

ВЫСТАВКА «БОКСИТЫ» В МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМ МУЗЕЕ ИМ. А.Е. ФЕРСМАНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

О.Л. Свешникова

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана, РАН, Москва, olsveshnikova@mail.ru

А.Д. Служкин

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ), РАН, Москва

Е.Л. Соколова

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана, РАН, Москва, sokolova.e_59@mail.ru

Впервые в практике музеев представлена генетическая коллекция бокситов. По условиям образования среди них различают два основных типа: остаточный и осадочный. Остаточные бокситы — это продукт выветривания алюмосиликатных горных пород, часть коры выветривания, сохранившаяся на месте своего образования. В экспозиции показаны монтированные профили зональных кор выветривания гранитов, габбро, габбро-амфиболитов и филлитовидных сланцев, верхние зоны которых сложены бокситами.

Осадочные бокситы формируются в результате разрушения латеритных кор выветривания и последующего переотложения их обломочного материала. В зависимости от мест накопления этого материала различают лагунные, озерные, болотные, речные, склоновые и карстовые типы бокситов. Почти все они представлены в экспозиции. Выставка демонстрирует достаточно большое разнообразие текстур бокситов; некоторые из них однозначно свидетельствуют о генетической принадлежности бокситов.

В статье 9 рисунков, список литературы из 6 названий.

Ключевые слова: боксит, латерит, кора выветривания.

Бокситообразование — сложный и многообразный процесс, протекающий на поверхности Земли и теснейшим образом связанный с выветриванием (физическим, химическим и биохимическим) первичных алюмосиликатных горных пород. В результате их разрушения и глубокого преобразования при определенных условиях возникают бокситы — породы, состоящие в основном из труднорастворимых соединений Al и Fe. Эти соединения представлены гидроксидами Al: гиббситом — $\text{Al}(\text{OH})_3$, бёмитом — $\gamma\text{AlO}(\text{OH})$, диаспором — $\alpha\text{AlO}(\text{OH})$, и оксидами и гидроксидами Fe: гематитом — $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$, магнетитом — $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$, гётитом — $\alpha\text{FeO}(\text{OH})$ и гидрогётитом — $\alpha\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Кроме того, в составе бокситов могут присутствовать оксиды Ti (анатаз, рутил), каолинит, железистые хлориты, кварц и другие минералы. Количественные соотношения между главными минералами бокситов варьируют в широких пределах, вплоть до образования существенно мономинеральных разновидностей: гиббситовых, бёмитовых и диаспоровых.

Поскольку бокситы представляют собой тонкодисперсные образования, составляющие их минералы визуалью, как правило, не различимы. Даже в участках бокситов, значительно обогащенных тем или иным гидроксидом алюминия (содержание в породе до 70–80%) (рис. 1), диагностика их весьма затруднительна. Неразличимые визуалью гидроксиды алюминия при больших увеличениях под сканирующим электронным микро-

скопом обнаруживают кристаллическое строение с характерной для каждого минерала формой кристаллов (рис. 2).

В случае, если содержание глинозема (Al_2O_3) в породе не ниже 28%, а соотношение $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ больше 2,6, боксит становится рудой на алюминий. Если в составе преобладают соединения железа, боксит переходит в разряд железных руд.

Экспозиция «Бокситы» размещена в витрине, состоящей из двух частей. В горизонтальной части витрины представлена генетическая коллекция бокситов. Генетические типы выделены в соответствии с классификацией, разработанной коллективом сотрудников ИГЕМ РАН под руководством доктора геол.-мин. наук Д.Г. Сапожникова (Сапожников и др., 1974), и образцы здесь расположены в соответствии с принадлежностью их к тому или иному генетическому типу (рис. 3). В вертикальной части витрины, где показаны наиболее яркие и представительные образцы бокситов, расположение их произвольно.

По условиям образования бокситы делятся на два основных типа: остаточные и осадочные.

Остаточные бокситы представляют собой элювиальные образования латеритного типа. Они формируются на месте залегания материнских пород различного состава за счет накопления труднорастворимых продуктов их разложения. Формирование бокситов этого типа происходит в условиях жаркого и влажного климата. Оптимальные условия созда-



Рис. 1. Фарфоровидные выделения гиббсита среди гематита и остаточного (по базальту) боксита. Центральная Индия. 14.5 x 9.5 см. ММФ № 92368. Фото: М.Б. Лейбов.

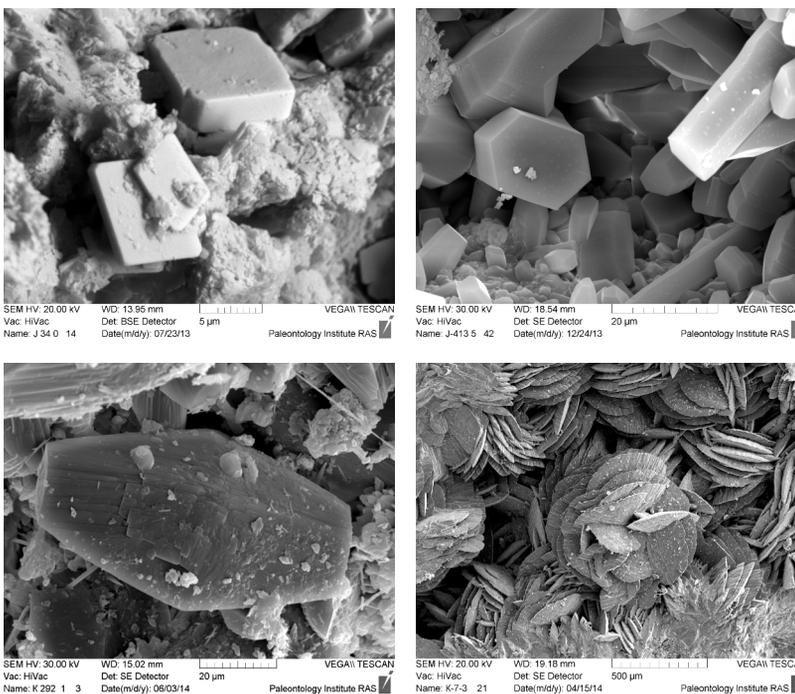


Рис. 2. Минералы бокситов под сканирующим электронным микроскопом:
 а — диаспор, штат Джамму и Кашмир, Индия;
 б — гиббсит, Посус ди Калдас, Бразилия;
 с, d — бёмит, Висловское месторождение, КМА, Россия.

ются, если в течение года наблюдается смена сухих и дождливых периодов. Важным фактором является рельеф местности. Чаще всего остаточные бокситы возникают на поверхности плато, умеренно поднятого над прилегающими низменностями. Химизм процессов, происходящих при латеритном выветривании, заключается в разложении силикатов и алюмосиликатов материнской породы, постепенном выносе кремнекислоты, щелочно-

земельных элементов и гидролизе накапливающихся в породе оксидов Al и Fe.

Среди остаточных месторождений бокситов различают месторождения *стадийного* (в смысле постепенного) и *непосредственного* формирования. При стадийном формировании, протекающем в условиях умеренно быстрого тропического выветривания и постепенного разрушения исходных пород образуется зональная кора выветривания (лате-



Рис. 3. Общий вид горизонтальной части витрины. Фото: М.Б. Лейбов.



Рис. 4. Профили выветривания: слева — габбро-амфиболитов (Ново-Бураковское месторождение, Казахстан); снизу вверх: полосчатый габбро-амфиболит, каолинизированный габбро-амфиболит, полосчатый гибсцит-гетитовый боксит; справа — филлитовидных сланцев (Висловское месторождение, КМА, Россия); снизу вверх: полосчатый филлитовидный сланец, каолинизированный полосчатый сланец, полосчатый гематит-бемитовый боксит, шамозитовый боксит. Фото: М.Б. Лейбов.

ритный профиль), характеризующаяся различной степенью разложения материнской породы в отдельных частях разреза и различным составом возникающих зон. Стадийное изменение одного из главных породообразующих минералов — полевого шпата — происходит по схеме: полевошпатовый → гидрослюда → каолинит → гибсцит. Направленность процесса в значительной степени определяет минеральный состав образующихся зон и общий ход превращения неизменной породы в боксит. Эта направленность прослеживается всегда, хотя составы зон в профилях, возникающих на различных породах, могут несколько различаться, также как и их количество.

Профили могут быть полными и неполными. В музейной экспозиции для следующих пород: базальтов, гранитов, габбро-амфиболитов и филлитовидных сланцев — представлены монтированные профили выветривания, составленные на основе природных образцов (рис. 4). Профили в основном сходны и отражают описанную выше последовательность превращения неизменной породы в боксит. Из общей картины несколько выделяется профиль филлитовидных сланцев Висловского месторождения. Лишь в нем одном в верхних горизонтах развита зона шамозитовых бокситов. Висловское месторождение заслуживает несколько более подробного рассмотрения, поскольку является промышленным объектом. Месторождение относится к Воронежской бокситоносной провинции, входящей в состав железорудного бассейна КМА, и приурочено к древней коре выветривания. Месторождения бокситов находятся здесь в тесной территориальной и генетической связи с богатыми железными рудами, переслаиваются с ними, а порой окаймляют их рудные тела. Чрезвычайная

тонкозернистость сланцев оказалась благоприятным фактором для их бокситизации. Она обеспечивала растворение входящего в их состав кварца и вынос кремнезема из коры выветривания растворами еще до стадии каолинизации пород. Поэтому кварц в бокситах полностью отсутствует. Благодаря высокой глиноземистости состава сланцев, возникающие при их выветривании гематит-бёмитовые бокситы также содержат большие концентрации глинозема, что определяет их высокое качество. Описываемый профиль характеризуется аномальным для классического латеритного профиля поведением железа, которое присутствует не только в трехвалентной форме, но и в значительных количествах в двухвалентной форме в виде шамозита $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{O})_8$, а также сидерита и пирита. Подобная редукция железа возможна только в восстановительных условиях, которые в данном случае возникли в результате заболачивания коры выветривания на конечных этапах ее формирования (Никитина, 1968).

В экспозиции можно видеть еще один образец боксита (п-ов Кач, Индия) (рис. 5), для которого изменение условий его нахождения (опускание суши под уровень мирового океана с последующим ее поднятием) и связанная с этим смена окислительно-восстановительного характера среды привели к возникновению в подводных условиях бертьериновых бокситов $(\text{Fe}_4^{2+}\text{Fe}_2^{3+})(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_8$, а на суше — к повторному отложению оксидов и гидроксидов железа.

Во время сухих сезонов в коре выветривания происходит капиллярный подъем воды. Одновременно поднимаются и растворенные в ней элементы, в том числе Fe^{2+} , которое на

поверхности окисляется и выпадает в осадок в виде гётита и гематита. В результате бокситы в верхней части профиля обогащаются соединениями железа и превращаются в плотную ржаво-бурую породу, часто бобовой текстуры, получившую название «кирасы» (от фр. *Cuirasse* — панцирь). В показанных профилях эта зона отсутствует, но отдельный образец «кирасы» представлен на выставке.

Тип месторождений *непосредственного* формирования бокситов связан с корой выветривания сокращенного профиля. Пласт бокситов в этом случае ложится непосредственно на свежие неизменные породы. Примером такой монозональной коры являются так называемые «пряники» — маломощные гётит-гипсбитовые корки, возникающие на свежих породах (нефелиновых сиенитах и долеритах Гвинеи, диабазах Британской Гвианы, габбро Кубы и др.). Эти корки обычно распространены локально и в бокситоносных корах составляют лишь небольшую часть. На экспозиции можно видеть «пряник» из бокситов Кубы, возникших при выветривании габбро (рис. 6). Образование бокситов непосредственного формирования возможно лишь в условиях крайне напряженного и быстро протекающего процесса выветривания, когда полевой шпат, минуя промежуточные стадии, сразу замещается гипсбитом.

Осадочные бокситы формируются в результате разрушения поверхностными водами латеритных кор выветривания и последующего переотложения их обломочного материала в местах пониженного рельефа, нередко в связи с различного рода водоемами. Различают прибрежно-морские — лагунные бокситы, обычно залегающие пластами

Рис. 5. Остаточный боксит бобово-оолитовой текстуры, претерпевший двукратное изменение состава в связи с колебанием уровня береговой линии. Полуостров Кач, Индия. 14 x 10 см. ММФ № ВФ264. Фото: М.Б. Лейбов.

Рис. 6. Корка остаточных бокситов на свежем габбро — «пряник». Кесигуа, Куба. 9 x 7 см. ММФ № ВФ266. Фото: М.Б. Лейбов.



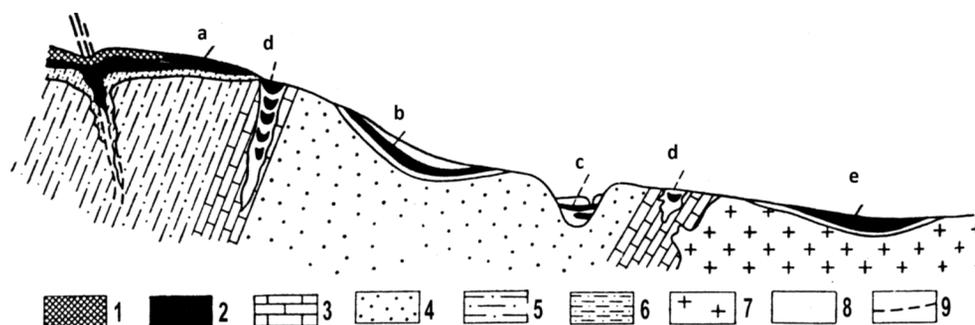


Рис. 7. Приуроченность бокситовых месторождений к различным формам рельефа. 1 — кираса; 2 — бокситы (a — остаточные, b — делювиальные-склоновые, c — аллювиальные-речные и др., d — карстовые, e — озерно-болотные); 3 — известняки; 4 — песчаники; 5 — сланцы; 6 — кора выветривания сланцев; 7 — граниты; 8 — породы, вмещающие осадочные бокситы (b, c, d, e); 9 — зона разрывных нарушений.

на размытой поверхности рифогенных известняков, и континентальные, представленные большой группой генетических типов. Среди континентальных бокситов в зависимости от места накопления терригенного материала выделяют: склоновые (делювиальные), долинные, речные, озерно-болотные и карстовые бокситы. Приуроченность бокситовых месторождений к определенным формам рельефа платформ схематически показана на рисунке 7.

Практически все типы осадочных бокситов можно видеть на выставке (рис. 3). Особо интереса, на наш взгляд, заслуживают карстовые бокситы. Они возникают в карстовых пустотах вследствие заполнения их глинистым или бокситовым материалом. При этом карстовые пустоты, которые могут быть различной морфологии (карры, воронки, долины и др.), играют роль не только понижений, в которые сгружается обломочный материал, но и оказывают определенное влияние на последний, обуславливая в ряде случаев его бокситизацию на месте отложения. Подобные факты дают основание некоторым исследователям рассматривать эти месторождения как латеритно-карстовые и выделять их из группы осадочных в самостоятельную группу карстовых месторождений. Существует мнение, что бокситовые месторождения на острове Ямайка сформировались за счет эффузивного материала, снесенного в карстовые депрессии и подвергнувшегося бокситизации уже на месте своего переотложения. При формировании бокситовых месторождений Североуральского бокситового района (СУБР), по мнению ряда исследователей (Гуткин, 1978), также имел место снос в карстовые воронки как готового бокситового материала, так и алюмосиликатного материала вулканогенно-осадочных пород, латеризация

которого происходила уже в карстовых воронках.

Главным источником глинозема при формировании осадочных бокситов безусловно является терригенный материал, представленный остаточными бокситами и породами латеритной коры выветривания. Но определенная часть алюминия, особенно при формировании бокситов в водной среде, может переноситься в растворенном состоянии в виде соединений с природными органическими кислотами. При последующем разрушении этих соединений алюминий осаждается в форме гидроксидов, которые входят в состав тонкодисперсной (пелитовой) части осадочных бокситов.

На тумбе около витрины с экспозицией можно видеть боксит в виде шара диаметром около 30 см (рис. 8). Это боксит из Подмосковья. Относительно генезиса подмосковных бокситов, приуроченных к угленосной толще, существует несколько точек зрения, но все исследователи исходят из представлений о хемогенной природе этих бокситов. В соответствии с этими представлениями подмосковные бокситы формировались за счет отложения глинозема из водных сульфатных растворов, которые образовались в результате окисления пирита, в большом количестве содержащегося в толще угленосных отложений (Захарова, 1974).

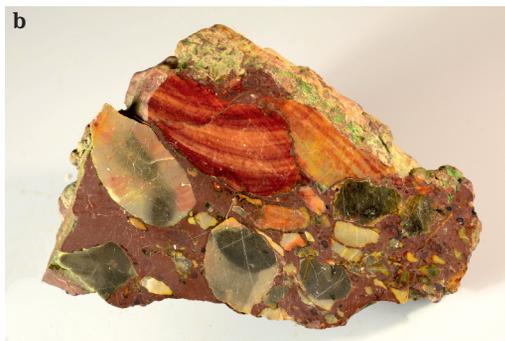
Коллекция бокситов, демонстрируемая на выставке, опровергает существующее заблуждение о том, что все бокситы «на одно лицо». Хотя в природе и преобладают бокситы красновато-бурого цвета, нередко встречаются, и их можно видеть на выставке, белые, серовато-зеленые, серые и даже черные бокситы.

Весьма разнообразны бокситы и по своим структурно-текстурным особенностям. Для



Рис. 8. Боксит гиббситовый пизолитовый. Мячково, Московская область, Россия. 30 x 25 см. ММФ № 88779. Фото: М.Б. Лейбов.

Рис. 9. Типы текстур бокситов: а – обломочная текстура делювиально-склонового боксита. В обломках – остаточный боксит. Ишкининское месторождение, Оренбургская область, Россия. 12.5 x 8 см. ММФ № ВФ250; б – брекчиевая текстура карстового боксита. В качестве цемента – боксит. Северо-Уральский бокситоносный район, Россия. 10 x 6.5 см. ММФ № ВФ271; с – яшмовидный карстовый боксит. Северо-Уральский бокситоносный район, Россия. 9.5 x 5.5 см. ММФ № ВФ270; d – тонкополосчатая пелитовая текстура лагунного боксита. Черемуховское месторождение, Урал, Россия. 11.5 x 11.5 см. ММФ № ВФ268; e – пизолитовая текстура осадочного боксита. Центральное месторождение, Красноярский край, Россия. 15 x 10 см. ММФ № М32133; f – пизолитовая текстура остаточного боксита. Штат Магхья Прадеш, Индия. 11 x 9.5 см. ММФ № ВФ265. Фото: М.Б. Лейбов.



остаточных бокситов характерны реликтовые разновидности структур и текстур, унаследованные от материнских пород, например, полосчатость (рис. 4). Типично бобовые, а также бобово-обломочные текстуры свойственны делювиальным (рис. 9a) и карстовым бокситам. Среди последних известны не только грубообломочные, вплоть до брекчиевидных (рис. 9b), разности, но и плотные тонкозернистые бокситы, напоминающие по внешнему облику яшму (рис. 9c). При отложении бокситового материала в водной среде образуются тонкослоистые алевритовые и пелитовые разности бокситов озерного или лагунного генезиса (рис. 9d). Некоторые из них содержат остатки бокситизированной флоры и фауны, образцы которых также можно видеть на выставке. Пизолитовые текстуры известны как среди осадочных (рис. 9e), включая карстовые, так и среди латеритных бокситов (рис. 9f). Изменение первичного облика бокситов: цвета и структурно-текстурных особенностей, а также минерального состава, происходит уже после их захоронения под слоем осадков и на разных стадиях литогенеза и метаморфизма бокситов.

Месторождения латеритных (остаточных) бокситов характерны для стран с тропическим климатом (Гвинея, Бразилия, Венесуэла, Индия). В России к этому типу относятся месторождения Воронежской бокситоносной провинции, Среднего Тимана и некоторые месторождения Чадобецкой группы в Красноярском крае (Слукин, 1973). Наибольшее значение в России имеют осадочные месторождения различных генетических типов. Хорошо известна Уральская бокситоносная провинция, в которой наиболее богатые месторождения сосредоточены в Северо-Уральской (СУБР) и Южно-Уральской группах. Немало месторождений приурочено к северной части Русской платформы — Северо-Онежская, Тихвинская и Южно-Тиманская группы (Рудные месторождения СССР, 1974). Перспективны месторождения Красноярского края (Чадобецкое и Татарское).

Образование бокситов — сложный гипергенный процесс, зависящий от очень

большого количества факторов. И никакая музейная экспозиция не может в полной мере отразить всю сложность этого процесса. Выставка в Минералогическом музее, впервые в практике музеев представляющая генетическую коллекцию бокситов, показывает главное — многообразие генетических типов бокситов с присущими им характерными особенностями.

Выставка в музее была бы невозможна без помощи сотрудников ИГЕМ, специалистов в области изучения бокситов: докторов геол.-мин. наук А.Д. Слукина, В.М. Новикова, Б.А. Богатырева и Ю.Ю. Бугельского. Абсолютно вся генетическая часть выставки была сформирована из образцов, поступивших от этих геологов в дар музею. За столь интересный каменный материал, а также за консультации и ценные советы в ходе работы над выставкой сотрудники музея приносят коллегам из ИГЕМ самую глубокую и искреннюю благодарность.

Литература

- Гуткин Е.С.* Геология и геохимия девонских бокситов Северного Урала. М.: Недра, **1978**. 238 с.
- Захарова Л.Н.* Шенуровское месторождение афациального типа (Подмосковный бассейн) // Генетическая классификация и типы бокситовых месторождений СССР. М.: Наука, **1974**. С. 284 — 286.
- Никитина А.П.* Древняя кора выветривания кристаллического фундамента Воронежской антеклизы и ее бокситоносность. М.: Наука, **1968**. 160 с.
- Рудные месторождения СССР // Под редакцией акад. В.И. Смирнова. М.: Недра, **1974**. Т. 1. 328 с.
- Сапожников Д.Г.* Генетическая классификация бокситовых месторождений // Генетическая классификация и типы бокситовых месторождений СССР. М.: Наука, **1974**. С. 5 — 20.
- Слукин А.Д.* Коры выветривания и бокситы Чадобецкого поднятия. М.: Наука, **1973**. 126 с.