, 43 (1970). ⁸ Д. Пиментел, О. Мак-Келлон, *Водородная связь*, М., 1964. ⁹ U. Hauschild, *Zs. anorg. u. allgem. Chem.*, B. 324, H. 1—2, 15 (1963).