

**ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ/GEOLOGY, PROSPECTING AND EXPLORATION OF SOLID MINERALS, MINERALOGY**DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.95> EDN: AIWPBA**КРАТКИЙ ОБЗОР ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАЛИ**

Научная статья

Котельников А.Е.^{1,*}, Кулибали А.², Ндиайе Закиу А.³, Муллагалямова Г.А.⁴, Бугина В.М.⁵¹ORCID : 0000-0003-0622-8391;⁴ORCID : 0009-0006-2250-8755;⁵ORCID : 0000-0001-6492-6628;^{1, 4, 5} Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Российская Федерация^{2, 3} Российский университет дружбы народов, Бамако, Мали

* Корреспондирующий автор (aekot[at]rambler.ru)

Предложена: 12.05.2026; Принята: 30.06.2026; Опубликовано: 17.08.2026

Аннотация

Республика Мали является третьим по величине производителем золота в Африке, уступая лишь Гане и ЮАР. Золотодобывающая промышленность страны играет ключевую роль в экономике, а золото наряду с хлопком составляет основу национального экспорта. Основные запасы золота сосредоточены в палеопротерозойских породах биримского возраста на юге и юго-западе страны, где выделяются два главных золотоносных пояса — Западномалийский золотой пояс и зеленокаменный пояс Багоэ. В настоящем обзоре рассмотрены административно-географические условия, геологическое строение территории, а также дана характеристика основных промышленных типов золоторудных месторождений Мали с описанием ключевых объектов (Sadiola, Yatela, Loulo, Syama, Fekola, Morila и др.).

Ключевые слова: Мали, золоторудные месторождения, биримский террейн, орогенное золото, карбонат-хостированные месторождения, зеленокаменные пояса, Западно-Африканский кратон.

BRIEF OVERVIEW OF GOLD DEPOSITS IN MALI

Research article

Kotelnikov A.E.^{1,*}, Coulibaly A.², N'Diaye Zakio A.³, Mullagalyamova G.A.⁴, Bugina V.M.⁵¹ORCID : 0000-0003-0622-8391;⁴ORCID : 0009-0006-2250-8755;⁵ORCID : 0000-0001-6492-6628;^{1, 4, 5} Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation^{2, 3} Peoples' Friendship University of Russia, Bamako, Mali

* Corresponding author (aekot[at]rambler.ru)

Suggested: 12.05.2026; Accepted: 30.06.2026; Published: 17.08.2026

Abstract

The Republic of Mali is the third largest gold producer in Africa, behind only Ghana and South Africa. The country's gold mining industry plays a key role in the economy, and gold, along with cotton, forms the basis of national exports. The main gold reserves are concentrated in Paleoproterozoic Birimian-age rocks in the south and southwest of the country, where two major gold-bearing belts stand out: the West Mali Gold Belt and the Bagoe greenstone belt. This review examines the administrative and geographical conditions, the geological structure of the territory, and provides a characterization of the main industrial types of gold deposits in Mali, with descriptions of key localities (Sadiola, Yatela, Loulo, Syama, Fekola, Morila, etc.).

Keywords: Mali, gold deposits, Birimian terrane, orogenic gold, carbonate-hosted deposits, greenstone belts, West African Craton.

Введение

Мали занимает особое место в горнопромышленном комплексе Западной Африки: за последние 40 лет страна превратилась из практически неразведанной территории в одного из лидеров континента по добыче золота. При этом значительная часть её золоторудных ресурсов остается слабо изученной, особенно в сравнении с соседними Ганой и Буркина-Фасо. Горное законодательство Мали претерпевает изменения, что стимулирует как крупные международные компании, так и сектор кустарной добычи. Однако обобщающих работ, в которых был бы систематизирован весь спектр промышленных типов золоторудных месторождений Мали на единой геодинамической основе, по-прежнему недостаточно.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания актуальной обзорной базы для геологоразведочных работ, прогнозной оценки нераскрытых рудных районов и оптимизации методов переработки руд, учитывающих разнообразие вещественного состава (окисленные, сульфидные, резидуальные типы). Кроме того, рост

цен на золото и усиление ресурсного национализма в регионе делают объективную информацию о месторождениях Мали востребованной для инвестиционных решений.

Цель работы — систематизировать и обобщить современные данные о золоторудных месторождениях Мали, выделить их главные промышленно-генетические типы, охарактеризовать геологические и минералого-геохимические особенности, а также определить перспективные направления дальнейших исследований.

Научная новизна обзора заключается в комплексном анализе золоторудных объектов Мали в рамках единой классификации, учитывающей как первичное орогенное оруденение, так и уникальные гипергенные резидуальные месторождения, свойственные именно карбонатным толщам Кедугу-Кениебского выступа.

Теоретическая значимость работы состоит в уточнении закономерностей размещения золотого оруденения в бирримских террейнах с карбонатными протолитами и эвапоритами. Практическая значимость — в обосновании поисковых критериев для выявления новых объектов аналогичных типов, включая зоны латеритного выветривания и карбонат-хостированные тела в пределах Сенегало-Малийской зоны сдвига.

Исследование по обзору охватывает период с 1984 г. (начало промышленной золотодобычи в Мали) по 2025 г. Пространственно работа ограничена территорией Мали.

Источники информации. Основой послужили:

- опубликованные геологические отчёты горнодобывающих компаний (Barrick Gold, B2Gold, Allied Gold, Resolute Mining, AngloGold Ashanti) за 2000–2025 гг.;
- научные статьи в рецензируемых журналах (Economic Geology, Mineralium Deposita, Journal of African Earth Sciences);
- материалы Геологической службы Мали (Direction Nationale de la Géologie et des Mines);
- базы данных проектов развития ООН (UNDP) и Всемирного банка по кустарной добыче;
- картографические материалы масштаба 1:200 000 и 1:500 000 по Кедугу-Кениебскому выступу и зеленокаменному поясу Багоэ.

Использован метод обзора информации и комплекс методов геологического обобщения (сравнительно-геологический анализ, типизация по промышленно-генетическому признаку, картографический анализ, статистическая обработка, принцип актуализма).

В обзор включены месторождения Мали с подтверждёнными запасами > 0,5 млн унций золота (Sadiola/Садьола, Yatela/Ятела, Loulo/Лоуло с подчинёнными Yalea/Ялеа, Gouunkoto/Гоункото, Gara/Гаpa, Syama/Сиама, Tabakoroni/Табакорони, Tellem/Теллем, Fekola/Фекола, Morila/Морила), а также россыпные районы Кайеса, Ятела, Кангаба и Сикассо. Мелкие рудопроявления и исторические артели (более 200 объектов) описаны агрегированно.

Основные результаты

3.1. Краткий административный и физико-географический очерк

Республика Мали — государство в Западной Африке, не имеющее выхода к морю. Страна граничит на западе с Сенегалом и Мавританией, на севере — с Алжиром, на востоке — с Нигером, на юге — с Буркина-Фасо и Кот-д'Ивуаром. Административно территория разделена на 10 областей (регионов) и столичный округ Бамако. Наиболее значимые золоторудные районы расположены в западной области Кайес (Kayes), южной области Сикассо (Sikasso) и в приграничных с Сенегалом районах.

Физико-географически Мали охватывает несколько крупных природных зон — от пустынь Сахары на севере до саванн и редколесий на юге. Основной водной артерией является река Нигер, протекающая через всю страну. Рельеф большей части территории равнинный, переходящий на севере в каменистые и песчаные пустыни Сахары, а на юго-западе выделяются невысокие холмистые массивы — продолжение гор Фута-Джаллон.

Климат страны субэкваториальный, с ярко выраженным чередованием сухого и влажного сезонов. Латеритное выветривание в условиях тропического климата играет исключительно важную роль в формировании золоторудных месторождений Мали: именно процессы глубинного химического выветривания в корах выветривания привели к образованию мощных зон окисления и вторичного обогащения золотом на многих месторождениях (в первую очередь Sadiola и Yatela) [9], [10].



Рисунок 1 - Физическая карта Мали
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.95.1>

3.2. Геологическое строение Мали

3.2.1. Положение в структуре Западно-Африканской платформы

Территория Мали в геологическом отношении расположена в пределах докембрийской Западно-Африканской платформы. На западе и юге страны развиты палеопротерозойские складчатые сооружения бирримского возраста (2,2–2,0 млрд лет), являющиеся частью Либерийского щита. Восточная и центральная части Мали перекрыты мощным чехлом осадочных пород бассейна Таудени — крупнейшего осадочного бассейна Северо-Западной Африки, сформировавшегося в период от среднего до позднего протерозоя и сложенного до глубины 6000 метров позднекембрийскими и палеозойскими отложениями (рис. 2).

Северо-восточная часть страны входит в состав Туарегского щита — сложного геологического блока, расположенного между Западно-Африканским кратоном и Сахарским метакратоном и отражающего коллизию между этими структурами. В этом регионе, в пределах панафриканского складчатого пояса, обнажаются породы неопротерозойского возраста, в том числе фрагменты древней океанической коры, тектонически надвинутые на край кратона [14].

3.2.2. Бирримский террейн и Кедугу-Кениебский выступ

Наиболее важной в золоторудном отношении структурой является Кедугу-Кениебский выступ (Kédougou-Kénieba inlier, KKI) — тектоническое окно деформированных пород возрастом около 2200–2050 млн лет, обнажающихся на востоке Сенегала и западе Мали [9], [10]. Геология выступа отличается от других палеопротерозойских гранит-зеленокаменных поясов и осадочных бассейнов обилием карбонатных пород — мраморов и известняков, что создаёт уникальные условия для локализации золотого оруденения (рис. 3).

В пределах выступа выделяются две основные литологические ассоциации:

1. Вулканогенные комплексы на западе, представленные преимущественно базальтами, андезитами и туфами.
2. Осадочные толщи формации Кофи на востоке, сложенные граувакками (серыми вакками), аргиллитами, мраморами и эвапоритовыми породами, метаморфизованными в фации зеленых сланцев.

Территория Мали в целом относится к двум структурно-формационным зонам бирримия: нижнебирримской (спилит-диабаз-кератофировой) и верхнебирримской (преимущественно осадочной). Размещение золоторудных полей контролируется сочетанием петрохимических, магматических и структурных факторов.

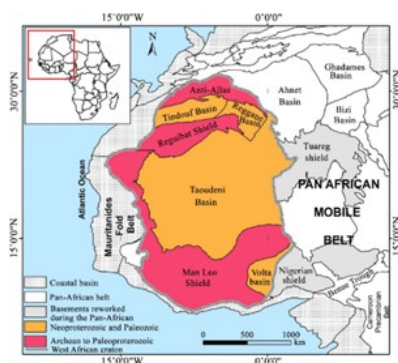


Рисунок 2 - Тектоническая карта западной части Африки

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.95.2>

Примечание: источник [11]

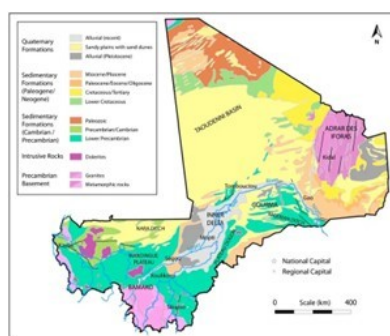


Рисунок 3 - Геологическая карта Мали

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.95.3>

Примечание: источник [4]

3.2.3. Главные разломные зоны

Ключевую роль в контроле золотого оруденения играет Сенегало-Малийская зона сдвига (Senegal-Mali shear zone) — региональное линейное нарушение корового масштаба, прослеживающееся вдоль границы Мали и Сенегала на расстояние около 180 км. Большинство крупнейших месторождений Мали (Sadiola, Yatela, Loulo, Fekola) локализованы в непосредственной близости от этой зоны или в её оперяющих разломах второго и более высоких порядков. Важно отметить, что в пределах рудного района Loulo собственно Сенегало-Малийская зона сдвига отсутствует, а оруденение контролируется локальными разрывными нарушениями и складчатыми структурами [3]. Также встречаются проявления золота в северо-восточной части страны в районе Кидаля и на границе с Алжиром [6].

3.3. Золоторудные месторождения Мали

3.3.1. Общая характеристика золотоносности

Экономически значимое золотое оруденение в Мали приурочено исключительно к двум террейнам бирримского возраста (палеопротерозой) на юге и юго-западе страны [5]. Промышленная разведка и добыча золота начались в 1984 году. По состоянию на 2025 год Мали является третьим по величине экспортером золота в Африке после Ганы и ЮАР.

Суммарные ресурсы и запасы золота Мали оцениваются в десятки миллионов унций. Крупнейшие месторождения страны превышают 5–8 млн унций каждое, а отдельные рудные районы (Loulou) содержат более 17 млн унций золота.

Рисунок 4 - Схема размещения золоторудных объектов на территории Мали

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.95.4>

Примечание: источник [2]



Рисунок 5 - Схема расположения добычи золота в юго-западной части Мали

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.95.5>

Примечание: источник [17]

3.3.2. Промышленно-генетические типы золоторудных месторождений

Анализ геологии золоторудных объектов Мали позволяет выделить несколько основных промышленно-генетических типов, существенно различающихся по условиям локализации, вещественному составу руд и промышленной значимости [5].

3.3.2.1. Орогенные золоторудные месторождения в карбонатных породах (Sadiola и Yatela)

Месторождение **Sadiola Hill** является одним из крупнейших в Мали с ресурсами около 8 млн унций золота [9]. Месторождение расположено в северной части Кедугу-Кениебского выступа, вблизи зоны разлома Садиола, выполненной диабазовым дайковым телом. Рудовмещающими породами служат серые вакки, метапелиты и, что особенно важно, нечистые мраморы формации Кофи. Оруденение контролируется разрывными нарушениями, причём основная масса золота сосредоточена в зоне окисления, развитой до глубины 200–300 м в результате длительного латеритного выветывания [19]. В этой зоне мраморы подверглись декарбонатизации с образованием каолинистой глинистой коры, в которой происходило вторичное концентрирование золота. Первичное сульфидное оруденение представлено ассоциацией As-Au-Sb с незначительным количеством Cu-W-Mo-Ag-Bi-Zn-Pb-Te [19].

Месторождение **Yatela** расположено всего в 25 км к северу от Sadiola и обладает сходным геологическим строением. Его уникальность заключается в том, что первичное сульфидное золотое оруденение, локализованное в мраморах и дайках диорита, является субэкономичным (низкие содержания). Однако в процессе длительного выветривания гидротермально изменённые и минерализованные мраморы подверглись поверхностному растворению с образованием желобов и депрессий, которые были заполнены железистым остаточным материалом, обогащённым золотом. Именно этот золотоносный элювий — сформировал промышленно значимое месторождение (свыше 1 млн унций) [7]. Первичное оруденение ассоциировано с пиритом, халькопиритом, арсенопиритом и Zn-Pb-Sb-Fe-Ag-Co-Ni минералами. Данный тип оруденения является уникальным для Западной Африки и рассматривается как перспективный в других карбонатсодержащих золотоносных провинциях кратона [9].

3.3.2.2. Орогенные месторождения района Loulo (Yalea, Goukoto, Gara)

Район **Loulo** — один из наиболее высоко обеспеченных золотом регионов Западной Африки, содержащий более 17 млн унций золота. Оруденение локализовано в породах формации Кофи: силикокластических отложениях, мраморах и эвапоритах, метаморфизованных в фации зеленых сланцев [1], [13]. В районе выделяются два принципиально различных стиля оруденения, что свидетельствует о разнообразии источников рудообразующих флюидов и геодинамических условий [8].

Tun Yalea (месторождения Yalea и Goukoto) характеризуется кварц-анкеритовыми жильными зонами и зонами вкрапленной сульфидной минерализации. Оруденение ассоциировано с альбитизированными и карбонатизированными зонами сдвига. Состав руд существенно обогащён мышьяком — основным рудным минералом является арсенопирит и арсенистый пирит, тогда как сульфиды цветных металлов и редкоземельные фосфаты практически отсутствуют.

Tun Gara представлен вкрапленными сульфидными рудами и штокверками анкеритовых прожилков в складчатых турмалинизированных песчаниках и брекчиях. Отличительной особенностью является интенсивная многоэтапная альбитизация и турмалинизация пород. Минеральный парагенезис существенно обогащён никелистым пиритом, кобальтином, герсдорфитом, пентландитом, а также шеелитом, апатитом, монацитом и ксенотимом [8]. Полиметалльный состав руд типа Gara указывает на значительное гидротермальное влияние интрузивных массивов и возможную связь с процессами железорудного скарнообразования.

3.3.2.3. Месторождения в зеленокаменных поясах (Syama, Tabakoroni, Tellem)

В южной части Мали, в пределах меридионально вытянутого зеленокаменного пояса **Бароэ (Bagoé)**, расположена группа связанных золоторудных месторождений, образующих так называемый «Сиамский коридор» протяжённостью около 40 км.

Месторождение **Syama** является наиболее крупным и изученным. Оно локализовано в мощной зоне взброса на краю бирримского вулканогенного пояса. Рудовмещающая толща представлена тонкой (0,5–2,0 км), но регионально выдержанной последовательностью базальтов и андезитов с прослоями серых вакков и аргиллитов и интрузиями андезитов и лампрофиров. На востоке эта толща ограничена андезитовыми конгломератами и серыми вакками, на западе — переслаиванием серых вакков и аргиллитов. Как и на многих месторождениях Мали, на Syama развита мощная латеритная кора выветривания, в пределах которой сформирована оксидная рудная зона, распространяющаяся до глубины 35–40 м. Ниже залегают сульфидные руды, прослеженные до глубины не менее 500 м. По данным 1992 г., балансовые запасы оксидных руд составляли 3,0 млн т со средним содержанием 3,20 г/т, геологические запасы сульфидных руд — 21 млн т с содержанием 4,02 г/т. Сульфидная минерализация представлена линзовидными телами густых анкерит-кварцевых прожилков и брекчий, с высоким содержанием пирита (>7–10%) [12].

Месторождение **Tabakoroni** по состоянию на 2022 год имеет разведанные и измеренные ресурсы 9,2 млн т руды со средним содержанием 4,4 г/т, что соответствует 1,3 млн унций золота [18]. **Tellem**, в отличие от Syama и Tabakoroni, локализован в кварцевых порфирах. Во всех трёх месторождениях золото ассоциировано преимущественно с пиритом, но на Tabakoroni и Tellem присутствует также арсенопирит.

3.3.2.4. Россыпные месторождения

Россыпное золото играет важную роль в Мали, особенно в сфере кустарной и мелкомасштабной добычи. Основные россыпные районы приурочены к аллювиальным отложениям крупных рек и их притоков [15].

Регион Кайес (Кениеба, Бауле, Бафинба). Россыпи связаны с аллювиальными отложениями рек Бафинг, Бакое и Санкарани. Золотоносные галечники залегают на глубине 1–15 м, мощность вскрыши составляет в среднем 3–5 м, мощность золотоносного пласта — 0,5–3 м. Содержание золота варьирует от 0,5 до 3 г/т, на отдельных участках достигая 5–10 г/т [21].

Россыпи района Ятела (окрестности месторождения Sadiola) представлены аллювиальными и пролювиальными отложениями в долинах временных водотоков, источником которых служат золотоносные кварцевые жилы в зеленокаменных поясах. Содержание золота составляет 1–4 г/т, местами повышаясь до 8–10 г/т [10], [19], [21].

Россыпи района Кангаба (юго-запад Мали) и *области Сикассо* (юг Мали) также содержат значительные прогнозные ресурсы. Содержание золота здесь варьирует в пределах 0,8–5 г/т [21].

3.3.2.5. Другие значимые месторождения (Fekola, Morila и др.)

Месторождение **Fekola** расположено в западной части Мали, приблизительно в 450 км от Бамако, и входит в состав одноимённого горнодобывающего комплекса компании B2Gold. Прогнозная годовая добыча комплекса на 2025 год оценивается в 515 000–550 000 унций золота. Расширение Fekola Regional — проект в 20 км от основного рудника — позволит добыть более 22 тонн золота в период 2026–2029 гг. [16].

Месторождение **Morila**, расположенное в южном городе Сансо в области Сикассо, относится к числу исторически значимых объектов. С момента открытия в 2000 году здесь было добыто свыше 7,5 млн унций золота, а остаточные запасы оцениваются в 2,5 млн унций (около 77 тонн). В 2025 году достигнуто соглашение о возобновлении разработки месторождения американской компанией Flagship Gold [20].

Золоторудный район Кениеба (Kenieba) представляет собой один из наиболее древних золотодобывающих районов Западной Африки, известный ещё со времён империй Гана и Мали. В его пределах выделяется зеленокаменный пояс Кениеба, включающий многочисленные рудопроявления и месторождения, такие как Tabakoto, Segala и другие [21].

3.4. Основные результаты обзора

В ходе обобщения получены следующие фактические результаты.

1. Вся промышленная золотоносность Мали приурочена к двум палеопротерозойским структурам бирримского возраста:

- Кедугу-Кениебский выступ (запад страны) — вмещает месторождения в карбонатных и терригенных породах;
- зеленокаменный пояс Багоэ (юг страны) — классические золото-сульфидно-кварцевые объекты в вулканогенных толщах.

2. Более 80% крупных месторождений контролируются Сенегало-Малийской зоной сдвига или её опережающими нарушениями. Исключение — район Loulo, где оруденение приурочено к локальным складкам и разломам без прямой связи с коровым сдвигом [1], [8].

3. Промышленные типы месторождений:

- карбонат-хостированные орогенные с мощными зонами окисления: Sadiola (~8 млн унций, руды окисные до глубины 300 м, содержание 2,5–4,0 г/т); Yatela (>1 млн унций, уникальный резидуальный тип в элювии мраморов) [19], [21];

- орогенные района Loulo с двумя стилями: тип Yalea (кварц-анкеритовые жилы, As-Au, запасы >17 млн унций суммарно по району); тип Gara (штокверки с Ni-Co-сульфидами, шеелитом, монацитом) [10], [19], [21];

- вулканогенные зеленокаменные пояса: Syama (окисные 3 млн т с 3,2 г/т + сульфидные 21 млн т с 4,02 г/т), Tabakoroni (9,2 млн т с 4,4 г/т → 1.3 млн унций) [18], [21];

- россыпные: районы Кайес (содержания 0,5–3 г/т, мощность 0,5–3 м), Кангаба, Сикассо (0,8–5 г/т) [2], [21]. Основной источник кустарной добычи;

- другие крупные объекты: Fekola (годовая добыча 515–550 тыс. унций, расширение региональное +22 т на 2026–2029 гг.); Morila (исторически >7,5 млн унций, остаточные 2,5 млн унций) [18], [21].

4. На большинстве месторождений (кроме глубоких сульфидных зон Syama и части Loulo) развита мощная латеритная кора выветривания, в которой золото вторично концентрируется. В карбонатных разрезах (Yatela) выветривание привело к полной декарбонатизации и образованию золотоносного резидуума без значимых первичных сульфидных концентраций.

5. Выявлены три главных парагенезиса:

- As-Au-Sb (Sadiola, Yalea);
- Au с Co-Ni-сульфидами, шеелитом, монацитом (Gara, отдельные зоны Tabakoroni);
- Au с арсенопиритом и пиритом (Syama, Tellem, Morila).

Таким образом, информацию о золоторудных объектах можно структурировать в таблицу (табл. 1).

Таблица 1 - Краткая характеристика золоторудных объектов Мали

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.95.6>

Месторождение / Район	Вмещающие породы	Тип оруденения	Главные минералы	Запасы / ресурсы	Среднее содержание Au, г/т	Оператор
Sadiola	Мраморы, метапелиты	Карбонат-хостированный, окисный	Пирит, арсенопирит	~8 млн унций	2,5–4,0	Barrick Gold
Yatela	Мраморы (элювий)	Резидуальный	Оксиды Fe, Au	>1 млн унций	1,5–3,0	Barrick (исторически)
Loulo (Yalea+Gounkoto)	Мраморы, эвапориты	Орогенный, As-Au тип	Арсенопирит, пирит	>17 млн унций (район)	3,0–6,0	Barrick
Loulo (Gara)	Песчаники, брекчии	Орогенный, Ni-Co-Au тип	Никелистый пирит, кобальтин, шеелит	входит в Loulo	2,5–5,0	Barrick
Syama	Базальты, андезиты	Золото-сульфидно-кварцевый	Пирит, арсенопирит	21 млн т	4,02	Allied Gold

Месторождение / Район	Вмещающие породы	Тип оруденения	Главные минералы	Запасы / ресурсы	Среднее содержание Au, г/т	Оператор
Tabakoroni	Вулканогенные породы	Золото-сульфидный	Пирит, арсенопирит	9,2 млн т	4,4	Resolute Mining
Fekola	Биримские вулканосадочные породы	Орогенный	Пирит	515–550 тыс. унций/год (добыча)	2,37	B2Gold
Morila	Биримские вулканосадочные породы	Орогенный	Арсенопирит, пирротин, пирит	остаточные 2,5 млн унций	1,4	Flagship Gold

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают, что Мали представляет собой классическую орогенную золоторудную провинцию, сформированную в палеопротерозое на краю Западно-Африканского кратона. Уникальность страны заключается в широком распространении карбонатных и эвапоритовых протолитов в биримском разрезе — это отличает Мали от золотоносных поясов Ганы или Буркина-Фасо. Именно карбонатные породы стали литологическими ловушками для золотоносных флюидов, а последующее латеритное выветривание создало крупные окисные рудные тела (Sadiola, Yatela).

Анализ выявил несколько противоречий в опубликованных данных: Детальное распределение запасов между стилями Yalea и Gara в районе Loulo не раскрыто.

Присутствие эвапоритов в формации Кофи (гипсы, ангидриты, соли) принципиально важно для генетических моделей. Высказано предположение [1], [9], что в ходе палеопротерозойского метаморфизма и деформаций эвапоритовые прослои могли служить источником высокосолёных, окисленных флюидов, эффективно выщелачивающих золото из вмещающих пород. Кроме того, взаимодействие таких флюидов с карбонатами приводило к резкому падению растворимости $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ и осаждению золота. Альтернативная модель предполагает, что эвапориты создавали химический барьер, восстанавливая серу и способствуя соосаждению Au с As и Sb. Проверка этих гипотез требует изотопных исследований ($\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{18}\text{O}$) и анализа флюидных включений.

Для получения более достоверной информации о геологическом строении и потенциале рекомендуется проведение картирования зон латеритного выветривания в нераскрытых блоках Кедугу-Кениебского выступа с применением дистанционных методов и малоуглубинного бурения.

Помимо геологических факторов, развитие золотодобычи в Мали всё больше определяется институциональной средой. Принятые в 2023–2024 гг. поправки к горному кодексу увеличивают долю государства в проектах, что, с одной стороны, стимулирует геологоразведку, с другой — создаёт риски для инвесторов. Сектор кустарной добычи, обеспечивающий занятость сотен тысяч человек, остаётся слабо регулируемым и сопряжён с применением ртути [17], что требует внедрения более чистых технологий.

Заключение

Республика Мали является одним из ведущих золотодобывающих государств Африки, чьи недра содержат значительные запасы золота, сосредоточенные в палеопротерозойских биримских террейнах. Исключительное разнообразие геологических условий — от карбонатных толщ и зон региональных сдвигов до классических зеленокаменных поясов и мощных кор латеритного выветривания — обусловило формирование нескольких промышленно значимых типов золоторудных месторождений.

Наиболее продуктивными являются орогенные месторождения в карбонатных породах (Sadiola, Yatela), где процессы выветривания создали уникальные золотоносные резидуумы. Район Loulo демонстрирует сосуществование двух различных генетических типов орогенного оруденения в пределах одной рудной зоны, что указывает на сложную гидротермальную историю региона. Месторождения зеленокаменного пояса Багоэ (Syama, Tabakoroni, Tellem) представляют собой классический пример золото-сульфидно-кварцевого оруденения в вулканогенных толщах.

В отличие от золотоносных провинций Ганы (пояс Ашанти) и Буркина-Фасо (пояс Хама), где доминируют классические орогенные месторождения в вулканогенно-осадочных толщах с ограниченным развитием карбонатных пород, в Мали широко распространены карбонат-хостированные рудные тела. Это сближает её с некоторыми объектами восточного Сенегала (как, например, месторождение Sabodala-Massawa), однако уникальные резидуальные образования типа Yatela не имеют прямых аналогов в регионе. Зеленокаменный пояс Багоэ по строению близок к поясам Буркина-Фасо, но отличается повышенной мощностью латеритных кор выветривания.

Важную роль, особенно в кустарной добыче, играют россыпные месторождения, приуроченные к аллювиальным отложениям крупных рек. Крупные промышленные объекты (Fekola, Morila, Loulo, Sadiola) продолжают обеспечивать стабильную добычу, хотя в последние годы золотодобывающая отрасль Мали сталкивается с вызовами, связанными с изменением горного законодательства и ростом ресурсного национализма.

Дальнейшие геологоразведочные работы в пределах слабоизученных участков Кедугу-Кениебского выступа, а также в других биримских структурах Мали имеют высокий потенциал для выявления новых крупных золоторудных объектов, в первую очередь связанных с зонами региональных разломов и корами выветривания. Изучение генезиса



уникальных резидуальных месторождений типа Yatela открывает новые перспективы для поисков аналогичного оруденения в других карбонатсодержащих золотоносных провинциях Западно-Африканского кратона.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Едыгаров И.А., Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.95.7>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Edygarov I.A., Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.95.7>

Список литературы / References

- Allibone A.H. Chapter 7: Paleoproterozoic Gold Deposits of the Loulo District, Western Mali / A.H. Allibone, D. Lawrence, J. Scott et al. // *Geology of the World's Major Gold Deposits and Provinces*. — Littleton: Society of Economic Geologists, 2020. — P. 141–162. — DOI: 10.5382/SP.23.07
- Chirico P.G. Alluvial Diamond Resource Potential and Production Capacity Assessment of Mali / P.G. Chirico, F. Barthélémy, F. Koné. — Reston: U.S. Geological Survey, 2010. — 47 p. — URL: <https://pubs.usgs.gov/sir/2010/5044/pdf/sir2010-5044.pdf>. (accessed: 11.03.26).
- Diène M. Review of the Senegalo-Malian Shear Zone System – Timing, Kinematics and Implications for Possible Au Mineralization Styles / M. Diène, T. Fullgraf, F. Diatta // *Journal of African Earth Sciences*. — 2015. — Vol. 112. — P. 485–504. — DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2015.05.004
- Díaz-Alcaide S. A Commune-Level Groundwater Potential Map for the Republic of Mali / S. Díaz-Alcaide, P. Martínez-Santos, F. Villarroja // *Water*. — 2017. — Vol. 9, № 11. — P. 839. — DOI: 10.3390/w9110839.
- Ebonkion M.K.Sh. Search criteria for gold deposits in the northern flank of the Birim zone (Senegal, Mali) / M.K.Sh. Ebonkion, O.S.E. Ngama, L.M. Mbidi // *News of the Ural State Mining University*. — 2025. — № 2(78). — P. 7–14.
- Гугали Ф. Особенности размещения золоторудных месторождений Алжира / Ф. Гуали и др. // *Известия Уральского государственного горного университета*. — 2023. — Вып. 3(71). — С. 32–39. — DOI: 10.21440/2307-2091-2023-3-32-39.
- Hein K.A.A. The Yatela Gold Deposit: 2 Billion Years in the Making / K.A.A. Hein, I.R. Matsheka, O. Bruguier et al. // *Journal of African Earth Sciences*. — 2015. — Vol. 112. — P. 548–569. — DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2015.07.017
- Lawrence D.M. The geology and mineralogy of the Loulo mining district, Mali, West Africa: Evidence for two distinct styles of orogenic gold mineralization / D.M. Lawrence, P.J. Treloar, A.H. Rankin et al. // *Economic Geology*. — 2013. — Vol. 108, № 2. — P. 199–227. — DOI: 10.2113/econgeo.108.2.199
- Masurel Q. Sadiola Hill: A World-Class Carbonate-Hosted Gold Deposit in Mali, West Africa / Q. Masurel, N. Thébaud, J. Miller et al. // *Economic Geology*. — 2017. — Vol. 112, № 1. — P. 23–47. — DOI: 10.2113/econgeo.112.1.23
- Masurel Q. The Yatela gold deposit in Mali, West Africa: The final product of a long-lived history of hydrothermal alteration and weathering / Q. Masurel, J. Miller, K.A.A. Hein et al. // *Journal of African Earth Sciences*. — 2016. — Vol. 113. — P. 73–87. — DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2015.10.006
- Mbossi E.F. Preliminary Seismic Hazard Assessment in West Africa Based on Incomplete Seismic Catalogs / E.F. Mbossi, D.D.E. Ndibi, P.W. Nguet et al. // *Open Journal of Earthquake Research*. — 2021. — Vol. 10, № 2. — P. 75–93. — DOI: 10.4236/ojer.2021.102006
- Olson S.F. Regional setting, structure, and descriptive geology of the Middle Proterozoic Syama gold deposit, Mali, West Africa / S.F. Olson, K. Diakite, L. Ott et al. // *Economic Geology*. — 1992. — Vol. 87, № 2. — P. 310–331. — DOI: 10.2113/econgeo.87.2.310
- Perret J. Review of Paleoproterozoic tectonics in the southern West African Craton: Insights from multi-disciplinary data integration / J. Perret, M. Jessell, Q. Masurel et al. // *Precambrian Research*. — 2025. — Vol. 422. — P. 107707. — DOI: 10.1016/j.precamres.2025.107707
- Renaud C. Nature and evolution of Neoproterozoic ocean continent transition: Evidence from the passive margin of the West African craton in NE Mali / C. Renaud // *Journal of African Earth Sciences*. — 2014. — Vol. 91. — P. 1–11.
- Mali: Kedougou-Kenieba Project // African Gold PLC. — 2026. — URL: <https://www.african-gold.com/mali/kedougou-kenieba> (accessed: 25.04.26).
- B2Gold's Fekola Regional project to yield over 22 tons of gold by 2029 // African Mining Market. — 2025. — URL: <https://africanminingmarket.com/b2golds-fekola-regional-project-to-yield-over-22-tons-of-gold-by-2029/23110/> (accessed: 11.04.26).
- De Haan E. Gold from children's hands / E. de Haan. — 2015. — URL: <https://www.somo.nl/somo-research-gold-from-childrens-hands-in-consumer-electronics/> (accessed: 11.03.26).
- Resolute Mining increases resource estimate of Tabakoroni gold deposit in Mali // Mining Business Africa. — 2022. — URL: <https://miningbusinessafrica.co.za/resolute-mining-increases-resource-estimate-of-tabakoroni-gold-deposit-in-mali/> (accessed: 11.03.26).
- Sadiola // PorterGeo Database. — 2026. — URL: <https://portergeo.com.au/database/mineinfo.php?mineid=mn032> (accessed: 11.03.26).
- Flagship Gold partners with Mali for Morila gold mine revival // Yahoo Finance. — 2025. — URL: <https://finance.yahoo.com/news/flagship-gold-partners-mali-morila-083007453.html> (accessed: 11.04.26).

21. Ministry of Mines of the Republic of Côte d'Ivoire. — 2026. — URL: <https://mines.gouv.ci/> (accessed: 30.05.26).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Allibone A.H. Chapter 7: Paleoproterozoic Gold Deposits of the Loulo District, Western Mali / A.H. Allibone, D. Lawrence, J. Scott et al. // *Geology of the World's Major Gold Deposits and Provinces*. — Littleton: Society of Economic Geologists, 2020. — P. 141–162. — DOI: 10.5382/SP.23.07
2. Chirico P.G. Alluvial Diamond Resource Potential and Production Capacity Assessment of Mali / P.G. Chirico, F. Barthélémy, F. Koné. — Reston: U.S. Geological Survey, 2010. — 47 p. — URL: <https://pubs.usgs.gov/sir/2010/5044/pdf/sir2010-5044.pdf>. (accessed: 11.03.26).
3. Diène M. Review of the Senegalo-Malian Shear Zone System – Timing, Kinematics and Implications for Possible Au Mineralization Styles / M. Diène, T. Fullgraf, F. Diatta // *Journal of African Earth Sciences*. — 2015. — Vol. 112. — P. 485–504. — DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2015.05.004
4. Díaz-Alcaide S. A Commune-Level Groundwater Potential Map for the Republic of Mali / S. Díaz-Alcaide, P. Martínez-Santos, F. Villarroya // *Water*. — 2017. — Vol. 9, № 11. — P. 839. — DOI: 10.3390/w9110839.
5. Ebonkion M.K.Sh. Search criteria for gold deposits in the northern flank of the Birrim zone (Senegal, Mali) / M.K.Sh. Ebonkion, O.S.E. Ngama, L.M. Mbidi // *News of the Ural State Mining University*. — 2025. — № 2(78). — P. 7–14.
6. Gugali F. Osobennosti razmeshcheniya zolotorudnykh mestorozhdeniy Alzhira [Features of the distribution of gold deposits in Algeria] / F. Guali et al. // *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University]. — 2023. — Iss. 3(71). — P. 32–39. — DOI: 10.21440/2307-2091-2023-3-32-39. [in Russian]
7. Hein K.A.A. The Yatela Gold Deposit: 2 Billion Years in the Making / K.A.A. Hein, I.R. Matsheka, O. Bruguier et al. // *Journal of African Earth Sciences*. — 2015. — Vol. 112. — P. 548–569. — DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2015.07.017
8. Lawrence D.M. The geology and mineralogy of the Loulo mining district, Mali, West Africa: Evidence for two distinct styles of orogenic gold mineralization / D.M. Lawrence, P.J. Treloar, A.H. Rankin et al. // *Economic Geology*. — 2013. — Vol. 108, № 2. — P. 199–227. — DOI: 10.2113/econgeo.108.2.199
9. Masurel Q. Sadiola Hill: A World-Class Carbonate-Hosted Gold Deposit in Mali, West Africa / Q. Masurel, N. Thébaud, J. Miller et al. // *Economic Geology*. — 2017. — Vol. 112, № 1. — P. 23–47. — DOI: 10.2113/econgeo.112.1.23
10. Masurel Q. The Yatela gold deposit in Mali, West Africa: The final product of a long-lived history of hydrothermal alteration and weathering / Q. Masurel, J. Miller, K.A.A. Hein et al. // *Journal of African Earth Sciences*. — 2016. — Vol. 113. — P. 73–87. — DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2015.10.006
11. Mbossi E.F. Preliminary Seismic Hazard Assessment in West Africa Based on Incomplete Seismic Catalogs / E.F. Mbossi, D.D.E. Ndibi, P.W. Nguet et al. // *Open Journal of Earthquake Research*. — 2021. — Vol. 10, № 2. — P. 75–93. — DOI: 10.4236/ojer.2021.102006
12. Olson S.F. Regional setting, structure, and descriptive geology of the Middle Proterozoic Syama gold deposit, Mali, West Africa / S.F. Olson, K. Diakite, L. Ott et al. // *Economic Geology*. — 1992. — Vol. 87, № 2. — P. 310–331. — DOI: 10.2113/econgeo.87.2.310
13. Perret J. Review of Paleoproterozoic tectonics in the southern West African Craton: Insights from multi-disciplinary data integration / J. Perret, M. Jessell, Q. Masurel et al. // *Precambrian Research*. — 2025. — Vol. 422. — P. 107707. — DOI: 10.1016/j.precamres.2025.107707
14. Renaud C. Nature and evolution of Neoproterozoic ocean continent transition: Evidence from the passive margin of the West African craton in NE Mali / C. Renaud // *Journal of African Earth Sciences*. — 2014. — Vol. 91. — P. 1–11.
15. Mali: Kedougou-Kenieba Project // African Gold PLC. — 2026. — URL: <https://www.african-gold.com/mali/kedougou-kenieba> (accessed: 25.04.26).
16. B2Gold's Fekola Regional project to yield over 22 tons of gold by 2029 // African Mining Market. — 2025. — URL: <https://africanminingmarket.com/b2golds-fekola-regional-project-to-yield-over-22-tons-of-gold-by-2029/23110/> (accessed: 11.04.26).
17. De Haan E. Gold from children's hands / E. de Haan. — 2015. — URL: <https://www.somo.nl/somo-research-gold-from-childrens-hands-in-consumer-electronics/> (accessed: 11.03.26).
18. Resolute Mining increases resource estimate of Tabakoroni gold deposit in Mali // Mining Business Africa. — 2022. — URL: <https://miningbusinessafrica.co.za/resolute-mining-increases-resource-estimate-of-tabakoroni-gold-deposit-in-mali/> (accessed: 11.03.26).
19. Sadiola // PorterGeo Database. — 2026. — URL: <https://portergeo.com.au/database/mineinfo.php?mineid=mn032> (accessed: 11.03.26).
20. Flagship Gold partners with Mali for Morila gold mine revival // Yahoo Finance. — 2025. — URL: <https://finance.yahoo.com/news/flagship-gold-partners-mali-morila-083007453.html> (accessed: 11.04.26).
21. Ministry of Mines of the Republic of Côte d'Ivoire. — 2026. — URL: <https://mines.gouv.ci/> (accessed: 30.05.26).