

УДК 553.046+553.068.368

КРУПНЕЙШАЯ В МИРЕ БОКСИТОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ ФУТА ДЖАЛОН-МАНДИНГО (ЗАПАДНАЯ АФРИКА). Часть I: ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

© 2020 г. В. И. Мамедов^a, А. А. Чаусов^b, Е. А. Оконов^b, М. А. Макарова^{a, c, *}, Н. М. Боева^{c, **}

^aМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

^bGEOPROSPECTS ltd Silidara district, Driving directions, city of Sangarédi, Boko prefecture, Sangarédi Republic of Guinea

^cИнститут геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

*e-mail: frolikovam@gmail.com

**e-mail: boeva@igem.ru

Поступила в редакцию 29.08.2019 г.

После доработки 13.10.2019 г.

Принята к публикации 14.10.2019 г.

Обосновано выделение в самостоятельную бокситоносную провинцию территории Фута Джалон-Мандинго, приуроченной к одноименной морфоструктуре и к единой геотектонической структуре — платформенному чехлу Сахарской плиты в пределах переменного-влажного тропического климата Западной Африки. Приведена история изученности и оценки запасов и ресурсов бокситов, а также развития их добычи в пределах провинции Фута Джалон-Мандинго.

Ключевые слова: Фута Джалон-Мандинго, бокситоносность, бокситоносная провинция, бокситоносный потенциал, запасы бокситов, бокситы, коры выветривания, латериты, Гвинейская Республика

DOI: 10.31857/S0016777020020021

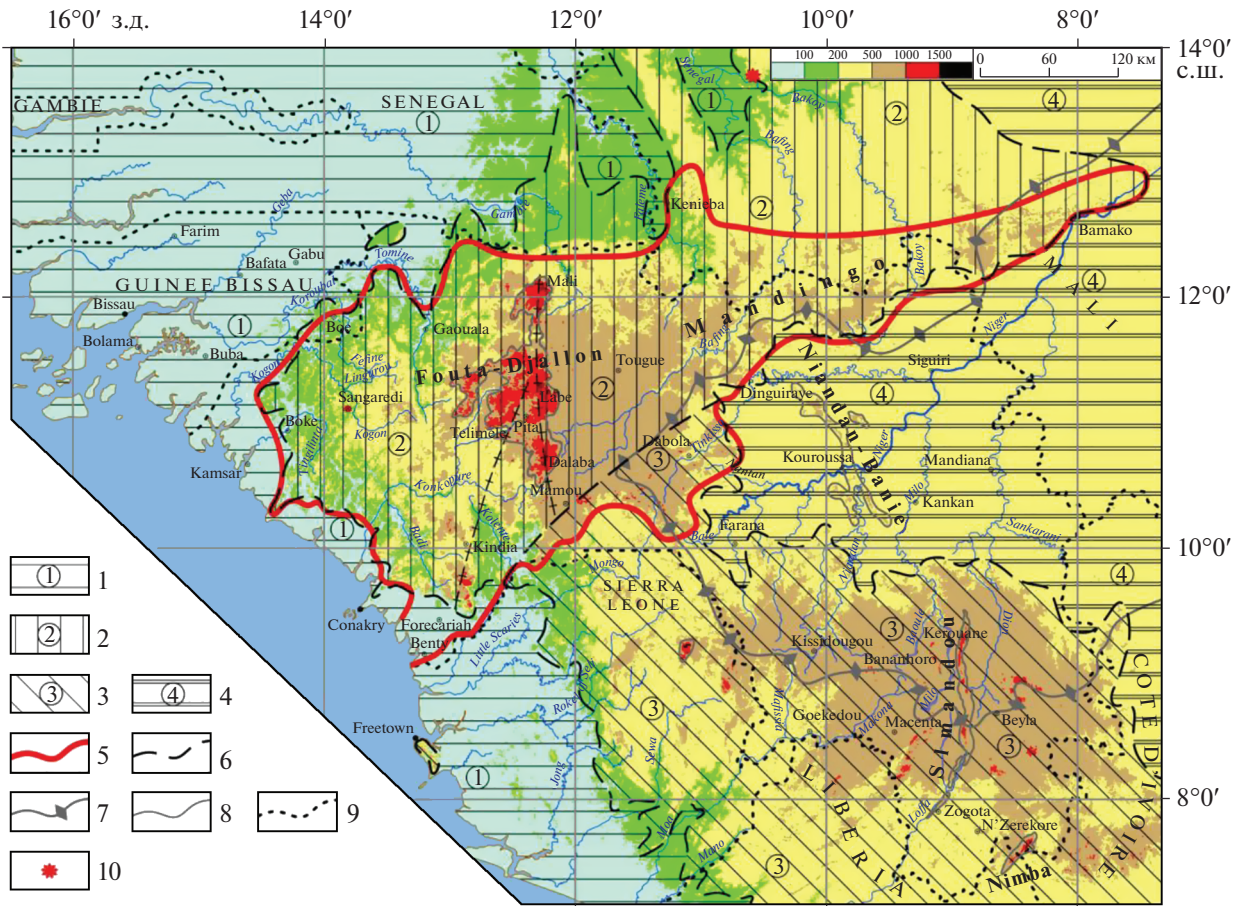
ВВЕДЕНИЕ

В Западной Африке на территории Гвинейской Республики и Республик Мали и Гвинеи Бисау (фиг. 1) расположена крупнейшая в Мире бокситоносная провинция Фута Джалон-Мандинго. Свое название она получила (Мамедов и др., 1985) из-за географической приуроченности к платообразным среднегорным массивам под названиями плато Фута Джалон на западе и гор Мандинго на востоке. В пределах этой провинции, имеющей общую площадь 111000 км², выявлено более 1130 месторождений и проявлений бокситов и сосредоточена половина мировых ресурсов этого важного для развития цивилизации природного сырья. По нашим оценкам (Мамедов, 2005а) на 2003 г., из 92 млрд тонн общих ресурсов бокситов в мире более 92% приходилось на тропическую зону Земли. В то время как общая площадь так называемой “тропической зоны” на всех континентах составляет многие десятки миллионов км², на площадь 111000 км² провинции Фута Джалон-Мандинго приходится более 50% (47085 млрд тонн) ресурсов бокситов всех тропиков.

Столь высокая концентрация бокситоносных латеритных покровов может свидетельствовать о

том, что самой природой в пределах этой территории были созданы наиболее благоприятные условия сочетания различных эндогенных и экзогенных факторов для образования бокситов. Соответственно, именно в пределах данной провинции можно и следует проводить анализ влияния различных факторов на формирование бокситоносных латеритных кор выветривания (ЛКВ), их внутреннее строение и положение бокситов в профиле выветривания, а также геохимических условий и процессов, обеспечивающих качественные показатели бокситовых руд.

Таким образом, характеристики условий и факторов, благоприятных для латеритного бокситообразования, и средние параметры залежей бокситов, сформировавшихся по различным материнским породам, приобретают “кларковые” значения для более древних погребенных месторождений бокситов за пределами современной тропической зоны Земли. Сравнение бокситов погребенных месторождений с бокситами провинции Фута Джалон-Мандинго, образовавшихся по аналогичному материнскому субстрату, позволит определить направленность и интенсивность наложенных процессов, а также прогнозировать ка-



Фиг. 1. Геоморфологическое районирование территории провинции Фута Джалон-Мандинго и ее обрамления. 1–4 – геоморфологические районы: 1 – Приморская равнина, 2 – плато Фута Джалон-Мандинго, 3 – Гвинейская возвышенность, 4 – межгорная равнина; 5–8 контуры: 5 – бокситоносной провинции Фута Джалон-Мандинго, 6 – геоморфологических районов, 7 – водораздела рек, впадающих в Атлантический океан и в р. Нигер, 8 – возвышенностей; 9 – границы государств региона; 10 – месторождение Ньяколенсирия.

чество руд на объектах, которые подверглись тем или иным вторичным изменениям.

Для всестороннего ландшафтно-климатического, геологического, геодинамического и геоморфологического анализа огромного фактического материала, а также для характеристики главных геохимических, гидрогеологических, гидродинамических, гидрохимических и биохимических процессов, благоприятствующих и напротив препятствующих латеритному бокситообразованию, целесообразно реализовать серию последовательных публикаций:

1. Общие сведения об этой бокситоносной провинции, включая ее географическую, ландшафтно-климатическую, геологическую и геоморфологическую приуроченность, историю изучения и дать современную оценку ресурсов бокситов.

2. О роли (влиянии) коренного субстрата и различий климатических условий внутри территории провинции на распределение месторождений бокситов и их качество.

3. О постгондванском геодинамическом и геоморфологическом развитии территории провинции, особенностях неотектонического этапа с инверсией к аккумулятивным процессам в среднем миоцене и накоплением континентальных водноосадочных отложений серии Сангареди.

4. О локальных факторах, включая структурно-литологические особенности материнского субстрата, влияние гидрогеологического и газового режимов на внутреннее строение и бокситоносность ЛКВ, и др.

Настоящая публикация посвящена первой из перечисленных выше тем.

**ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ,
ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ,
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ
ПРИУРОЧЕННОСТЬ ПРОВИНЦИИ ФУТА
ДЖАЛОН-МАНДИНГО**

Как показано на карте геоморфологического районирования Западной Африки (фиг. 1), бокситоносная провинция Фута Джалон-Мандинго (ФДМ) приурочена к плато Фута Джалон и горам Мандинго. Ее общая протяженность с запада на восток составляет более 820 км. На западе и в центральной части ширина территории провинции 285–325 км, к востоку уменьшается до 175–75 км, а к восточному окончанию сужается до 40–30 км. Площадь провинции в указанном на карте контуре, который проведен по крайним месторождениям на отрогах платообразных возвышенностей Фута Джалон и гор Мандинго, составляет 111 000 км². На юго-западе по географической близости в контур провинции включены часть Приморской равнины южнее г. Конакри и острова архипелага Лос — напротив г. Конакри.

Границы провинции находятся между 9° северной широты на юге и 13° на севере и меридианами 14.5° на западе и 7.5° на востоке. Подавляющая часть — 99.6 тыс. км² (90%) находится на территории Гвинейской Республики. На территории Республик Мали и Гвинеи Бисау приходится соответственно 10.3 км² (9.2%) и 930 км² (0.8%).

В современной ландшафтно-климатической зональности вся территория рассматриваемой бокситоносной провинции расположена в зоне саванн с переменным влажным климатом муссонного типа. Однако внутри площади провинции в различных ее частях меняется общее количество осадков от 3500 до менее 1000 мм/год, количество неиспарившейся влаги от 1500 до 70 мм/год, а также количество сухих (менее 10 мм/мес.) месяцев в годовом цикле — от 3 до 5 месяцев (фиг. 2). При этом нужно иметь в виду, что границы ландшафтно-климатических зон в течение кайнозоя меняли свое положение, о чем свидетельствует, например, месторождение Ньяколенисирая, расположенное в зоне Сахеля — далеко к северу от границы с саванной. Ландшафтно-климатические различия позволят оценить влияние этого фактора на формирование бокситоносных латеритных покровов.

В региональном геологическом плане территория провинции ФДМ приурочена, как это видно на тектонической схеме (фиг. 3), в основном к платформенному чехлу Сахарской плиты. В центральной и западной частях это терригенно-осадочные породы Гвинейской синеклизы, залегающие в основном субгоризонтально. На западе отложения девона, силура и ордовика слагают синклиналь Бове, а в центральной части отложе-

ния инфракембрия, венда и рифея слагают впадину Туте. На востоке за долиной Бафинга развиты венд-рифейские отложения южной краевой части синеклизы Таудени, также представленные терригенно-осадочными породами, залегающими субгоризонтально.

И венд-рифейский, и палеозойский платформенный чехол интродуцирован основными породами мезозойской трапповой формации. Они представлены широко распространенными силлами и дайками долеритов, конга-диабазов и, реже, габбро-долеритов. Эти алюмосиликатные породы являются в основном благоприятным материнским субстратом для формирования латеритных бокситов.

Среди осадочных пород преобладают алевро-аргиллиты, различные песчаники и аргиллиты. Известны пачки кварцевых конгломератов и гравелитов. Естественно, что к благоприятным для латеритного бокситообразования породам относятся существенно глинистые аргиллиты и алевро-аргиллиты различного возраста, а также глинистые алевро-песчаники.

На крайнем юго-западе в контур провинции включен небольшой бокситорудный район Форекария на Приморской равнине, выработанной по высокометаморфизованным породам архейского цоколя платформенной. Здесь выявлены бокситоносные латеритные покровы по ортоамфиболитам — безкварцевым алюмосиликатным породам.

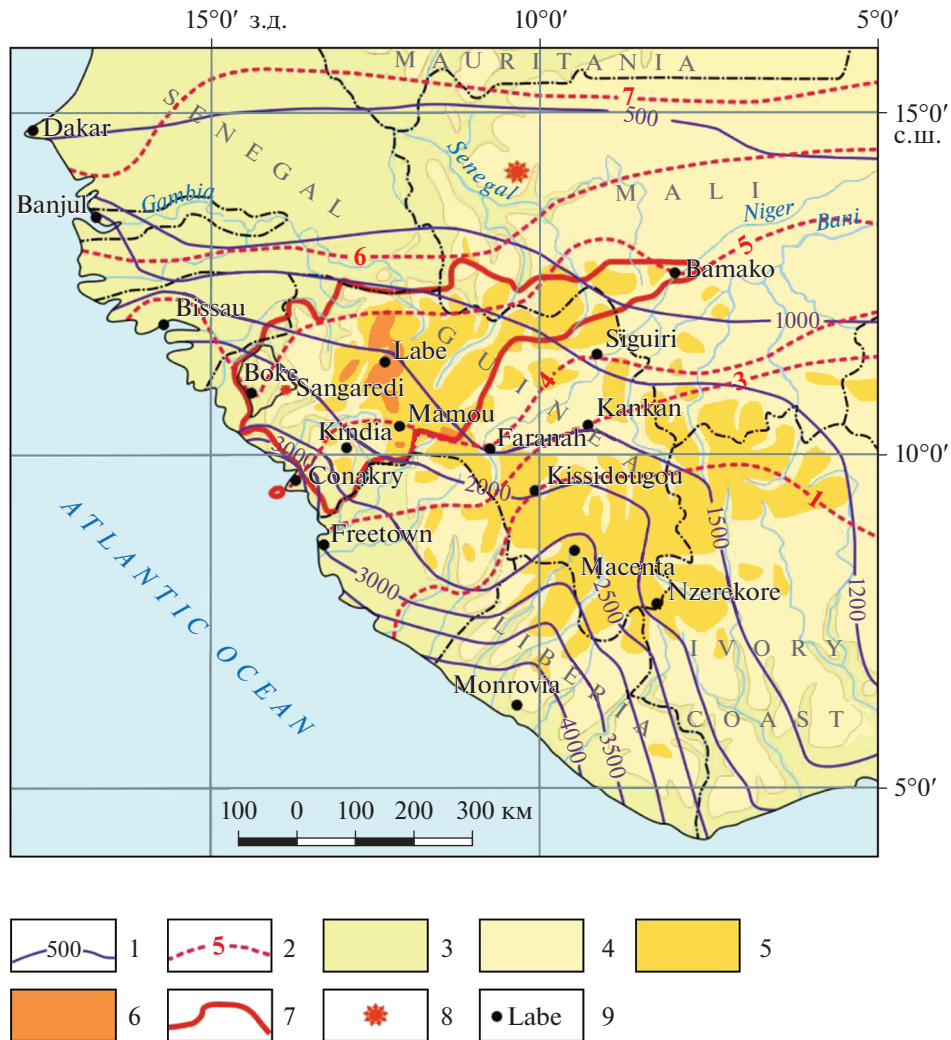
И, наконец, на архипелаге Лос известны небольшие месторождения бокситов по нефелиновым сиенитам.

Строго говоря, по своему геологическому и геоморфологическому положению два последних района выпадают из общей картины. Но их наличие очень полезно в связи с возможностью сопоставления с ними бокситоносных латеритных покровов подавляющей части территории провинции ФДМ.

Достаточное разнообразие по структуре и составу коренных пород в пределах провинции позволило провести детальный анализ литологического контроля за распространенностью и качеством бокситов.

Кроме того, на фоне геологической и геоморфологической истории развития рассматриваемой территории имели место формирование рыхлых континентальных водноосадочных (аллювиальных и озерных) и суходольных образований, которые также участвовали как материнский субстрат для формирования латеритных бокситоносных покровов.

Очень важным для индикации бокситоносной провинции ФДМ является ее приуроченность ко вполне определенной единой геоморфологической морфоструктуре. На схеме геоморфологического районирования рассматриваемой части За-



Фиг. 2. Карта изогьет и изолиний количества сухих месяцев Западной Африки (построена по статистическим данным www.climateps.com). 1 – изогьета и ее значение; 2 – изолиния количества сухих месяцев (≤ 10 мм/мес.) и ее значение; 3–6 – абсолютные высоты рельефа: 3 – 0–200 м, 4 – 200–400 м, 5 – 400–1000 м, 6 – 1000–2400 м; 7 – контур бокситоносной провинции Фута Джалон-Мандинго; 8 – месторождение бокситов Ньяколенесирия; 9 – метеостанция и ее название.

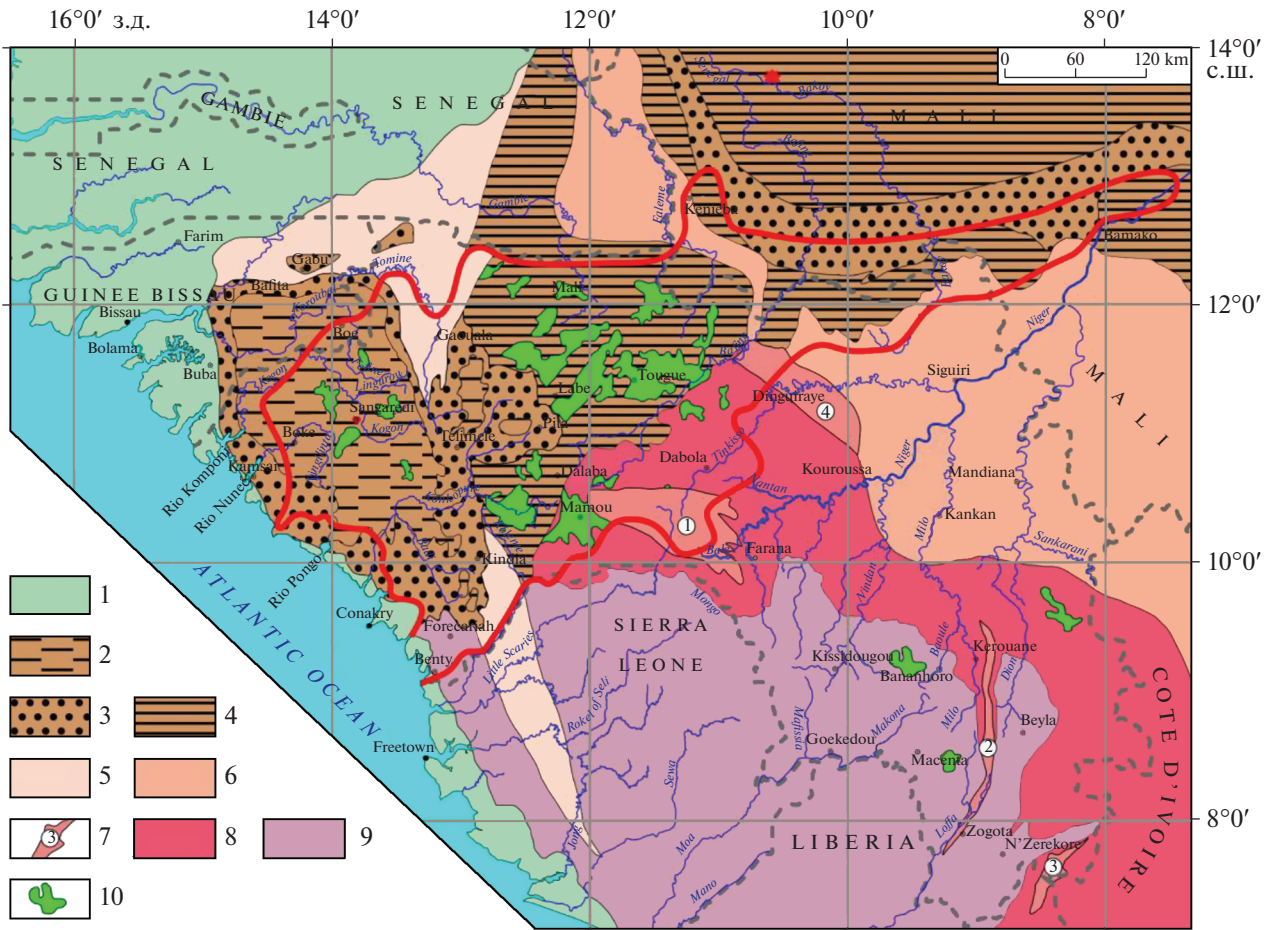
падной Африки (фиг. 1) видно, что контур провинции полностью (за исключением юго-запада) находится в пределах крупной положительной морфоструктуры Фута Джалон-Мандинго.

На западе она граничит с Приморской равниной, которая расширяется с юга на север и далее на северо-западе обрамляет плато Фута Джалон. На крайнем северо-западе на территории Гвинеи Бисау отроги плато Фута Джалон близко подходят к краевой части периеоканической мезозойско-кайнозойской Сенегало-Гвинейской впадины (фиг. 3). На севере восточной части морфоструктура ограничивается равнинным рельефом долины р. Бакой, а на юге внутриворонной эрозионно-денудационной равниной р. Нигер и ее притоков, выработанной преимущественно архей-

ским и раннепротерозойским гранито-гнейсам, кристаллическим и метаморфическим сланцам и гранитоидам. С востока и юго-востока горы Мандинго граничат с низкой холмистой равниной на отложениях раннего протерозоя.

Ось поднятия Фута Джалон-Мандинго проходит с севера на юг примерно по линии городов Мали, Лабэ, Пита с разветвлением на юге к г. Маму и г. Киндия (фиг. 1). Современные высотные отметки на этой оси превосходят 1000–1200 м, достигая на севере у города Мали 1538 м.

Следует отметить, что плато Фута Джалон и горы Мандинго называют “водонапорной башней” Западной Африки, с которой или вблизи которой начинаются истоки крупнейших рек. Прежде всего, это реки Нигер и Сенегал с главными ис-



Фиг. 3. Тектоническая схема Западной Африки. 1 – мезозойско-кайнозойская периокеаническая Сенегало-Гвинейская впадина; 2–4 – отложения платформенного чехла: 2 – алевро-аргиллиты, аргиллиты, мелкозернистые песчаники девона и силура синклинали Бове; 3 – грубые кварцевые пески, гравелиты и конгломераты ордовика, инфракембрия и венда; 4 – алевро-аргиллиты и песчаники инфракембрия, венда и рифея; 5 – осадочные, вулканогенно-осадочные и магматические образования пан-африканского этапа тектоно-магматической активизации; 6 – осадочные и вулканогенные образования раннепротерозойской биримской серии и гранитоиды эбурнейской фазы активизации; 7 – интенсивно дислоцированные и метаморфизованные раннепротерозойские терригенные отложения с пластообразными телами, метагаббро, метапироксенитов, амфиболитов и итабиритов раннего этапа (рифты: 1 – Монго, 2 – Симанду и 3 – Нимба) и сложнострошированные и метаморфизованные вулканогенно-терригенные отложения Бирримской серии с субвулканическими телами основного и кислого состава позднего этапа (4 – рифтогенный прогиб Ниандан Банье); 8 – граниты, гранито-гнейсы и мигматиты архейского и раннепротерозойского возраста; 9 – архейские и раннепротерозойские гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты, гранулиты, чарнокиты с телами и пачками магнетитовых кварцитов; 10 – силлы долеритов и габбро-долеритов мезозойской трапповой формации.

токамаи – р. Бафинг и р. Бакой. Главной причиной такого названия, на наш взгляд, являются мощные глинистые горизонты ЛКВ как на плато, так и на их обрамлении, которые накапливают в сезон дождей колоссальные объемы атмосферных осадков. Медленная разгрузка из этих мелкопористых резервуаров позволяет сохранить водотоки в главных реках почти весь сухой сезон, хотя и с сильным снижением расхода к его концу.

От осевой части морфоструктуры рельеф понижается быстрее на запад к океану и медленнее на восток, определяя ассиметричную форму поднятия ФДМ.

Для данной морфоструктуры характерен ступенчатый рельеф, представляющий собою лестницу фрагментов разновысотных и разновозрастных выровненных поверхностей (типа педиплюнов и педиментов), отражающих типическую пульсационную геодинамику и соответствующее геоморфологическое развитие (Michel, 1960; Lamotte, Rougerie, 1961; Кинг, 1967; Селиверстов, 1978, 1983; Bardossy, Aleva, 1990; Mamedov et al., 2010).

Проведенный корреляционный анализ между литологией и фациями мезозойско-кайнозойских отложений в краевой части Сенегало-Гвинейской

периокеанической впадины и геоморфологическими уровнями выровненных поверхностей (Мамедов, 1980; Mamedov et al., 2010) позволил существенно уточнить возраст последних. Кроме того, удалось датировать возраст континентальных водоосадочных отложений серии Сангареди, а также уточнить время формирования высоких террас (Мамедов и др., 2011).

Составленная геоморфологическая карта (карта выровненных поверхностей) позволила датировать возраст формирования поверхностей бовалей, несущих на себе латеритные бокситоносные и безбокситовые покровы. Эти данные в сочетании с геологическим картированием и разведочными работами на боваях (фрагментах выровненных поверхностей) на различных высотных отметках, дали возможность на обширном фактическом материале провести анализ влияния геоморфологического фактора в его различных ипостасях на формирование латеритных бокситов.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕННОСТИ

О наличии высокоглиноземистых пород в латеритах плато Фута Джалон стало известно еще в начале XIX века. Но только в 20-е годы прошлого столетия после исследований А. Лакруа (Lacroix, 1913) начались поиски бокситов, охватившие сначала архипелаг Лос и район Боке, затем распространявшиеся далее на восток плато Фута Джалон в Гвинейской Республике. Еще до начала Второй мировой войны бокситы были выявлены в различных районах Гвинеи в процессе мелко-масштабной геологической съемки, как например районы Дабола и Туге, открытые Р. Голубиновым в 1938 году (Goloubinow, 1938). Но систематические поисково-разведочные работы на бокситы начались после завершения Второй мировой войны. С сороковых годов прошлого столетия до наших дней в истории изучения (поисков и разведки) и освоения месторождений бокситов рассматриваемой провинции, особенно на территории Гвинейской Республики, можно выделить три этапа.

Первый этап с 1948 по 1967 г. До независимости Гвинейской Республики (до 1958 г.) исследования на бокситы проводились в основном геологической службой Французской Западной Африки и компаниями Vauxite du Midi, PECHINEY и UJIN, и созданной на базе двух последних специального филиала SAREPA. Были открыты и разведаны бокситорудные районы Боке-Гуаль (Vauxite du Midi), Киндия (Sabot, 1953) и Фрия (SAREPA) и разведаны бокситы районов Дабола и Туге в 1958–1959 годах.

Компания Vauxite du Midi провела поисковые работы в Республике Мали (Pechiney-SAREPA, 1961) вдоль северной границы с Гвинейской Рес-

публикой. Были выявлены и оценены районы Киньеба, Бафинг, Балея, Западное и Восточное Бамако. В этот же период местная геологическая служба с В.Р.Г.М. и Reynolds провели разведку бокситов района Фалеа.

В 1960 г. геологами Р. Мишелем и С. Перез (Michel et Perez, 1960) французской геологической службы В.Р.Г.М. были проведены работы на бокситы в самой северной части провинции ФДМ в районе Бафулабе в Мали.

В Гвинее Бисау в 1952 году район Боэ посетил известный швейцарский геолог де Вейсс (G. De Weisse, 1952), давший первые сведения о высокожелезистых бокситах. Позже, в 1957–1958 гг., большая часть известных ныне месторождений бокситов на востоке этой страны была открыта немецким геологом Фратчнером, работавшим в голландской фирме Billiton Maatschappij. Этой фирмой проведены поисково-оценочные работы, была дана первая оценка количества и качества бокситов на месторождениях зоны Больших бовалей и Трансфетине (Fratschner, 1960).

В период с 1959 по 1967 г. работы на бокситы в Гвинейской Республике ограничивались эксплуатацией бокситов на острове Каса, а также подготовкой запасов в районе Фриа и строительством боксит-глиноземного комплекса FRIGUIA и его эксплуатацией начиная с 1961 года.

Второй этап с 1967 по 1998 г. В 1967 г. начались очень важные для Гвинейской Республики систематические геолого-съёмочные работы масштаба 1 : 200000, сопровождаемые поисками полезных ископаемых. Они проводились советскими и гвинейскими геологами при техническом содействии (обеспечением кадрами, оборудованием и финансированием) СССР. До 1993 года этими работами была покрыта вся западная и центральная часть территории Гвинеи (порядка 60% территории страны).

В этот период было выявлено не только большое число новых месторождений бокситов, но и открыт ряд новых бокситорудных районов, в том числе такие крупные, как Пита-Лабе, Содиоре, Донголь-Сигон и др. Важное практическое значение в этот период имело выявление (1968 г.) и последующая разведка месторождений группы Дебеле в Киндийском районе, на базе которых при помощи СССР было создано и в 1974 году начало действовать национальное бокситодобывающее предприятие — Офис Боксит де Киндия (ОБК).

В 1973 году на северо-западе страны на базе уникального месторождения Сангареди вступил в действие один из самых крупных в мире бокситодобывающих рудников — Comrani Vauxite de Guinea (CBG), созданный Правительством Гвинейской Республики и консорциумом HALCO, в

котором главную роль играли американская компания Alcoa Inc и канадская Alkan Ink.

В 1972–1973 годах на одном из крупнейших бокситорудных районов Туге югославской фирмой Energorproject были проведены поисково-оценочные работы на семи крупных месторождениях, включая наиболее перспективное – Понтиоло.

На данном этапе в Республике Мали проводились экспертные оценки возможностей вовлечения в эксплуатацию бокситов страны и, прежде всего, так называемых “белых бокситов” – высокоглиноземистых руд. Одним из авторов статьи была подогвлена справка о потенциале бокситоносности республики.

В это же время, в 1977–1980 годах, советскими геологами были проведены разведочные работы на месторождениях бокситов Гвинеи Бисау, в процессе которых, кроме детальной разведки семи ранее известных месторождений бокситов, было выявлено еще одно небольшое месторождение.

В конце 80-х–начале 90-х годов советскими геологами была выбрана группа месторождений (Диан-Диан, Сантиуру и Уорбе), на которых были проведены заверочные разведочные работы. На базе этих работ между Министерством цветной металлургии СССР и Правительством Гвинеиской Республики было заключено Соглашение об освоении бокситов этих месторождений. Было разработано технико-экономическое обоснование строительства боксит-глиноземного комплекса. Но проект, получивший известность как “Проект Диан-Диан”, развития тогда не получил.

Третий этап с 1998 г. по н.в. Этап активизации работ на бокситы различных иностранных компаний, который следует разделить на 2 подэтапа.

С 1998 по 2005 год в пределах провинции Фута Джалон-Мандинго работы на бокситы вели только несколько компаний. В 1998 г. компания CBG силами компании GEOPROSPECTS ltd начала широкое изучение бокситов концессии HALCO сначала на левобережье р. Когон, а с 2001 года – на территории междуречья Когон-Томинне. Это самые крупные бокситорудные районы не только в Гвинеиской Республике, но и во всем мире, их аналогов не существует.

В этот же период в стране начала свою деятельность компания РУСАЛ, получившая площадь Диан-Диан (в 2002 г.) и взявшая в 2001 году в долгосрочную аренду бокситодобывающее предприятие ОБК на месторождениях группы Дебеле, а в 2003 году получившая права на боксит-глиноземный комплекс FRIGIA в районе Фрия.

В районе Маму-Дабола иранская компания готовила к эксплуатации месторождения группы Лябико.

С 2005–2006 гг. происходит резкая активизация инвесторов, которые уже к 2008 году разобрали всю территорию Гвинеиской части провинции Фута-Джалон на лицензионные площади. Многие из них приступили к поисково-разведочным работам. В такой активности, по-видимому, наряду с мировыми экономическими условиями, определенной положительную роль сыграло обобщение, подготовленное к 2004 году и доложенное на международных симпозиумах FFISM-2004 в Гвинеиской Республике (Mamedov, 2005b) и на ICSOBA-2005 в Индии (Mamedov, 2005a).

Результаты обобщения (карта и кадастр) были на электронных носителях переданы в геологическую службу Гвинеиской Республики, благодаря чему они стали доступны потенциальным инвесторам. Соответственно, руководство геологических служб, опираясь на конкретное распределение бокситорудных объектов на карте, более оперативно решало вопросы выдачи лицензий на поисково-разведочные работы.

За этот подэтап, после 2005 года к настоящему времени, десятки новых компаний провели геологическое изучение на своих лицензионных площадях, многие из которых привлекали в качестве исполнителей геологоразведочных работ компанию GEOPROSPECTS. Инвесторы, имеющие активы на территориях провинции не слишком удаленных (менее 200 км) от берега океана, готовили и готовят свои бокситорудные объекты к эксплуатации или уже начали таковую.

Но и в зоне, удаленной от побережья, в этот период были изучены с привлечением GEOPROSPECTS ltd площади различными компаниями. Наиболее серьезные поисково-разведочные работы на бокситы в центре и на востоке Гвинеи (в районах Туге, Мали и Маму) провела бразильская компания Rio Doz, а позже продолжала изучение бокситов Туге компания CARDOZ. На севере, на границе с Республикой Мали, в 2008 году был изучен большой район израильской компании BSRG.

На территории самого западного в Республике Мали бокситорудного района Фалеа в 2008 году компанией MMR были проведены поисково-разведочные работы на месторождениях группы Ситадина.

На территории Гвинеи-Биссау по заданию компании BAUXITEANGOLA в 2012 году осуществлено заверочное колонковое бурение на месторождениях района Боз.

Все эти компании обеспечили мощный прогресс в выявлении и разведке месторождений бокситов. Но лидером в инвестициях в изучение месторождений бокситов провинции остается компания CBG, которая от поисково-разведочных работ перешла повсеместно к детальной разведке как в районе Левобережья р. Когона, так и района

Таблица 1. Общие ресурсы бокситов на территории бокситоносной провинции Фута Джалон-Мандинго по данным разных лет

Источник данных	Количество районов	Количество месторождений	Ресурсы, млн тонн			Качество руды, %	
			Систематически разведанные	Перспективные	общие	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Patterson**, 1967	—	—	1200	2960	4160		
Михайлов*, 1969	6	—	126		4473	40–58	0.6–3
Сапожников*, 1976	9	—	2754	6974	9728	42–47	2–3
Броневой и др.**, 1979	—	—	20170	—	26200	—	—
Прокофьев*, 1979	6	—	97	—	21000	43–55	—
Мамедов и др.**, 1985	27	637	20209	6667	26872	45.3	2.8
Patterson*, 1986	5	—	—	—	13520	—	—
Bardossy, Aleva**, 1990	—	—	2790	8130	10920	—	—
Mamedov*, 2005 ₂	13	894	29245	10894	40139	—	—
Mamedov**, 2005 ₁	19	938	30596	10894	41490	—	—
Mamedov**, 2017 (при бортовом содержании Al ₂ O ₃ ≥ 40%)	24	1132	40885	6248	47134	45.17	2.42
Mamedov**, 2017 (при содержании Al ₂ O ₃ ≥ 38%)			55523	8485	64008		

Примечание. * — только для Гвинейской Республики; ** — для всей провинции Фута Джалон-Мандинго.

Когон-Томине, и которая планирует существенное увеличение добычи.

С учетом результатов данного этапа изучения бокситоносности провинции ФДМ в 2017 году нами было начато последнее — наиболее полное обобщение с составлением карты и Каталога месторождений и проявлений бокситов. Предварительные результаты этого обобщения были представлены на международном симпозиуме IVAAS-2017 в Гвинейской Республике в сентябре 2017 года (Mamedov et al., 2017).

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА БОКСИТОВ ПРОВИНЦИИ ФДМ

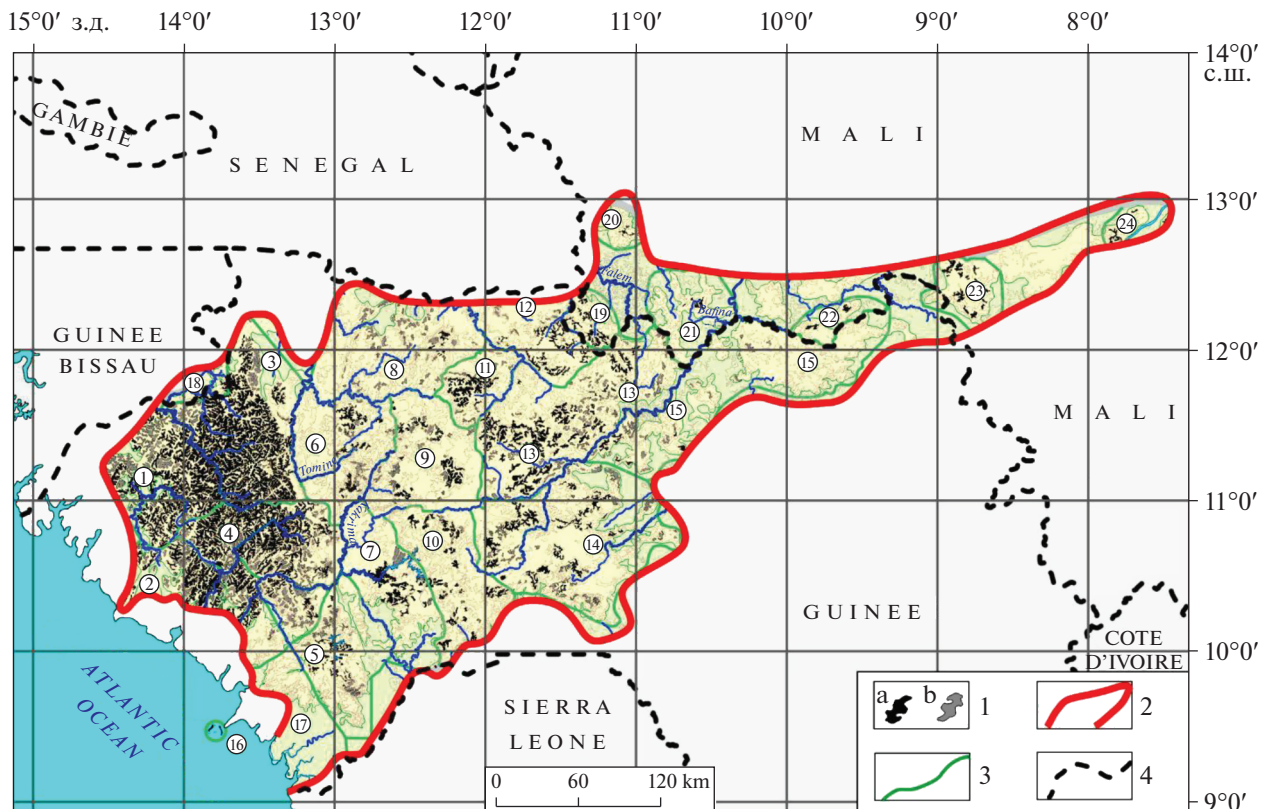
В той или иной степени систематизированные данные о бокситоносности на территории стран, на которых находится провинция ФДМ, можно найти в работах (Patterson, 1967; Сапожников и др., 1976; Прокофьев, 1979; Броневой и др., 1979; Patterson et al., 1986; Bardossy, Aleva, 1990). По оценкам всех этих авторов, общие геологические ресурсы бокситов (подсчитанных при бортовых содержаниях Al₂O₃ ≥ 35 и 40%) составляли от 4.5 до 26.2 млрд тонн (табл. 1).

Первое систематизированное геологическое обобщение по бокситоносности именно в пределах данной провинции с составлением карты бы-

ло опубликовано в 1985 г. (Мамедов и др., 1985). Авторами впервые дано название “Фута Джалон-Мандинго” и показан контур провинции, в пределах которой было выделено 27 бокситорудных районов. В табл. 1 приведены результаты этого обобщения. Общие ресурсы бокситов на тот момент в пределах 637 месторождений и проявлений составляли 26872 млн тонн, из которых 20209 млн тонн относились к оцененным по систематической разведочной сети в соответствии с категориями B + C₁ + C₂.

По результатам обобщения 2003 года (Mamedov et al., 2005), на карте бокситоносности Гвинейской Республики фигурировало уже 894 объекта, сгруппированных в 13 бокситорудных районов. Если сравнить с нашим первым обобщением, то видно, что более чем на 250 увеличилось количество объектов и, соответственно, общие ресурсы, которые только в пределах Гвинейской Республики достигли 40.139 млрд тонн, а с учетом Мали и Гвинеи Бисау — 41.49 млрд тонн.

Результаты последнего обобщения (Mamedov et al., 2017) приведены на карте бокситоносности (фиг. 4) и в табл. 2. По сравнению с данными предыдущего обобщения увеличилось количество бокситорудных объектов на 194 (до 1132). Соответственно, общие ресурсы бокситов выросли на 5.6 млрд тонн: с 41.49 до 47.134 млрд тонн.



Фиг. 4. Карта бокситоносности провинции Фута Джалон-Мандинго. 1 – месторождения и проявления бокситов: а – разведанные по регулярной сети от 75×75 до 400×400 м; б – опроискованные по сети от 500×500 до 800×800 м и единичными скважинами; 2 – граница провинции Фута Джалон-Мандинго; 3 – границы бокситорудных районов: 1 – Боке, 2 – Фрия, 3 – междуречье Когон-Томине, 4 – Фатала, 5 – Дебеле-Киндия, 6 – Лелума, 7 – Сугета-Кебали, 8 – Мали, 9 – Пита-Лабэ, 10 – Далаба-Маму, 11 – Донголь-Сигон, 12 – Балин-Ко, 13 – Туге, 14 – Дабола, 15 – Бафинг-Тинкисо, 16 – Острова Лос, 17 – Форекария, 18 – Боэ, 19 – Фалея, 20 – Кеньбеба, 21 – Западный Бафинг, 22 – Балея, 23 – Западное Бамако, 24 – Восточное Бамако; 4 – границы государств региона.

Потенциал бокситов на территории стран провинции ФДМ приведен в табл. 3.

Прирост ресурсов на 5.6 млрд тонн – очень существенный. Например, в таких богатых бокситами странах, как Индия или Бразилия, потенциал бокситоносности оценивается для каждой в 4.5–5 млрд тонн. Важно отметить, что помимо общего большого прироста ресурсов, за прошедшие с предыдущего обобщения 15 лет произошло значительное увеличение запасов руд, разведанных более детально (по сети 75×75 и 150×150 м). Если в 2003 году они в Гвинейской Республике составляли 2.8 млрд тонн (7% от общих ресурсов), то к настоящему времени увеличились почти в 5 раз до 13 млрд тонн (29%).

Как видно на карте бокситоносности провинции Фута Джалон-Мандинго (фиг. 4) и из табл. 2, распределение бокситорудных объектов очень неравномерное. Наиболее высокая концентрация бокситов наблюдается на северо-западе и западе провинции в районах Боке (Левобережье р. Когон), Когон-Томине и Фатала. В них сосре-

доточено 427 рудных объектов с общим потенциалом в 28.5 млрд тонн бокситов. А в целом в полосе на расстоянии до 200 км от берега Атлантического океана находится 570 бокситоносных бовалей с общим потенциалом в 30.7 млрд тонн (67.3% от общих ресурсов бокситов провинции). Площадь рудных залежей в этих районах составляет от 6.9 до 11.1% площади районов. Это очень высокий показатель концентрации бокситов.

В центральной части провинции к востоку от оси морфоструктуры Фута Джалон-Мандинго соизмеримым с ним по потенциалу является только район Туге со 126 объектами и площадью бокситовых залежей до 4.1% от площади района.

Распределение месторождений бокситов различного масштаба (от мелких до гигантских) из объектов, которые систематически оценены (сет от 75×75 до 600×600 м) на территории Гвинейской Республики по районам, в целом по стране и в полосе до 200 км, показано в табл. 4. Именно в этих 4 районах-лидерах по общему потенциалу бокситов сохранилось наибольшее количество ги-

Таблица 2. Бокситоносный потенциал провинции Фута Джалон-Мандинго на 2017 год

№ района	Название района	Количество месторождений	Площадь района, км ²	Мощность бокситов, м	Запасы, млн тонн	Запасы и ресурсы, млн тонн	Прогнозные ресурсы, млн тонн	Общий потенциал бокситов, млн тонн	Содержания средние, %	
									Al ₂ O ₃	SiO ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Боке	142	5969.0	6.9	2126.5	6559.5	614.2	7173.7	45.62	2.04
2	Фрия	90	5673.0	6.6	193.6	1652.7	275.2	1927.9	44.72	2.78
3	Междуречье Когон-Томине	139	7898.0	8.5	6852.6	14205.3	840.3	15045.6	45.63	2.36
4	Фатала	146	7030.0	6.9	1449.2	5762.9	520.8	6283.7	43.36	2.15
5	Дебеле-Киндия	53	4884.0	4.8	161.8	255.7	108.0	363.7	45.09	3.00
6	Лелума	28	5085.0	5.3	—	507.0	463.2	970.2	46.84	3.62
7	Сутега-Кебали	30	5108.0	4.8	99.0	421.6	134.6	556.2	43.20	1.78
8	Мали	65	8275.0	5.2	—	326.6	376.1	702.7	46.51	3.03
9	Пиита-Лабе	55	5462.0	4.8	—	906.3	316.4	1222.7	45.41	1.57
10	Далаба-Маму	42	5982.0	5.4	118.40	385.6	589.4	975.0	45.45	2.15
11	Донголь-Ситон	33	2200.0	7.6	—	840.0	711.0	1551.0	48.06	2.39
12	Балин-Ко	29	4289.0	6.9	—	338.1	40.8	378.9	47.08	3.75
13	Туге	126	9769.0	8.9	1540.2	5451.5	633.8	6085.3	43.82	3.23
14	Дабола	72	11120.0	5.1	716.9	1761.6	360.8	2122.4	45.00	1.69
15	Бафинг-Тинкисо	30	9673.0	7.0	—	185.2	180.8	366.6	40–50	1.50
16	Острова Лос	2	159.0	—	—	—	—	—	54.00	6.00
17	Форекария	2	1040.0	—	—	39.3	—	39.3	40.00	5.00
Зона до 200 км от океана		570	31454	7.5	10783.7	28436.1	2358.5	30794.6	45.1	2.28
18	Бозэ	8	927.0	5.6	77.0	77.0	83.0	160.0	46.40	3.70
19	Фалея	14	1243.1	6.6	163.2	197.9	—	197.9	45.70	4.38
20	Кеньеба	3	929.0	7.3	43.2	43.2	—	43.2	47.89	4.58
21	Западный Бафинг	3	3139.2	4.0	40.0	40.0	—	40.0	40.00	5.00
22	Балея	3	1143.1	10.2	355.0	355.0	—	355.0	43.25	1.94
23	Западное Бамако	13	2350.5	7.8	560.0	560.0	—	560.0	41.30	2.79
24	Восточное Бамако	4	1592.3	4.1	13.0	13.0	—	13.0	50.61	9.47
ИТОГО		1132	110940.2		14 509.6	40885	6248.4	47134		

Таблица 3. Потенциал бокситов на территории стран провинции Фута Джалон-Мандинго (посчитанных при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 40\%$)

Территория	Бокситоносный потенциал		Количество объектов		Кол-во рудных районов
	млн тонн	%%	объекты	%%	
Гвинейская Республика	45764.9	97.1	1084	95.8	17
Республика Мали	1209.1	2.6	40	3.5	6
Республика Гвинея Биссау	160	0.3	8	0.7	1
ИТОГО	47 134	100	1132	100	24

гантских (более 350 млн тонн) – 80% и очень крупных (200–300 млн тонн) – 100% объектов. В полосе до 200 км от берега океана количество их, соответственно, также преобладающее: гигантских – 60%, очень крупных – 80% и крупных – 72%.

Следует отметить более высокое качество бокситов рассматриваемой провинции по сравнению с другими крупными бокситоносными латеритными районами современного тропического климата, таких как Бразилия, Индия, Вьетнам и Австралия.

Например, в Бразилии, кроме небольшого района Покус де Кальдес, в остальных просто нет бокситов, соответствующих по кондициям бокситам Фута Джалон-Мандинго. Бокситоносные латеритные породы становятся бокситами только после их обогащения – многостадийной отмывки от каолинита (Bardossy, Aleva, 1990).

В крупнейшем бокситорудном районе на западе Австралии – Дарлинг Рейндж добываются и направляются на глиноземные заводы латериты с содержаниями глинозема 32–33%, тогда как бортовое содержание ($Al_2O_3 \geq 40\%$) при оценке ресурсов провинции ФДМ на 7–8% выше, чем товарная руда. Также высоким содержанием кремнезема отличаются бокситоносные латеритные покровы Южного Вьетнама. Даже в Индии, в крупнейшем бокситорудном районе Восточных Гат, где бокситы наиболее близки по генезису и составу к малийско-гвинейским, содержание глинозема в среднем на 2–3% ниже, не считая отдельных месторождений, в которых бокситы претерпели “обеление” – вынос железа и превратились в высококачественные руды (Слукин, 1983). В провинции ФДМ также имеются особые (отличные от средних латеритных) залежи высококачественных бокситов. Но речь идет не об особых, а именно о средних показателях. Учитывая высокое качество бокситов, многие компании, которые планируют перерабатывать их на глинозем в Гвинейской Республике, проводят подсчет запасов при бортовых содержаниях 38–37.5% Al_2O_3 и даже ниже – до 33–35% в районе Фрия.

В процессе геологоразведочных работ на многих объектах проводился многовариантный под-

счет запасов, в том числе при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 38\%$.

Если применить выявленный на этих объектах коэффициент повышения количества бокситов (1.358) при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 38\%$ по сравнению с $\geq 40\%$ на всю провинцию, то общие ресурсы увеличиваются до 64008 млн тонн. Такой вариант оценки потенциала бокситоносности является более справедливым при сравнении провинции ФДМ с другими бокситоносными областями мира.

На базе ранее выполненных с Б.А. Богатыревым (Богатырев, 1981) расчетов по миру, около 91.6 млрд тонн (Mamedov, 2005a), и с учетом новых данных по провинции ФДМ (Mamedov et al., 2017) составлена табл. 5. Общие ресурсы мира с учетом прироста в провинции ФДМ при расчете при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 40\%$ увеличились на 5.4 млрд тонн, а при “борте” $Al_2O_3 \geq 38\%$ – на 22.3 млрд тонн, т.е. до 97 и 113.9 млрд тонн соответственно. Количество бокситов, подсчитанных при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 40\%$ на относительно небольшой площади провинции ФДМ, всего на 2.8 млрд тонн меньше, чем во всем остальном мире, а при варианте бортового содержания $Al_2O_3 \geq 38\%$ потенциал бокситов провинции ФДМ уже на 14 млрд тонн больше.

Необходимо также отметить, что почти во всех бокситорудных районах провинции ФДМ при повышении бортового содержания глинозема до 42–45% можно выделить бокситовые залежи высококачественных руд с содержаниями Al_2O_3 около 50% и более. Таких бокситов больше, как раз, в бокситорудных районах Боке (Левобережье р. Когон) и Когон-Томине, входящих, в основном, в полосу до 200 км от берега океана.

ДОБЫЧА БОКСИТОВ В ПРЕДЕЛАХ ПРОВИНЦИИ ФДМ

Как отмечалось выше, первая добыча бокситов началась на острове Каса архипелага Лос в середине прошлого столетия и продолжалась около 10 лет. В 1961 году началась эксплуатация бокситов и их переработка на глинозем в районе Фрия. Поз-

Таблица 4. Распределение разведанных месторождений различного масштаба в Гвинейской Республике по районам и в зоне до 200 км от океана

Номера районов	Названия бокситорудных районов	Количество месторождений	Масштабы месторождений				
			мелкие до 40 млн тонн	средние 40–100 млн тонн	крупные 100–200 млн тонн	очень крупные 200–350 млн тонн	гигантские более 350 млн тонн
1	Боке (левобережье р. Когон)	99	51	29	15	2	2
2	Фрия	51	38	9	4	–	–
3	Междуречье Когон-Томине	114	32	34	25	19	4
4	Фатала	75	37	24	8	3	3
5	Дебеле-Киндия	36	35	1	0	–	–
6	Лелума	12	8	2	1	–	1
7	Сутета-Кебали	19	15	4	0	–	–
8	Мали	6	4	–	2	–	–
9	Пита-Лабэ	23	11	8	4	–	–
10	Далаба-Маму	31	24	6	1	–	–
11	Донголь-Ситон	15	10	3	–	–	2
12	Балин-Ко	19	19	–	–	–	–
13	Туге	61	34	10	8	6	3
14	Дабола	29	19	6	4	–	–
15	Бафинг-Тинкисо	8	7	1	–	–	–
16	Острова Лосс	2	2	–	–	–	–
17	Форекария	1	1	–	–	–	–
Общее количество разведанных объектов		601	347	137	72	30	15
% – доля месторождений от общего количества разведанных объектов		100	57.7	22.7	11.9	5	2.5
зона до 200 км от океана		375	193	97	52	25	9
% – доля месторождений в зоне до 200 км от океана от общего количества разведанных объектов		62.4	55.6	71	72	80	60

Таблица 5. Оценка бокситоносности провинции Фута Джалон-Мандинго, тропической зоны Земли и мировых ресурсов в целом

Территории	Ресурсы общие, млн тонн	Доля в %% от общих ресурсов мира при ресурсах ФДМ, при бортовом содержании	
		≥40%	≥38%
Бокситы провинции ФДМ:			
– при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 40\%$	47134	48.6	–
– при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 38\%$	64008	–	56.2
Бокситы тропической зоны Земли, включая провинцию ФДМ:			
– при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 40\%$	89774	92.5	–
– при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 38\%$	106648	–	93.6
Бокситы современной тропической зоны Земли (без провинции ФДМ)	42640	43.9	37.4
Бокситы вне тропической зоны Земли	7250	7.5	6.4
Общий потенциал бокситов мира:			
– без провинции ФДМ	49890	51.4	43.8
– при расчете ФДМ $Al_2O_3 \geq 40\%$	97024	100	–
– при расчете ФДМ $Al_2O_3 \geq 38\%$	113898	–	100

же вступили в действие бокситодобывающие предприятия на месторождениях Сангареди (1973 г.) на северо-западе в районе Боке и на месторождении Дебеле (1974 г.) в Киндийском районе. В текущем столетии, до 2015 г., эксплуатация бокситов проводилась только тремя компаниями и только в Гвинейской Республике. На северо-западе провинции в районе Боке компания SVB продолжала добычу и экспорт высококачественных бокситов с месторождений группы Сангареди. Компания RUSAL осуществляла добычу бокситов на месторождениях группы Дебеле района Дебеле-Киндия силами предприятия SBK и параллельно подготавливала к эксплуатации месторождения группы Диан-Диан специально созданным горнодобывающим предприятием СОВАТ, а с 2003 года проводила добычу и переработку бокситов на глинозем в районе Фрия.

Максимально эти три предприятия добыли 21 млн тонн бокситов в 2015 г. Но как отмечалось выше, за последние 10–13 лет несколько компаний активно готовили бокситорудные объекты к освоению преимущественно на северо-западе провинции в районах левобережья р. Когон, Фрия и Фатала.

Наибольшего успеха достигла китайская компания Societeminier de Voke, которая быстро подготовила инфраструктуру, начав эксплуатацию в конце 2016 года, уже в 2017 довела добычу до 29.5 млн тонн руды, а в 2018 – до 34.7 млн тонн. Начала добычу в 2017 году другая китайская компания HENANCHINE, а в 2018 г. – российская

компания СОВАТ. В 2018 г. Гвинейская Республика с общей добычей почти в 60 млн тонн вышла на третье место в мире, вслед за Австралией (88 млн тонн) и Китаем (70 млн тонн). Предполагается, что уже к 2023 году добыча бокситов в Гвинейской Республике увеличится до 123 млн тонн (Simposium Mines Guinee, 2019).

Следует подчеркнуть, что при столь громадном рудном потенциале провинции ФДМ, здесь не имеется ограничений по сырью, и она будет оставаться одним из главных поставщиков руды. И есть надежда, что со временем Гвинейская Республика займет достойное место и как производитель глинозема.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расположенная на территории Гвинейской Республики (100000 км²), Республики Мали (8.9 км²) и Республики Гвинеи Бисау (930 км²) бокситоносная провинция Фута Джалон-Мандинго является крупнейшей в мире по количеству месторождений и проявлений бокситов (более 1130), сосредоточенных в 24 районах. Распределение бокситорудных объектов очень неравномерное. Наиболее высокая концентрация бокситов наблюдается на северо-западе и западе провинции в районах Боке (левобережье р. Когон), Когон-Томине и Фатала, входящих, в основном, в полосу до 200 км от берега океана. Ресурсы провинции Фута Джалон-Мандинго на 2017 год оцениваются в 47134 млн тонн при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 40\%$, а при

бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 38\%$ – в 64008 млн тонн. Общие ресурсы мира с учетом прироста в провинции ФДМ при расчете при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 40\%$ увеличились на 5.4 млрд тонн, а при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 38\%$ – на 22.3 млрд тонн, т.е. до 97 млрд тонн и 113.9 млрд тонн соответственно. Даже при бортовом содержании $Al_2O_3 \geq 40\%$ потенциал бокситов провинции Фута Джалон-Мандинго составляет почти половину от всех бокситов мира.

При этом особо следует отметить как общее более высокое качество бокситов, чем в других областях тропической зоны Земли, так и возможность выделить в значительных объемах высококачественные руды (с содержаниями Al_2O_3 более 50%).

Столь мощное сосредоточение месторождений бокситов на сравнительно небольшой территории объясняется сочетанием благоприятных факторов латеритного бокситообразования.

Вся территория рассматриваемой бокситоносной провинции расположена в зоне саванн с переменнo-влажным климатом муссонного типа, наиболее благоприятного для латеритного бокситообразования: количество осадков от 3500 до 1000 мм/год; количество неиспарившейся влаги от 1500 до 70 мм/год, количество сухих (менее 10 мм/мес.) месяцев в годовом цикле – от 3 до 5. В региональном геологическом плане территория приурочена к платформенному чехлу Сахарской плиты, сложенной терригенно-осадочными породами, интродуцированными основными породами мезозойской трапповой формации. Провинция находится в пределах единой крупной положительной геоморфологической структуры Фута Джалон-Мандинго, для которой характерен ступенчатый рельеф, представляющий собою лестницу фрагментов разновысотных и разновозрастных выровненных поверхностей (типа педиленов и педиментов), отражающих циклическую пульсационную геодинамику и соответствующее геоморфологическое развитие.

Столь громадный фактический материал безусловно заслуживает детального анализа главных факторов, благоприятствующих бокситообразованию в пределах провинции Фута Джалон-Мандинго, на чем планируется сосредоточиться в следующих публикациях. Следовательно, выделение этой бокситоносной территории в самостоятельную рудную провинцию вполне целесообразно и обоснованно.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке госзадания ИГЕМ РАН № 0136-2018-00525, аналитические исследования проведены в ЦКП “ИГЕМ АНАЛИТИКА”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богатырев Б.А.* Латеритные покровы современной тропической зоны Земли // Литология и полезные ископаемые. 1981. № 4. С. 85–100.
- Броневой В.А., Зильберминц А.В., Кошелев П.Я., Одокий Б.Н.* Состояние и основные тенденции развития сырьевой базы алюминиевой промышленности мира: обзор ВИЭМС. М., 1979. 40 с.
- Кинг Л.* Морфология Земли. Пер. с англ. М.: Прогресс, 1967. 559 с.
- Мамедов В.И.* Геология и полезные ископаемые Республики Гвинеи-Бисау. М.: Зарубежгеология, 1980. 196 с.
- Мамедов В.И., Макстенек И.О., Суман М.Л.* Бокситоносная провинция ФутаДжалон – Мандинго (Западная Африка) // Геология рудн. месторождений. 1985. Т. 27. № 2. С. 72–82.
- Мамедов В.И., Чаусов А.А., Канищев А.И.* Этапы формирования уникальной бокситоносной серии Сангареди (провинция Фута Джалон-Мандинго, Западная Африка) // Геология рудн. месторождений. 2011. Т. 53. № 3. С. 203–229.
- Михайлов Б.М.* Геология и полезные ископаемые западных районов Либерийского щита. М.: Недра, 1969. 179 с.
- Прокофьев С.С.* Геолого-экономическая оценка ресурсов бокситов Гвинеи М.: ВИЭМС, 1979. 36 с.
- Сапожников Д.Г., Богатырев Б.А., Барков В.В.* Бокситы и коры выветривания Гвинеи // Коры выветривания. М.: Наука, 1976. Вып. 15. С. 3–50.
- Селиверстов Ю.П.* Ландшафты и бокситы. Л.: Изд. ЛГУ, 1983. 260 с.
- Селиверстов Ю.П.* Эволюция рельефа и покровных образований влажных тропиков Сахарской платформы. Л.: Недра, 1978. 240 с.
- Слукин А.Д.* Белые латеритные бокситы как продукт сезонных изменений окислительно-восстановительных условий в процессе выветривания // Докл. АН СССР. 1983. Т. 272. № 1. С. 166–170.
- Bardossy G. and Aleva G.J.J.* Lateritic Bauxites // Developments in Economic Geology. 1990. 27, Elsevier Sci. Publ. 624 p.
- Boufeev Y.V., Mamedov V.I.* Carte du geologique de la Republique de Guinee. Echelle 1 : 500000. Republique de Guinee, Ministere de Mines et de la Geologie, GEOPROSPECTS Ltd, Univ. d'Etat de Moscou Lomonossov (Fac. Geol.). Conakry – Moscou. 2010.
- Fratschner W. Th.* Die Laterite der sudostlichen Boe (PortugiesischGuinea). Geol. Mijnbouw 39. 1960. P. 500–511.
- Goloubinow R.* Les bauxnes de Touge. French West Africa // Bull. Surv. Min. 1938. № 1.
- Lacroix A.F.* Les laterites de la Guinee at de produite d alteration que leuersontassocietes // Nouv. Archiv de Museum. 1913. Ser. 5. 5.
- Lamotte M., Rougerie G.* Les niveaux d'erosion interieurs dans l'Ouest Airicain. Recherches Africaines. Études guinéennes. 1961. № 4. P. 51–69.
- Mamedov V.I.* The separation between Al and Fe the supergene zone as the determining factor of premium bauxite formation // Status of bauxite, alumina, aluminum, downstream products and future prospects: Materials XVI Inter-

- national Symposium ICSOBA-2005. Nagpur, India, 2005a. P. 84–96.
- Mamedov V.I.* Potentiel bauxitique de la Guinée // Le Journal de l'Economie Guinéenne. 2005b. № 18–19. P. 18–21.
- Mamedov V.I., Boufeev Y.V., Makstenik I.O.* Carte du Potentiel bauxitique de la République de Guinée. Echelle 1 : 500000, République de Guinée, Ministère de Mines, de la Géologie et de l'Environnement. 2005.
- Mamedov V.I., Boufeev Y.V., Nikitine Y.A.* Géologie de la république de Guinée. Min. des Mines et de la Géologie de la Rep. De Guinée; GEOPROSPECTS Ltd; Univ. d'Etat de Moscou Lomonossov (Fac. Geol.) Conakry – Moscou: Aquarel, 2010. 320 p.
- Mamedov V., Chausov A., Okonov E., Mel'kin A., Pashkov V., Pekarskii V.* Map of the Bauxite Potential of the Republic of Guinea (Updated) // Sustainable development of bauxite & alumina industry in Guinea: 6th International Bauxite-Alumina Symposium. (IBAAS-2017, 2017. Conakry, Guinea. V. 6. P. 20–25.
- Mamedov V., Mel'kin A., Chausov A., Pekarskii V., Pashkov V., Okonov E.* Carte du Potentiel bauxitique de la région des Guinée, Mali, Guinée-Bissau. Echelle 1 : 600000, République de Guinée, Ministère de Mines, de la Géologie et de l'Environnement. 2017.
- Michel P.* Levolution geomorfologique des bassins du Senegal et de la Haut-Gambie. Ses rapports avec la prospection miniere // Rev. Geomorphol. Dyn. 1960. № 5. 143 p.
- Michel P. et Perez C.* Note sur les travaux de recherches de bauxite dans la région Baufoulabe. B.R.G.M. Dakar. 1960. 26 p.
- Patterson S.H.* Bauxite reserves and potential aluminium resources of the world. U.S. Geol. Survey Bull. Washington. 1967. V. 1228. 176 p.
- Patterson S.H., Kurtz H.F., Olson J.C., Neely C.L.* World bauxite resources. U.S. Geol. Survey Bull. Washington. Prof. Paper. 1986. 1076-B. 151 p.
- Pechiney-SAREPA. Prospection bauxite de la SAREPA Rapport de fin de campagne 1957–1958; 1958–1959; 1959–1960. D.N.G.M. 1961. 165 p.
- Sabot J.* Bauxite de la région de Kindia (Guinée Française). Rapport sur les travaux de recherche effectués au cours des campagnes 1950–52 an. Conakry. 1953. 128 p.
- Symposium Mines Guinea (SMG 2019), 24–26 April 2019, in Conakry, Republic of Guinea.
- Weisse G.* Notes sur quelques types de laterite en GuinéePortuguese // Int. Geol. Congr., XIX Sess. Algerie. 1952. V. XX.