

ГЕОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БОКСИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЛИМБИКО, РЕСПУБЛИКА ГВИНЕЯ

Сиссоко Билли Нанкуман¹, А.Е. Котельников¹, Ромеро Барренечеа Моисес Эсау¹

¹ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН)
(Инженерная Академия), Москва, Россия, e-mail: bill6489cissoko@gmail.com

Аннотация: Высокий спрос на алюминий активизирует исследования, направленные на его удовлетворение. С палеозоя до кайнозоя бокситовые месторождения формировались преимущественно за счет остаточного накопления алюминия в результате изменения богатых глиноземом исходных пород. Бокситы, являющиеся основным сырьем для алюминиевой промышленности, представляют собой породы, состоящие главным образом из минералов гидроксида алюминия, часто с низким содержанием кремнезема и окислов железа. Основные месторождения бокситов образовались в результате латеритных процессов в начале кайнозойской эры и расположены в Центральной Африке (Камерун), Западной Африке (Гвинея), Австралии, Вьетнаме и Бразилии. Цель данной работы – дать геологическое описание месторождения бокситов Лимбико, расположенного в Гвинее. Используемые методы включают отбор проб, составление стратиграфических разрезов и геологических карт. Район Лимбико характеризуется девонскими осадочными породами, в которые внедрены мезозойские долериты. Подстилающие породы перекрыты корой выветривания. Петрографические исследования выявили бокситы и переходные зоны, представленные железистыми латеритами. Микроскопический анализ показал наличие гиббсита, гетита, алюмогетита, рутила и глинистых минералов.

Ключевые слова: гиббсит, кора альтерации, интрузив, Лимбико, боксит, алевро-аргиллит, аподолерит, долерит, ферриалюмогель.

Благодарность: Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания по соглашению № FSSF-2024-0005 между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и Российским университетом дружбы народов им. Патриса Лумумбы.

Для цитирования: Сиссоко Билли Нанкуман, Котельников А. Е., Ромеро Барренечеа Моисес Эсау Геолого-петрографические исследования бокситового месторождения Лимбико, Республика Гвинея // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2025. – № 10. – С. 83–96. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_10_0_83.

Geology and petrography of the Limbiko Bauxite Deposit, Republic of Guinea

Billy N. Cissoko¹, A.E. Kotelnikov¹, Moises B.E. Romero¹

¹ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University)
(Academy of Engineering), Moscow, Russia

Abstract: High demand for aluminium spurs research to satisfy it. Starting from Paleozoic and up to Cenozoic, bauxite deposits formed mostly owing to residual accumulation of aluminium as a result of alteration of high-aluminum rocks. Being the main source for the aluminium industry, bauxite is a rock mostly composed of aluminium hydroxide minerals, often with low content of silica and iron oxides. Prime bauxite deposits formed as a result of laterite processes in the early Cenozoic in Central Africa (Cameroon), West Africa (Guinea), Australia, Vietnam and Brazil. This article describes the geology of the Limbiko Bauxite Deposit in the Republic of Guinea. The study methods include sampling, stratigraphic columns and geological mapping. The Limbiko region is composed of the Devonian sedimentary rocks intruded in the Mesozoic dolerite layers. The underlying rocks are overlaid with the weathering crust. Petrography research reveals bauxite and transition zones of ferruginous laterite. The microscopic analysis shows the presence of hydrargillite, goethite, alumogoethite, rutile and clay minerals.

Key words: hydrargillite, alteration crust, intrusive, Limbiko, bauxite, aleuro-argillite, apodolerite, dolerite, ferrialumogel.

Acknowledgements: The study was carried out under State Contract No. FSSF-2024-0005 between the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and the Patrice Lumumba People's Friendship University of Russia.

For citation: Billy N. Cissoko, Kotelnikov A. E., Moises B.E. Romero Geology and petrography of the Limbiko Bauxite Deposit, Republic of Guinea. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2025;(10):83-96. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_10_0_83.

Введение

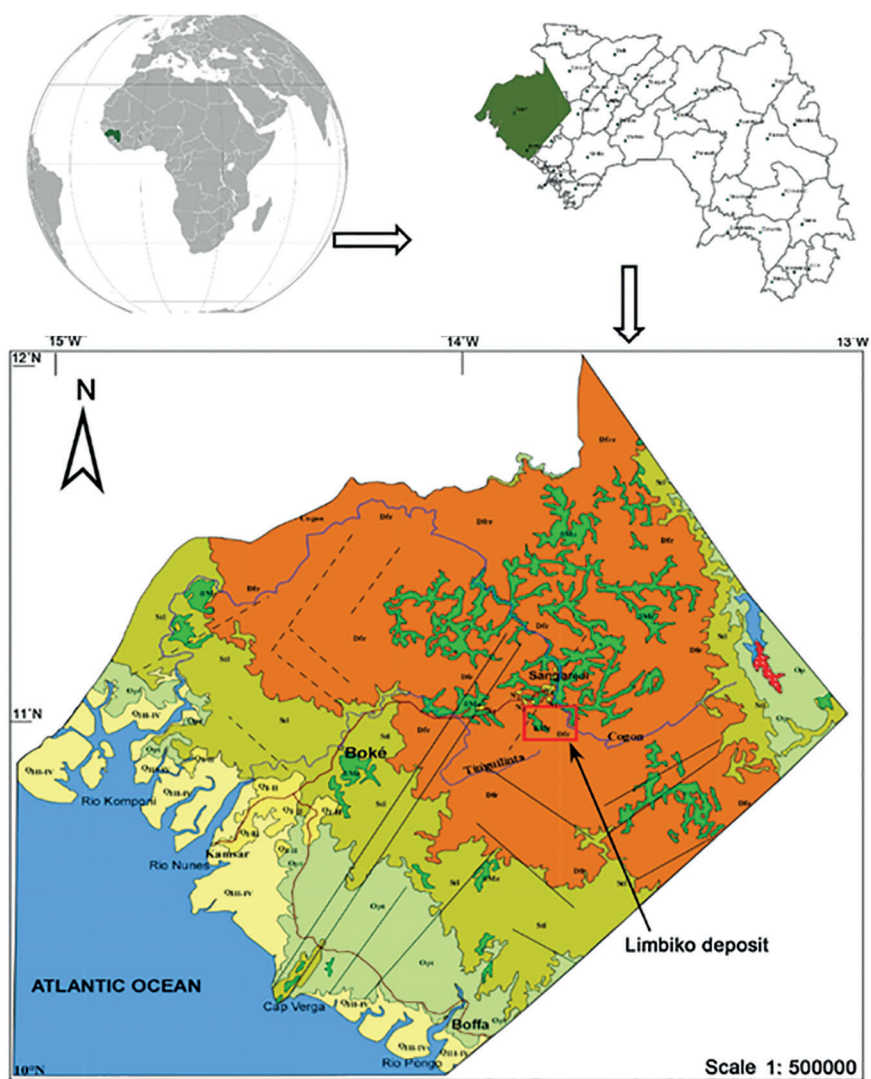
Боксит состоит в основном из одного или нескольких гидратов глинозема, примесей и основных минералов: гиббсита ($\text{Al}(\text{OH})_3$), бемита и диаспора (AlOOH), железа (Fe), гематита Fe_2O_3 или гетита ($\text{FeO}(\text{OH})$), оксидов титана (TiO_2) и каолинита $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Гиббситосодержащие бокситы предпочтительнее для глиноземных заводов, поскольку их можно обогащать при более низких температурах минерализации, чем другие виды глиноземных минералов. Цвет боксита меняется в зависимости от концентрации железной руды и обычно бывает красновато-коричневым, белым, медным или желтым. Он может иметь самую разнообразную текстуру и, как правило, обладает тусклым или землистым блеском и может напоминать глину или землю [1].

Боксит — это результат многолетнего химического изменения горных пород,

содержащих силикат алюминия. Обычно он проявляется в виде тонкого слоя толщиной от 2 до 5 м и более на поверхности или вблизи нее, в зависимости от области изменения.

На основании ряда критериев, включая тип, минералогию, химический состав, геоморфологию и тип материнских пород, бокситы подразделяются на три генетические группы: латеритные, осадочные и карстовые бокситы [2]. Осадочные бокситы образуются в основном за счет накопления латеритных бокситовых отложений, преобразованных процессами седиментации [3], а карстовые бокситы ограничены карстовыми карбонатными породами [4].

Месторождения бокситов встречаются в основном в тропических районах, где интенсивно протекает альтерация [5]: Западная Африка и Бразилия, Австралия и другие. К 2025 г. оно должно продолжать расти со сложной



- 1 $Q_{III,IV}$ Недифференцированные отложения: песчано-известковые породы с гравием, делювиально-пролювиальные галечники
- 2 $Q_{II,III}$ Недифференцированные отложения: глинистые пески и глинистые алевриты, гравий, аллювиальные отложения
- 3 N_1 Латеризированные породы: пески, песчаные алевриты, конгломераты
- 4 βM_1 Мезозойские долериты
- 5 Dfr Девонский комплекс Фаро
- 6 Ss Силурийский комплекс Телемиле
- 7 Opt Ордовикский комплекс Питы
- 8 Граниты и биотитовые гранодиориты
- 9 Разломы
- 10 Разнородные разломы
- 11 Реки
- 12 Установленные геологические границы
- 13 Города
- 14 Район Лимбико
- 15 Дороги

Рис. 1. Географо-геологическая карта района месторождения Лимбико

Fig. 1. Geographical and geological map of the Limbiko field area

годовой скоростью 2,2% и достигнуть 406 млн т [6].

Гвинея обладает крупнейшими в мире запасами бокситов — 1/3 мировых запасов, с высоким содержанием глинозема. Гвинейские бокситы оцениваются более чем в 40 млрд т, из которых 23 млрд т находятся в районе Боке. Месторождение Лимбико, расположенное в этом районе, имеет повышенное содержание глинозема, до 1/200 000.

Основной целью данной работы является проведение петрографического, минералогического, геохимического и статистического анализа различных типов бокситов месторождения Лимбико и их исходных пород [7].

Геология района исследований (Боке)

Месторождение Боке расположено в северо-западной части Гвинеи, между 10°30' и 11°45' северной широты, 13°45' и 15°00' западной долготы. Префектура Боке, где находится район исследования, занимает площадь 31 186 км² и относится к природной зоне Ни-Невинен (см. рис. 1). Район исследования является частью Гвинейской платформы, расположенной в юго-западной части Западно-Африканского кратона [8, 9].

В районе исследований ордовикская свита представлена мелкозернистыми кварцевыми песчаниками, полевыми шпатами с прослоями алевролитов; силурийская свита, состоящая из тонко-слоистых черных аргиллитов, компактных аргиллитов, алевролитов и микролитовых железистых линз с прослоями кварцевых песчаников, согласуется с ордовиком. Девон, сложенный кварцевыми песчаниками и чередующимися аргиллитами и алевролитами, согласуется с силуром [10].

Нами установлено, что в верхнем палеозое и мезозое изучаемая территория подвергалась значительной тектониче-

ской активности. Эта активизация озаменовалась формированием системы трансформных разломов северо-восточного (СВ) — юго-западного (ЮЗ) простирания и нескольких вторичных разломов, через которые проникли траповые интрузии. Эти магматические интрузии представлены долеритами (основными породами) [11].

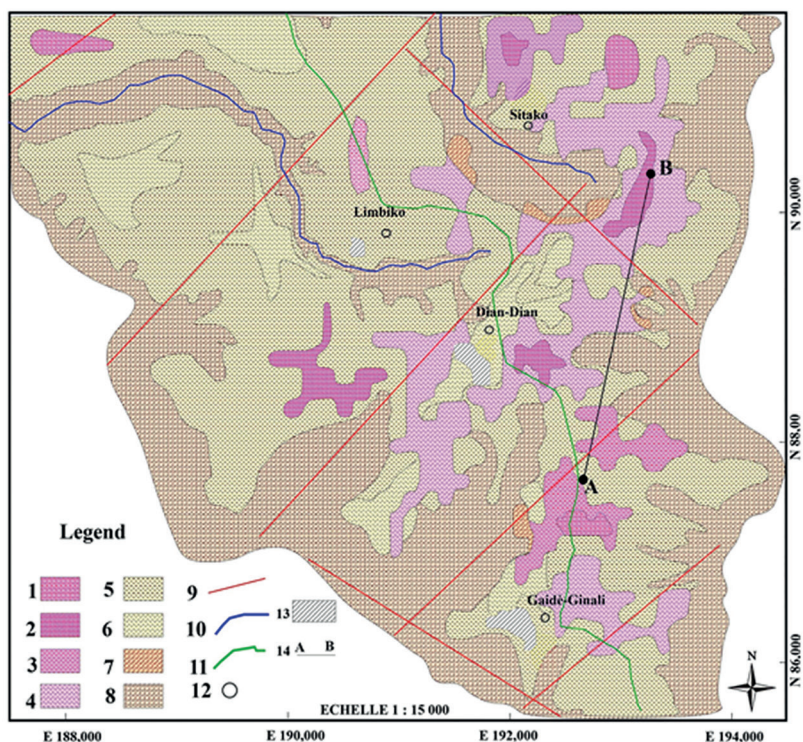
Геология месторождения Лимбико

Бокситовое месторождение Лимбико состоит из девонских алевролитов, алеврит-аргиллитов и аргиллитов, в которые вдаются силлы и дайки мезозойских долеритов [10]. В этой зоне наиболее древние разломы ориентированы в направлении северо-восток — юго-запад, а хрупкие дислокации, ориентированные в направлении северо-восток, связаны с недавними трансформными разломами (см. рис. 2).

Бокситовое месторождение Лимбико подверглось недавнему тектономагматическому движению в мезозое, которое способствовало залеганию доломитовых силлов. Эти границы субконкордантны и слегка наклонены к девонским осадочным породам. Мощность долеритов варьирует от 4 до 34 м. Район наших исследований приурочен к сильно расчлененному асимметричному массиву Боус, рельеф которого плавно и выровнено повышается с севера на юг [8].

Материалы

Месторождение бокситов на плато Лимбико — основной материал для данного исследования. Для проведения исследования использовались такие инструменты, как геологический молоток, буровые установки (Atlas Copco), используемые Компанией бокситов Гвинеи для отбора образцов, и поляризационный микроскоп для петрографического анализа образцов.



- | | | | |
|----|---|----|-----------------------------------|
| 1 | Гелевые бокситы, полученные из алевро-аргиллитов | 2 | Гелевые аподолеритовые бокситы |
| 3 | Латеритные бокситы, полученные из алевро-аргиллитов | 4 | Аподолеритовые латеритные бокситы |
| 5 | Бокситовые латериты, полученные из алевро-аргиллитов | 6 | Аподолеритовые латеритные бокситы |
| 7 | Латеритные осадочные образования миоценового возраста, перекрывающие долериты | | |
| 8 | Латеритные осадочные образования миоценового возраста, перекрывающие девонские породы | | |
| 9 | Дефекты | 10 | Водоток |
| | | 11 | Сельская дорога |
| | | 12 | Деревья |
| 13 | Орошаемая площадь | 14 | A B Разрез по линии А и Б |

Рис. 2. Геологическая карта месторождения Лимбико
 Fig. 2. Geological map of the Limbiko deposit

Методы

Во время стажировки в Компании бокситов Гвинеи мы провели геологический анализ (отбор кернa, стратиграфический каротаж, описание геологических разрезов и составление геологических карт) и собрали несколько образцов с бокситового плато Лимбико. Образцы были отправлены в лабораторию Компании бокситов Гвинеи в г. Камсаре для анализа. Более шестидесяти образцов

были подготовлены для макроскопического и микроскопического анализа. Латеритные породы трудно изучать под поляризационным микроскопом. Это связано с очень маленьким (субмикроскопическим) размером фаз, а также (часто) с присутствием непрозрачных зон в сильно железистых разновидностях. Дополнительные образцы были изучены методом рентгеновской дифракции на предмет их минералогического состава,

как и другие образцы — для определения ключевых элементов в образцах лимбического боксита.

Стратиграфическая проработка

Поверхность месторождения Лимбико состоит из железистых бокситов мощностью 1,7–3 м, покрытыми местами растительной почвой. На месторождении Лимбико есть два типа бокситов: латеритные бокситы (*in situ*) и хемогенные бокситы [8–10]. Первые развиваются за счет глин, алевролитов и долеритов. Вторые образуются в результате химического перераспределения элементов в основании латеритных бокситов, которые делятся на две части. Загущенные бокситы частично сохранили текстурно-структурные особенности материнских пород и геломорфных бокситов, полностью преобразованных процессами перераспределения и концентрации глиноземистого вещества [12].

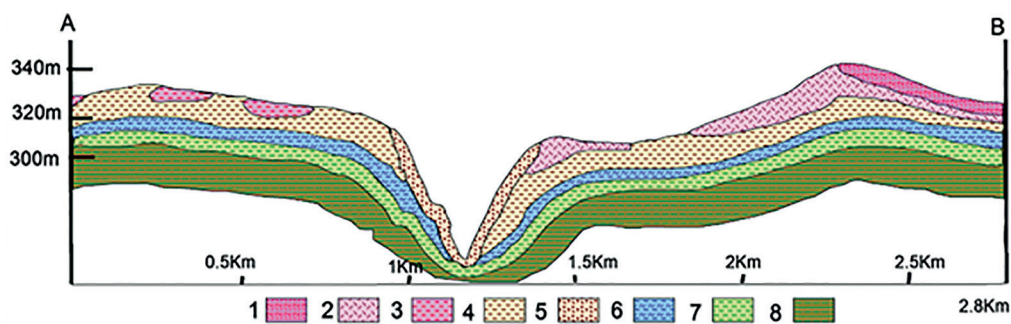
Изучение стратиграфических каротажей А и Б показывает два типа формаций: материнские породы в основании (более 1 м), перекрытые корой выветривания [13]. Эта кора выветривания характеризуется четырьмя зонами [3], которые расположены снизу вверх: на-

чальная зона разложения, или сапролиты (толщина 5 м), глинистая зона (от 4 до 6 м), переходная зона (от 1 до 6 м) и зона свободных оксидов или бокситов (8 м). Эта область бокситов представлена гелеобразными и латеритными бокситами. Иногда наблюдаются прослойки узловатых ферриплантитов (рис. 4).

Петрографическое исследование

Петрографические полевые исследования были сосредоточены на железосодержащих латеритных бокситах, железосодержащих латеритах переходной зоны и ферриплантитах.

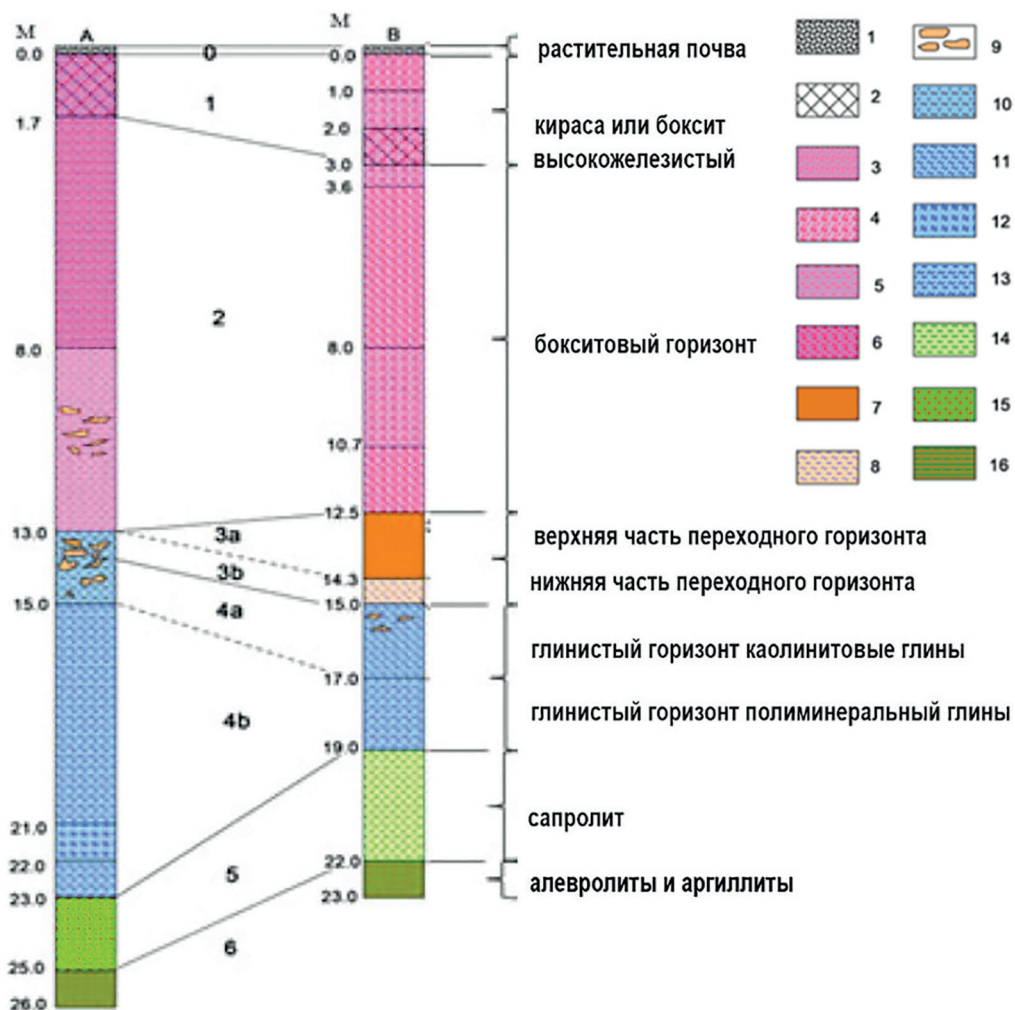
В изучаемом районе бокситы характеризуются невысоким качеством и низким содержанием моногидрата алюминия, поэтому преобладает гиббсит. Алюмогетит имеет низкое содержание глинозема. Титаномагнетит обычно встречается в аподолеритовых бокситах, а рутил и анатаз типичны для бокситов, развитых за счет девонских пород (рис. 5, а). Латеритные бокситы отличаются структурными особенностями и разделением на пластинки для структурных бокситов (см. рис. 5, а) и на раковины для аподолеритовых бокситов (рис. 5, б).



- 1 – аподолеритовые гелефицированные бокситы; 2 – аподолеритовые латеритные бокситы;
- 3 – латеритные бокситы, происходящие из алевролит-аргиллитов;
- 4 – бокситные латериты, происходящие из алевролит-аргиллитов;
- 5 – осадочные латеритные образования миоценового участка, перекрывающие девонские породы;
- 6 – аргильсы; 7 – сапролиты; 8 – породы основания

Рис. 3. Геологический разрез по линиям А и В

Fig. 3. Geologic cross section along lines A and B



- 1 –растительная почва; 2 – зоны ожелезнения;
- 3 – псевдоморфные гелеобразные бокситы из долеритов;
- 4 – сильно загущенные псевдоморфные бокситы, производные долеритов;
- 5 – латеритные бокситы из алевролитов и аргиллитов;
- 6 – бокситы высоколегированные, производные алевролитов и аргиллитов;
- 7 – массивные табачно-желтые ферриплантиты;
- 8 –латериты переходного железа с глинистыми гнездами;
- 9 – пластинки ферриплантита табачно-желтого цвета;
- 10 – псевдоморфные железистые красные каолиновые глины, производные алевролитов и глины;
- 11 – белые, серовато-белые и розовые каолиновые глины, псевдоморфозы, производные алевролитов и глины;
- 12 – полиминеральные глины с монтмориллонитом-каолинитом, происходящие из долеритов;
- 13 – полиминеральные глины с гидрослюдисто-каолиновыми серыми псевдоморфозами, образующими алевролиты и глины;
- 14 – сапролиты, производные алевролитов и аргиллитов;
- 15 – сапролиты роговичных алевролитов и глин;
- 16 – алевролиты и аргиллиты

Рис. 4. Стратиграфическая колонка разреза по линии А и В [13]

Fig. 4. Stratigraphic column of the section along line A and B [13]

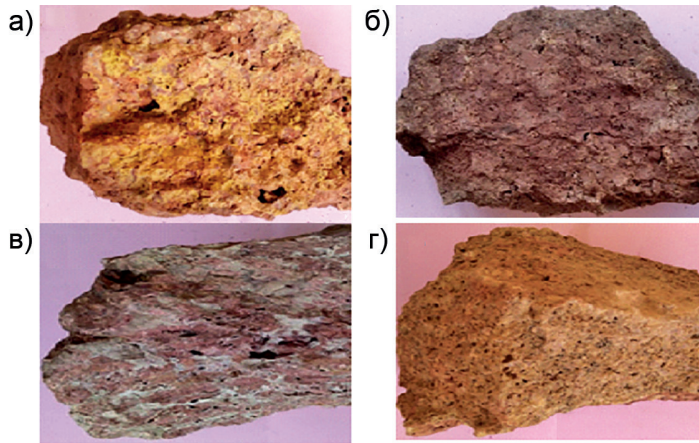


Рис. 5. Образцы бокситов: латеритные бокситы, результат изменения алевролитов и аргиллитов (а); латеритные бокситы, происходящие из долеритов (б); гелеобразованные бокситы, происходящие из алевролитов и аргиллитов (в); гелефицированные бокситы, происходящие из долеритов (г)

Fig. 5. Bauxite samples: lateritic bauxite resultant from alteration of aleurolite and argillite (a); lateritic bauxite derived from dolerite (b); gelled bauxite derived from aleuro-argillite (v); gellified bauxite derived from dolerite (g)

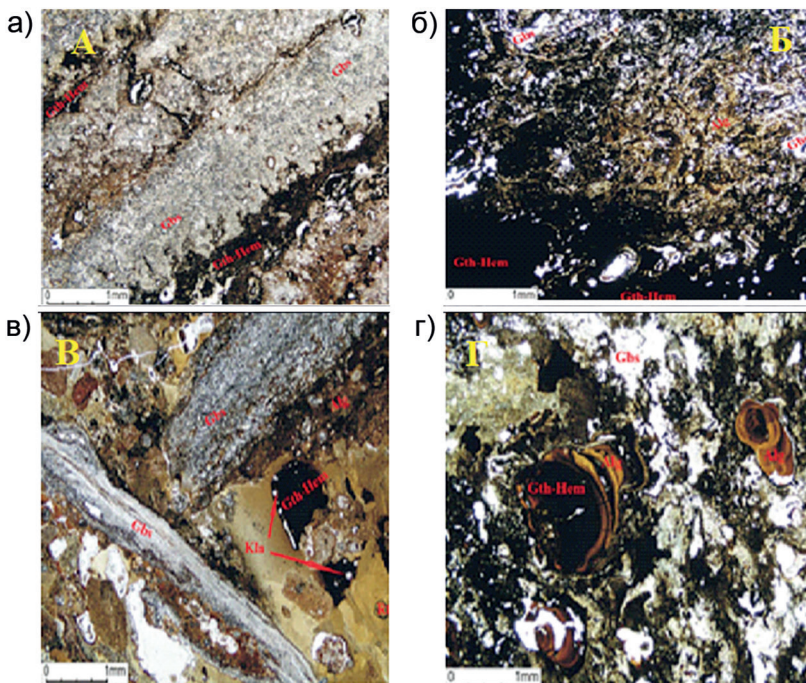


Рис. 6. Тонкие пластинки образцов боксита в неполяризованном свете (Gbs — гиббсит, Alg — алюмогетит, Gth — гетит, Hem — гематит, Rt — рутил, Kln — каолинит): латеритные бокситы, результат изменения алевролитов и аргиллитов (а); латеритные бокситы, происходящие из бокситовых долерий (б); гелеобразованные бокситы, образовавшиеся в результате изменения алевролитов и аргиллитов (в); гелефицированные бокситы, происходящие из долеритов (г)

Fig. 6. Thin plates of bauxite samples in non-polarized light (Gbs — gibbsite, Alg — aluminogothite, Gth — goethite, Hem — hematite, Rt — rutile, Kln — kaolinite): lateritic bauxite resultant from alteration of aleurolite and argillite (a); lateritic bauxite derived from bauxite lenses (b); gelled bauxite from alteration of aleurolite and argillite (v); gellified bauxite derived from dolerite (g)

Бокситы представлены: геломорфными бокситами, имеющими относительно ограниченное развитие на месторождении и гелеобразными бокситами, имеющими широкое распространение. Они имеют массивную текстуру, аморфную и микрокристаллическую структуру [9].

По текстуре гелеобразные бокситы напоминают латеритные бокситы, но отличаются от них более светлыми оттенками розового и бежевого цветов. Макроскопически гелеобразные бокситы образуются за счет алевролитов и глин, причем гелеобразование обычно характеризуется побледнением пластин. Такое гелеобразование приводит к осветлению бокситов (рис. 5, в). В аподолеритовых бокситах гелеобразование обычно развивается в виде алюмелевых гнезд гиббситового состава, рассеянных в бокситах, что приводит к осветлению руды (рис. 5, з). Загущенные по своему составу бокситы занимают промежуточное положение между геломорфными и латеритными бокситами [11].

Микроскопически бокситы, образующиеся из алевролита, иногда бывают слабожелезистыми. Тонкие пластинки этих бокситов показаны на рис. 6, а (латеритные бокситы) и рис. 6, в (загущенные бокситы). На этих тонких срезах эти бокситы имеют кавернозную текстуру псевдомикробрежина. Фрагменты бесц-

ветные или бледно-желтые (см. рис. 6, а и в). Размер фрагментов варьируется от 2–5 мм и до 1,5 см. Колломорфные сгустки обычно возникают в микрокристаллической гиббситовой массе. Размер геломорфных пятен в форме сгустков обычно не превышает 3–5 мм. Доля алюмогеля растет с увеличением гелеобразования бокситов, особенно на рис. 6, в. Гетит легко диагностируется в зернистых агрегатах, помимо железистого материала встречаются кристаллические новообразования гиббсита размером 0,5–1 мм и вторичная диаспора (см. рис. 6, а, в).

В тонких пластинках аподолеритовых латеритов бокситов часто наблюдается офитическая структура, унаследованная от исходных долеритов. В кристаллах гиббсита часто встречаются цепочки мелких, удлинённых и непрозрачных кристаллов гематита, в которых чаще всего видны кристаллические следы исходного плагиоклаза (рис. 6, б). В тонких пластинках аподолеритовых загущенных бокситов (рис. 6, з) наблюдается развитие пластинок алюмогеля и ферриалюмогеля. Они имеют колломорфное афанитное строение. В целом в гелеобразных разновидностях аподолеритовых бокситов развитие алюмелевых и кристаллических новообразований гиббсита свидетельствует об остаточном виде трудно различимой офитовой структуры.

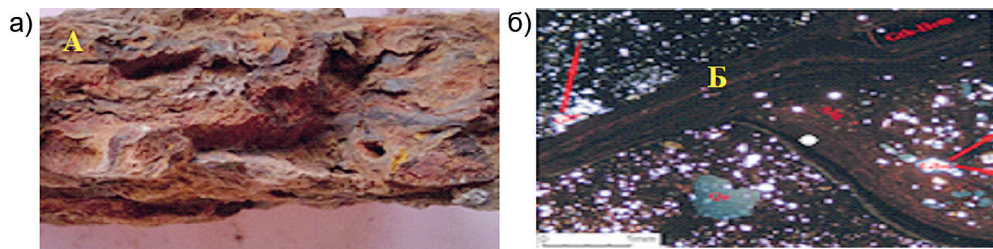


Рис. 7. Железистые латериты (Gbs – гиббсит, Alg – алюмогетит, Gth – гетит, Hem – гематит, Qz – кварц): железистые латериты верхнего бокситизированного слоя (а); тонкая пластинка в поляризованном свете (б)

Fig. 7. Glandular laterites Gbs – gibbsite, Alg – aluminogetite, Gth – goethite, Hem – hematite, Qz – quartz: ferruginous laterite of upper bauxitic layer (a); thin slab in polarized light (b)

Железистые латериты

Железный латерит боксит, происходящий из долерита, имеет крупнопещеристое строение и аддитивную афанитовую структуру. Они сложены в большинстве случаев верителем и гематогеном, образуя равномерные, чередующиеся пятна по стенкам трещин и пещер. Встречаются также крупные кристаллы вторичного гиббситового новообразования размером 2–3 мм (см. рис. 7, а, б) [12].

Железистые латериты алевро-аргиллитов Фароской свиты

Железистые латериты (рис. 8, а) имеют псевдобреховую текстуру желтовато-красного цвета с порами. В тонкой планке (рис. 8, б) размер фрагментов варьируется от 0,1 до 0,8 см, они расположены под острыми углами. Цвет обломков очень темный красный. Цементирующее вещество состоит из гематогеля и ферригеля желтого, желтовато-красного цвета и разнообразно. Фрагменты имеют массивную колломорфную афанитовую текстуру. Они состоят преимущественно (80–90% и более) из железистых минералов (гетита, гематита и др.). Гиббсит образует мелкодисперсную вкрапленность, его содержание не превышает 5%. Цементирующее вещество развито в виде прожилков афанитовой текстуры и колломорфного строения. В ярком свете цемент полупрозрачен. Гнезда сложены микрокристаллическими гиббситом и каолинитом с тонкими пластинками гидромусковита [13].

Ферриплантиты боксита имеют массивную или ленточную текстуру и микрокристаллическую структуру, реже представлен афанитовый ко-

Ферриплантиты боксита

Ферриплантиты табачно-желтого цвета имеют массивную или ленточную текстуру и микрокристаллическую структуру, реже представлен афанитовый ко-

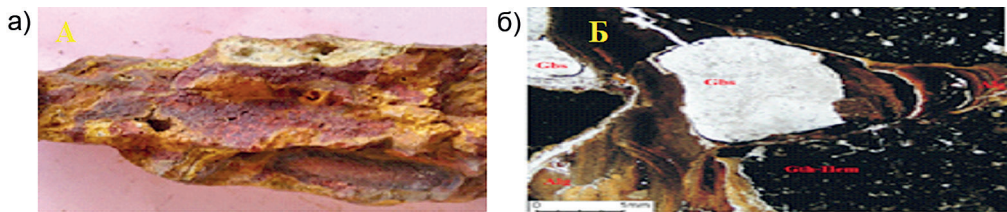


Рис. 8. Железистые латериты верхней части алевро-аргиллитов Фароской свиты (Gbs — гиббсит, Alg — алюмогетит, Gth — гетит, Hem — гематит): железосодержащие илы переходной зоны (а); тонкая пластинка в поляризованном свете (б)

Fig. 8. Photo glandular laterites of the upper part of the siltstone-argillites of the Faro Formation (Gbs — gibbsite, Alg — aluminogothite, Gth — goethite, Hem — hematite): iron-bearing silt of transition zone (a); thin slab in polarized light (b)

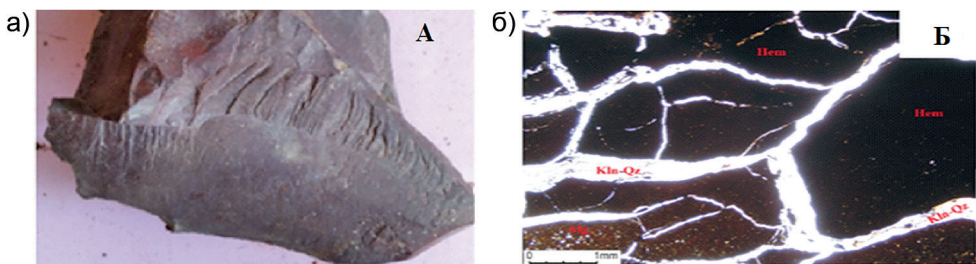


Рис. 9. Ферриплантит: образец ферриплантита (а); тонкая пластинка в неполяризованном свете (Alg — алюмогетит, Kln — каолин, Hem — гематит) (б)

Fig. 9. Photo of bauxite ferriplantite: sample of ferriplantite (a); thin slab in non-polarized light (Alg — aluminogothite; Kln — kaolin; Hem — hematite) (b)

лумбит (см. рис. 9, а). К этим ферриплантитам прикреплены тонкие пластинки (рис. 9, б), взятые из латеритов перехода. Они состоят, по существу, из мелкого агрегата кристаллов гетита, гиббсита и каолинита. Местами встречаются также зерна кварца алевритового размера. Вместе гиббсит и каолинит составляют 10–15%. В желто-табачных ферриплантитах переходной зоны (см. рис. 9, б) развиты глиноземистые жилы мощностью до 3 мм, сложенные алюмогелем или ферриалюмогелем. Местами они преобразованы в гиббсит [14].

Обсуждение результатов

Алюминий в основном состоит из таких минералов, как гиббсит, бемит и диаспор. Гиббсит $Al(OH)_3$ является одним из наиболее существенных и легко обнаруживаемых минералов в образцах бокситов [14]. Гиббситовые бокситы в основном являются поздними или третичными и встречаются большей частью в тропических регионах, таких как Гвинея и другие страны, где климат жаркий и влажный. В различных типах бокситов диаспор играет незначительную роль по сравнению с гиббситом и бемитом [15]. Предполагается, что диаспор — стабильная фаза под поверхностью в климатических условиях, а гиббсит и бемит — метастабильные, их присутствие обусловлено в основном медленной скоростью превращения. Алюмогетит, присутствующий во многих бокситовых месторождениях, может быть использован в качестве заменителя гетита [16].

Геохимические исследования следов деформаций латеритных бокситов Бове [17] и Тарди [18] в бокситах Лимбико позволяют предположить, что бокситы образуются в результате разрушения каолинита. Например, образование бокситового гиббсита на плато Лимбико происходит в основном за счет косвен-

ной бокситизации или десиликации каолинита в условиях жаркого и влажного тропического климата. Скорость латеритизации по Шельману [19] иллюстрирует уровень бокситизации. Таким образом, образцы бокситов демонстрируют высокую степень латеритизации [20] или легкую степень латеритизации [21] а образцы глин — низкую степень латеритизации или даже каолинизацию.

Заключение

Петрологические исследования показывают, что месторождение бокситов Лимбико имеет:

- девонское происхождение (алевролит-аргиллитовая толща),
- мезозойское происхождение (долериты),
- хемогенное происхождение, связанное с химическим перераспределением элементов в латеритных бокситах.

Минералогический состав характеризуется:

- наличием гиббсита, гетита и алюмогетита в бокситовом горизонте,
- отсутствием диаспора и бемита,
- преобладанием каолинита, кварца и гидрослюды в глинистых горизонтах.

Бокситы месторождения Лимбико отражают деструкцию каолинита в процессе бокситизации. Железистые латериты и ферриплантиты демонстрируют высокую степень латеритизации, тогда как глины, сапролиты и алевролит-аргиллиты — слабую.

Авторы выражают благодарность руководству геологоразведочной компании в Гвинее (Compagnie des bauxites de Guinée), главному инженер-геологу Конде Мамуду и другим сотрудникам геологического отдела компании за создание максимально комфортных условий для практической и исследовательской работы и содействие в получении достоверных геологических и других

необходимых для выполнения работы данных.

Выражаем благодарность Российскому университету дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН) и сотрудникам кафедры недропользования и нефтегазового дела за всестороннюю под-

держку, профессиональное содействие и неоценимый вклад в развитие нашей деятельности. Ваша экспертная помощь, научно-практические рекомендации и приверженность высоким стандартам вдохновляют нас на дальнейшее сотрудничество и достижение новых высот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bogatyrev B., Zhukov V. Bauxite Provinces of the World // *Geology of Ore Deposits*. 2009, vol. 51, pp. 339 – 355. DOI: 10.1134/S1075701509050018.

2. Bhukte P. G., Daware G. T., Masurkar S. P., Mahendiran P., Janbandhu K., Rao K. R., Singh U., Puttewar S. P., Agnihotri A. Geochemical, mineralogical and petrological characteristics of lateritic bauxite deposits formed on deccan trap basalt with reference to high-level and coastal (low level) deposits of Maharashtra // *Journal of the Geological Society of India*. 2020, vol. 95, pp. 587 – 598.

3. Esterle M., Lajoinie J.-P. Bauxites. In *Universalis éducation [en ligne]*. Encyclopaedia Universalis, 2019 [consulté le 14 novembre 2020]. Disponibilité et accès sur <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/bauxites/>.

4. Nahon D. Alterations in the Tropical Zone. Meaning through old and/or current mechanisms // *Geoscience Reports*. 2003, vol. 335, pp. 1109 – 1119.

5. Hao X., Leung K., Wang R., Sun W., Li Y. The geomicrobiology of bauxite deposits // *Geoscience Frontiers*. 2010, vol. 1, pp. 81 – 89. DOI: 10.1016/j.gsf.2010.06.001.

6. Mamedov V. I., Tokarlikov V., Seredkin M., Ivlev I., Tchaousov A., Chaplygin O., Blankov Y. Preliminary survey results (150 m×150 m) and special studies carried out on the deposits of Kooni (Bowal 5), Dalagala (Bowal 6), Tiapikoré-Nord (Bowal 8 Nord), Fello Maoulé (Bowal 9), Kagnaka (Bowal 25), Yaladanè (Bowal 29) and Limbiko (Bowal 30). *Geoprospects LTD, Boke*. 2005.

7. Mamedov V. I., Boufeév Y. V., Nikitine Y. A., Mamedov A. I. Bank of useful mineral deposits and index data. *Geoprospects LTD; Univ. Moscow State Council, Aquarel, Moscow*, 2010, 264 p.

8. Mamedov V. I., Boufeév Y. V., Nikitine Y. A. *Geology of the Republic of Guinea*. Ministry of Mines and Geology of the Republic of Guinea. *Geoprospects LTD; Univ. Moscow State Council*, 2010, 320 p.

9. Mamedov V. I., Chausov A. A., Okonov E. A., Makarova M. A., Boeva N. M. The world's largest founta Djallon-Mandingo Bauxite province (West Africa): Part I. Background // *Geology of Ore Deposits*. 2020, vol. 56(2), pp. 178 – 192. DOI: 10.1134/S1075701520020026.

10. Michel R., de Bilbao E., Poirier J. Recycling bauxite waste for the mineral industry: Phase transformations and microstructure during sintering // *Waste and Biomass Valorization*. 2018, vol. 9, pp. 1261 – 1271. DOI: 10.1007/s12649-016-9775-y.

11. Sidibe M., Yalcin M. Petrography, mineralogy, geochemistry and genesis of the balaya bauxite deposits in Kindia Region, Maritime Guinea, West Africa // *Journal of African Earth Sciences*. 2019, vol. 149, pp. 348 – 366.

12. *Statista*. Main Bauxite Producing Countries 2013 – 2019. 2020. <https://fr.statista.com/statistiques/565292/principaux-pays-de-la-production-mondiale-miniere-de-bauxite/>.

13. Torró L., Proenza J. A., Aiglsperger T., Bover-Arnal T., Villanova-de-Benavent C., Rodríguez-García D., Ramírez A., Rodríguez J., Mosquera L. A., Salas R. Geological, geochemical and mineralogical characteristics of REE-Bearing Las Mercedes Bauxite Deposit, Dominican Republic // *Ore Geology Reviews*. 2017, vol. 89, pp. 114 – 131. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2017.06.017.

14. Lapparent J. Les minéraux des bauxites françaises // *Societe fr. Mineralogie, Bulletin de mineralogie*. 1930, vol. 53, pp. 255 – 273. DOI: 10.3406/bulmi.1930.4096.

15. Pablo Henrique Costa dos Santos, Marcondes Lima da Costa, Alessandro Sabá Leite The Piriá aluminous lateritic profile: mineralogy, geochemistry and parent rock // *Brazilian Journal of Geology*. 2016, vol. 46, no. 04, pp. 617 – 636. DOI: 10.1590/2317-4889201620160101.

16. Liu X., Wang Q., Zhang Q., Feng Y., Cai S. Caractéristiques mineralogiques des tres grands gisements de bauxite quaternaire dans les comtes de jingxi et debao, ouest du guangxi, chine // Journal des Sciences Asiatiques de la Terre. 2012, vol. 52, pp. 53 – 62. DOI: 10.1016/j.jseae.2012.02.011.
17. Beauvais A. Paleoclimats et dynamique d'un paysage cuirasse de la republique centrafricaine: morphologie, petrologie et geochimie. Doctorat thèse, université de poitiers, poitiers, 1991.
18. Schellmann W. Sur la géochimie des latérites // Chemie der Erde. 1986, vol. 45, pp. 39 – 52.
19. Zamanian H., Ahmadnejad F., Zarasvandi A. Enquêtes mineralogiques et géochimiques du gisement de bauxite de Mombi, monts Zagros, Iran // Géochimie. 2016, vol. 76, no. 1, pp. 13 – 37. DOI: 10.1016/j.chemer.2015.10.001.
20. Zarasvandi A., Carranza E. J. M., Ellahi S. S. Caractéristiques géologiques, géochimiques et mineralogiques des gisements de bauxite de Mandan et Deh-Now, ceinture plissée de Zagros, Iran // Revues de Géologie du Minerai. 2012, vol. 48, pp. 125 – 138. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2012.02.010.
21. Gu R., Duan F., An X., Zhang F., von Wirén N., Yuan L. Caractérisation de l'absorption d'ammonium de haute affinité médiée par l'AMT dans les racines du maïs (*Zea mays* L.) // Physiologie Végétale et Cellulaire. 2013, vol. 54, pp. 1515 – 1524. DOI: 10.1093/pcp/pct099. **IFAB**

REFERENCES

1. Bogatyrev B., Zhukov V. Bauxite Provinces of the World. *Geology of Ore Deposits*. 2009, vol. 51, pp. 339 – 355. DOI: 10.1134/S1075701509050018.
2. Bhukte P. G., Daware G. T., Masurkar S. P., Mahendiran P., Janbandhu K., Rao K. R., Singh U., Puttewar S. P., Agnihotri A. Geochemical, mineralogical and petrological characteristics of lateritic bauxite deposits formed on deccan trap basalt with reference to high-level and coastal (low level) deposits of Maharashtra. *Journal of the Geological Society of India*. 2020, vol. 95, pp. 587 – 598.
3. Esterle M., Lajoinie J.-P. Bauxites. In *Universalis éducation [en ligne]*. Encyclopaedia Universalis, 2019 [consulté le 14 novembre 2020]. Disponibilité et accès sur <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/bauxites/>.
4. Nahon D. Alterations in the Tropical Zone. Meaning through old and/or current mechanisms. *Geoscience Reports*. 2003, vol. 335, pp. 1109 – 1119.
5. Hao X., Leung K., Wang R., Sun W., Li Y. The geomicrobiology of bauxite deposits. *Geoscience Frontiers*. 2010, vol. 1, pp. 81 – 89. DOI: 10.1016/j.gsf.2010.06.001.
6. Mamedov V. I., Tokarlikov V., Seredkin M., Ivlev I., Tchaousov A., Chaplygin O., Blankov Y. *Preliminary survey results (150 m×150 m) and special studies carried out on the deposits of Kooni (Bowal 5), Dalagala (Bowal 6), Tiapikoré-Nord (Bowal 8 Nord), Fello Maoulé (Bowal 9), Kagnaka (Bowal 25), Yaladanè (Bowal 29) and Limbiko (Bowal 30)*. Geoprospects LTD, Boke. 2005.
7. Mamedov V. I., Boufeév Y. V., Nikitine Y. A., Mamedov A. I. *Bank of useful mineral deposits and index data*. Geoprospects LTD; Univ. Moscow State Council, Aquarel, Moscow, 2010, 264 p.
8. Mamedov V. I., Boufeév Y. V., Nikitine Y. A. *Geology of the Republic of Guinea*. Ministry of Mines and Geology of the Republic of Guinea. Geoprospects LTD; Univ. Moscow State Council, 2010, 320 p.
9. Mamedov V. I., Chausov A. A., Okonov E. A., Makarova M. A., Boeva N. M. The world's largest founta Djallon-Mandingo Bauxite province (West Africa): Part I. Background. *Geology of Ore Deposits*. 2020, vol. 56(2), pp. 178 – 192. DOI: 10.1134/S1075701520020026.
10. Michel R., de Bilbao E., Poirier J. Recycling bauxite waste for the mineral industry: Phase transformations and microstructure during sintering. *Waste and Biomass Valorization*. 2018, vol. 9, pp. 1261 – 1271. DOI: 10.1007/s12649-016-9775-y.
11. Sidibe M., Yalcin M. Petrography, mineralogy, geochemistry and genesis of the balaya bauxite deposits in Kindia Region, Maritime Guinea, West Africa. *Journal of African Earth Sciences*. 2019, vol. 149, pp. 348 – 366.
12. Statista. *Main Bauxite Producing Countries 2013 – 2019*. 2020. <https://fr.statista.com/statistiques/565292/principaux-pays-de-la-production-mondiale-miniere-de-bauxite/>.
13. Torró L., Proenza J. A., Aiglsperger T., Bover-Arnal T., Villanova-de-Benavent C., Rodríguez-García D., Ramírez A., Rodríguez J., Mosquea L. A., Salas R. Geological, geochemical and mineralogical characteristics of REE-Bearing Las Mercedes Bauxite Deposit, Dominican Republic. *Ore Geology Reviews*. 2017, vol. 89, pp. 114 – 131. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2017.06.017.
14. Lapparent J. Les mineraux des bauxites françaises. *Societe fr. Mineralogie, Bulletin de mineralogie*. 1930, vol. 53, pp. 255 – 273. DOI: 10.3406/bulmi.1930.4096.

15. Pablo Henrique Costa dos Santos, Marcondes Lima da Costa, Alessandro Sabá Leite The Piriá aluminous lateritic profile: mineralogy, geochemistry and parent rock. *Brazilian Journal of Geology*. 2016, vol. 46, no. 04, pp. 617 – 636. DOI: 10.1590/2317-4889201620160101.

16. Liu X., Wang Q., Zhang Q., Feng Y., Cai S. Caractéristiques mineralogiques des tres grands gisements de bauxite quaternaire dans les comtes de jingxi et debao, ouest du quangxi, chine. *Journal des Sciences Asiatiques de la Terre*. 2012, vol. 52, pp. 53 – 62. DOI: 10.1016/j.jseae.2012.02.011.

17. Beauvais A. *Paleoclimats et dynamique d'un paysage cuirasse de la republique centrafricaine: morphologie, petrologie et geochimie*. Doctorat thèse, université de poitiers, poitiers, 1991.

18. Schellmann W. Sur la géochimie des latérites. *Chemie der Erde*. 1986, vol. 45, pp. 39 – 52.

19. Zamanian H., Ahmadnejad F., Zarasvandi A. Enquêtes mineralogiques et géochimiques du gisement de bauxite de Mombi, monts Zagros, Iran. *Géochimie*. 2016, vol. 76, no. 1, pp. 13 – 37. DOI: 10.1016/j.chemer.2015.10.001.

20. Zarasvandi A., Carranza E. J. M., Ellahi S. S. Caractéristiques géologiques, géochimiques et mineralogiques des gisements de bauxite de Mandan et Deh-Now, ceinture plissée de Zagros, Iran. *Revue de Géologie du Minéral*. 2012, vol. 48, pp. 125 – 138. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2012.02.010.

21. Gu R., Duan F., An X., Zhang F., von Wirén N., Yuan L. Caractérisation de l'absorption d'ammonium de haute affinité médiée par l'AMT dans les racines du maïs (*Zea mays* L.). *Physiologie Végétale et Cellulaire*. 2013, vol. 54, pp. 1515 – 1524. DOI: 10.1093/pcp/pct099.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сиссоко Билли Нанкуман¹ — аспирант,
e-mail: bill6489cissoko@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0003-4218-6539,

Котельников Александр Евгеньевич¹ — канд. геол.-минерал. наук,
доцент, зав. кафедрой, e-mail: kotelnikov-ae@rudn.ru,
ORCID ID: 0000-0003-0622-8391,

Ромеро Барренеcheа Моисес Эсау¹ — канд. геол.-минерал. наук,
доцент, e-mail: romero-barrenechea-v@rudn.ru,
ORCID ID: 0009-0003-8416-1564,

¹ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН)
(Инженерная Академия).

Для контактов: Сиссоко Билли Нанкуман, e-mail: bill6489cissoko@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Cissoko Billy Nankouman¹, Graduate Student,
e-mail: bill6489cissoko@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0003-4218-6539,

A.E. Kotelnikov¹, Cand. Sci. (Geol. Mineral.),
Assistant Professor, e-mail: kotelnikov-ae@rudn.ru,
ORCID ID: 0000-0003-0622-8391,

Romero Barrenechea Moises Esau¹, Cand. Sci. (Geol. Mineral.),
Assistant Professor, e-mail: romero-barrenechea-v@rudn.ru,
ORCID ID: 0009-0003-8416-1564,

¹ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
(RUDN University) (Academy of Engineering), 117198, Moscow, Russia.

Corresponding author: Cissoko Billy Nankouman, e-mail: bill6489cissoko@gmail.com.

Получена редакцией 21.03.2024; получена после рецензии 21.03.2025; принята к печати 10.09.2025.

Received by the editors 21.03.2024; received after the review 21.03.2025; accepted for printing 10.09.2025.

