

**ГЛАВНЫЕ ЭПОХИ ДОКЕМБРИЙСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ
АФРИКАНСКОЙ ПЛАТФОРМЫ
И ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ИХ МЕТАЛЛОГЕНИИ**

В. И. БАЖЕНОВ, В. Я. МЕДВЕДЕВ

(Представлена научным семинаром кафедры МПИ)

Среди многочисленных проблем геологии Африканской платформы одним из главных и, пожалуй, наименее всего изученным является вопрос о ее тектоническом строении. Решение этой проблемы имеет большое практическое значение как для выяснения характера истории геологического развития Африканской платформы в докембрии, так и для установления пространственного размещения месторождений полезных ископаемых и их генетической связи с вмещающей структурой. Последнее крайне важно для оценки перспектив поисковых работ, планируемых в различных участках Африканского континента.

Отсутствие региональных схем по стратиграфии и тектонике Африканского континента, что объясняется недавней колониальной раздробленностью Африки, сильно тормозило обобщение фактического материала, накопленного к середине XX века.

Первые тектонические схемы Африканской платформы, заложившие основы современных представлений о строении этой древней структуры земного шара, были разработаны в конце 50-х и начале 60-х годов З. Кренкелем, Р. Фьюроном, А. Холмсом и др. За последние годы был опубликован ряд основных работ, обобщивших результаты многолетних исследований в области стратиграфии, тектоники и полезных ископаемых Африканского континента (Муратов М. В., Файн В. Е., Шуберт Ю. А.).

Среди сводок тектонического плана необходимо упомянуть схему М. В. Муратова [4], выделившего в составе цоколя Африканской платформы три крупных структурных элемента, различных по времени своей консолидации, а именно: Северо-Африканский массив (1,8—2,5 млрд. лет), Южно-Африканский массив (2,5 млрд. лет) и Катанго-Аравийский пояс с возрастом цоколя 620 млн. лет.

В настоящей статье дается краткая характеристика главных орогенических эпох докембрия, происходивших на Африканском континенте, и их влияния на пространственное размещение и формирование эндогенных месторождений. Компильтивный характер данной работы, с одной стороны, и неполнота геологических сведений — с другой, не позволили в одинаковой степени равнозначно аргументировать отдельные положения данной статьи. Приводимые ниже выводы в отношении общей последовательности крупных орогенических фаз докембрийской геологической истории Африканской платформы базируются как на анализе пространственного положения структурных поверхностей несогласия, разделяющих крупные метаморфические комплексы, так и на

использовании многочисленных данных абсолютного возраста.

Основной эволюционный ряд главных докембрийских структур Африканской платформы указывает на ведущую роль в ее геологическом развитии мобильных процессов. Характерной чертой последних является неравномерность их проявления на отдельных этапах, что привело, в свою очередь, к скольжению возрастных границ и отрицательно отразилось как на выявлении периодичности тектогенеза, так и на корреляции структурных комплексов, развитых в разных частях континента.

Рассмотрим фактический материал по отдельным регионам Африки. Наиболее древняя часть Африканской платформы, так называемый Южно-Африканский массив, располагается к югу от р. Замбези, охватывая территорию южной Родезии и Южно-Африканской республики. Нижний возрастной предел метаморфических серий Южной Африки древнее 3500 *млн. лет*. Основываясь на многочисленных данных абсолютного возраста метаморфических толщ и их взаимоотношениях, можно в первом приближении наметить последовательность основных складчатых эпох в истории геологического развития этой территории [2, 6].

Метаморфические толщи цоколя Южно-Африканского массива, согласно данным Мак Грегора, представлены тремя крупными метаморфическими сериями. Это — Себаквийская, Булавайская и Шамвайская серии. Нижняя, Себаквийская серия с возрастом 3390 *млн. лет*, представлена железистыми кварцитами и магнезиальными породами. Средняя — Булавайская, имеющая абсолютный возраст 2850 *млн. лет*, в подавляющем большинстве состоит из вулканических пород основного ряда с горизонтом базальных конгломератов в основании. Верхняя, Шамвайская серия представлена измененными конгломератами с гранитной галькой, песчаниками (иногда золотonosными) и филлитами. Породы названных серий образуют единую структуру, хотя и разделены поверхностями несогласий. Возраст гранитов, рвущих Шамвайскую серию, равен 2650 *млн. лет*.

Основные особенности структурного плана и данные абсолютного возраста рассмотренных выше метаморфических серий позволяют говорить о трех наиболее отчетливо проявленных орогенических эпохах, благодаря которым был сформирован цоколь юга Африканской платформы. Первая, одна из древнейших, имела место на рубеже 3100—3000 *млн. лет*, т. е. перед накоплением Булавайской серии. Насколько широко распространялась данная орогеническая фаза, можно судить хотя бы по тому, что складчатые системы этого возраста известны в Центральной и Северо-Западной Африке (система Западного Нила, Дагомей и Суггарий). Следующая орогения фиксируется на рубеже 2900—2850 *млн. лет*. Не исключена возможность, что ее проявление ограничивается пределами Южно-Африканского массива, поскольку для остальной части Африканской платформы системы подобного возраста пока не установлены, а те, которые обнаруживают близкий к указанному рубежу возраст, как кристаллические сланцы гор Сула (Сьерра-Леоне), складчатые системы северной части массива Додома, по-видимому, следует связывать с орогенической эпохой, имеющей возраст, близкий к 3000 *млн. лет*. Последняя из трех указанных орогенических фаз — постшамвайская, имеет возраст 2600—2500 *млн. лет*. В отличие от Западной и Центральной Африки, где также известны системы аналогичного возраста (серия Атакорьен, Симанду, массив Кассаи), для юга континента данная складчатая эпоха явилась завершающей и закончилась полной консолидацией цоколя Южно-Африканского массива.

Все сказанное выше позволяет рассматривать Южно-Африканский массив и Центрально-Африканский щит как одну из древнейших структур Африканского континента, резко отличающуюся от структур, сфор-

мированных в последующие геосинклинальные эпохи как типом складчатости, так и характером магматизма. Подобные структуры Е. В. Павловский предложил назвать протоплатформами, а геологическую стадию, в течение которой происходило их образование, именовать нуклеарной [5]. Отличия выразились не только в типе складчатости и специфике магматического комплекса ранней геологической эпохи развития земной коры, но нашли также отражение, как это будет показано ниже, и в характере металлогении этой эпохи.

Анализ пространственного распределения эндогенных месторождений и их генетической связи с магматическими комплексами позволяет говорить о бедности полезными ископаемыми указанных территорий, если не принимать во внимание проявления эндогенной минерализации, генетически связанной с более молодой магматической деятельностью протерозойского возраста, пространственно наложенной на древние архейские структуры. Наиболее характерным типом рудных месторождений архейского возраста, несомненно, являются редкометальные пегматиты, генетически связанные с гранитными интрузиями заключительного этапа формирования Южно-Африканского массива. Абсолютный возраст пегматитов, определенный по лепидолиту месторождения Бикита (Южная Родезия), равен 2850 млн. лет [3]. Наиболее крупные месторождения известны в Южной Родезии и в ЮАР. Их характерной чертой является преобладание литиевых минералов, которые составляют основную промышленную ценность пегматитовых жил. Попутно из них извлекаются также некоторые количества берилла, танталита и поллуцита.

Промышленное значение имеют также концентрации хромитов в Селукве, приуроченные к кристаллическим сланцам Булавайской серии, образовавшимся за счет глубокого регионального метаморфизма ультраосновных пород.

А. Дю-Тойт [2] отмечает также наличие золоторудных месторождений жильного и метасоматического типа, содержащих серебро, свинец и медь, связанных генетически с древними гранитами. Вывод о золотоносности древних гранитов не может считаться окончательным, так как имеются указания [7], что наиболее древняя золоторудная минерализация связана с более молодыми постбирримскими гранитами.

Отметим некоторые характерные черты металлогении платформенного этапа Южно-Африканского массива, хотя это несколько выходит за рамки настоящей статьи. Этот этап характеризуется неоднократным возобновлением магматической активности, продолжавшейся вплоть до кайнозоя. Не ставя перед собой задачи рассмотреть все эти этапы, мы остановимся вкратце на вопросах эндогенной металлогении лишь докембрийской эпохи.

Огромное значение для Южно-Африканского массива, несомненно, имеет металлогения, связанная с Бушвельдским магматическим комплексом. Внедрение огромного лополита и его дифференциация привели к формированию крупнейшей в мире рудной провинции с широким распространением магматических месторождений хрома, титаномагнетита, платины, а также ликвационных медно-никелевых руд. Аналогичной по составу и близкой по возрасту к Бушвельдскому магматическому комплексу является Великая Дайка Южной Родезии, протягивающаяся почти на 500 км при ширине от 4 до 10 км.

С ней связаны крупнейшие месторождения хромитов сегрегационного типа. Несколько более ранними по возрасту представляются концентрации медных сульфидных руд района Намакваленда, генетически связанные с интрузиями основного состава. Наконец, наиболее молодыми породами верхнепротерозойского или, возможно, раннепалеозойского возраста, развитыми в чехле Южно-Африканского массива, явля-

ются молодые или Капские граниты, в связи с которыми известны немногочисленные проявления золоторудной минерализации (месторождения Малмани и Пилтримс-Рест).

Несколько иначе протекало формирование структурного плана северо-западной части Африканской платформы, расположенной между Гвинейским заливом и Атласом. В пределах указанной площади выходы докембрийского основания обнажены по берегу Гвинейского залива в пределах так называемого Либерийского или иначе Гвинейско-Либерийского щита. На севере Сахары метаморфические толщи слагают Регибатский и Туарегский щиты. Названные структурные элементы характеризуются сходным строением и, что особенно важно, одинаковым возрастом завершающей складчатости. Среди радиологических измерений, полученных для пород, слагающих указанные структуры, несмотря подчас на их разноречивые значения, отчетливо вырисовываются три разновозрастных категории, отражающие, по-видимому, три крупные последовательные орогенические эпохи.

Первая, с возрастом 3100—2900 *млн. лет*, соответствует нуклеарной стадии геологического развития Африканской платформы. В пределах Либерийского щита это — метаморфическая серия Дагомей, представленная гнейсами, амфиболитами, кристаллическими сланцами, измененными основными эффузивами. В Регибатском и Туарегском щитах серии аналогичного состава и возраста выделены под названием Суггарий и Амзага.

Вторая группа пород представлена гнейсами, железистыми кварцитами, с возрастом 2700—2500 *млн. лет* (серия Симанду, Атакорьен) чарнокитами Мана (Берег Слоновой Кости), кристаллическими сланцами массива Кассаи (Южный Заир). Абсолютный возраст этих серий и несогласные взаимоотношения с древним комплексом указывают на их принадлежность к более позднему орогенезу, который, по-видимому, следует отождествлять с завершающей эпохой складчатых движений Южной Африки. Третья группа пород характеризуется абсолютным возрастом 2000—1790 *млн. лет*. Для северо-западной Африки орогеническая эпоха возраста, получившая в литературе название постбирримской, завершилась внедрением крупных гранитных интрузий, спаявших отдельные блоки и окончательно закрепивших стабилизацию этой части Африканской платформы. По сути дела рассматриваемая эпоха подразделяется на два тектономагматических цикла: Эбурнейский и Майомбский.

Складчатые комплексы Эбурнейского цикла выполняют узкие меридиональные прогибы в архейском основании. В Либерийском щите это — серии Бирримий и Марампа. Наиболее широко распространенной и, пожалуй, лучше всего изученной является серия Бирримий. В ее составе отчетливо обособляются две части: нижняя — с преобладанием филлитов, метаморфизованных песчаников и верхняя — сложенная в основном зеленокаменными породами.

Можно считать установленным, что граниты западной Африки (абс. возраст 2400—2200 *млн. лет*), прорывающие серию Симанду, по крайней мере на территории Гвинеи имеют с Бирримием холодный контакт. Рвущие взаимоотношения Бирримий обнаруживает только с интрузиями раннепротерозойского цикла. Конкретные данные о верхней возрастной границе Бирримской серии пока отсутствуют. В качестве обоснования приводятся данные по галениту из кварцевых жил Берега Слоновой Кости, прорывающих отложения Бирримия (2000—1900 *млн. лет*). Серия Марампа, развитая на западе Сьерра-Леоне представлена амфиболитами, филлитами, иногда содержащими промышленные концентрации железа.

В пределах Регибатского и Туарегского щитов верхний структур-

ный этаж цоколя платформы сложен хлорит-серицитовыми сланцами, вулканическими породами, выделенными как серии Фарузий и Иетти (1820—1730 *млн. лет*) и относящимися к майомбскому тектономагматическому циклу. К этому орогенезу, по-видимому, следует отнести складчатую систему Убенди-Рузизи с возрастом 2000—1800 *млн. лет*, расположенную между массивом Додома и оз. Танганьика. Таким образом, состав рассмотренных серий, включая их одинаковую степень регионального метаморфизма (фашия зеленых сланцев) и идентичное структурное положение, подтверждаемое сравнительно узким возрастным интервалом (2000—1700 *млн. лет*), указывает на сходные условия образования в течение одной геологической эпохи, что, кстати говоря, нашло свое отражение в определенной направленности эволюции рудных процессов.

Металлогенические особенности древних комплексов Западной и Северо-Западной Африки в настоящее время изучены еще недостаточно. Это в первую очередь касается ранних, добирримских этапов формирования этих регионов. Промышленные рудные месторождения этого возраста здесь неизвестны, если не считать довольно широко распространенных месторождений железистых кварцитов, местами имеющих промышленное значение (Нимба, Форт-Гуро и др.). Это обстоятельство можно объяснить тем, что значительное количество гранитных батолитов было сформировано процессами палингенеза, что оказало неблагоприятное влияние на развитие постмагматических процессов.

Что касается последней, бирримской эпохи, то по сравнению с предыдущими этапами формирования цоколя Африканской платформы, она оказалась значительно более продуктивной в отношении рудных месторождений. Среди них заметную роль играют жильные месторождения золота, известные на территории Гвинейско-Либерийского щита (Сигири, Банора в Гвинее, Когоро в Верхней Вольте, Обуази в Гане). Ряд месторождений этого типа известен в Республике Заир (Кило-Мото, Киву) и в Танзании. В Южной Африке, по Р. Фюрону [11], золотая минерализация, за исключением Витватерсранда, также имеет нижнепротерозойский возраст, но здесь она пространственно наложена на более древние структуры Южно-Африканской протоплатформы. Многие из отмеченных месторождений золота имеют важное промышленное значение. Разрушение первичных месторождений дало начало формированию промышленных аллювиальных россыпей (Габон, Камерун).

Особого внимания заслуживает вопрос о золотоносных конгломератах Витватерсранда и Тарквы. Первые, как известно, приурочены к горизонтам конгломератов системы Витватерсранд, слагающей древний осадочный чехол Южно-Африканского массива, вторые же — к системе Тарква на площади Гвинейско-Либерийского щита, образующей основание платформенного чехла. Несмотря на разновозрастность вмещающих толщ оруденение отличается удивительным сходством. Однако генезис оруденения остается до сих пор дискуссионным. Широко распространенным является представление о том, что золотоносные конгломераты представляют собой древние метаморфизованные россыпи. Р. Фюрон [11] полагает, что источником для формирования таких россыпей могли быть золотоносные кварцевые жилы, связанные с постбирримскими гранитами. Если такое предположение в какой-то мере оправдано для Тарквы, то для Витватерсранда оно представляется маловероятным, так как, по мнению А. Дю-Тойта [2], известная здесь жильная золоторудная минерализация генетически связывается с Бушвелдским магматическим комплексом. Более приемлемой представляется гипотеза о гидротермальном генезисе золотого оруденения, которое С. А. Шер [7] связывает с Бушвелдским комплексом.

Последующая геологическая история развития Африканского континента характеризуется преобладанием на большей части его территории платформенных условий, знаменующих собой прекращение магматической и активной тектонической деятельности. Только узкая полоса (Катанго-Аравийский пояс) продолжала сохранять черты мобильной зоны.

Процесс окончательной стабилизации Африканской платформы протекал в два этапа, обусловивших наличие двух разновозрастных складчатых систем в тектонической структуре данной зоны. Структурные элементы первого этапа, развитые в юго-западной части рассматриваемого пояса (Заир, Танзания, Замбия, Бурунди) и в районе Красного моря, имеют северо-западное простирание. На юго-западе Катанго-Аравийского пояса это — складчатая система Кибара (Заир, Руанда), представленная филлитами, кварцитами, конгломератами и реже — основными лавами, которые прорваны оловоносными гранитами с возрастом 1200—900 *млн. лет*. С системой Кибара тектонически тесно связана система Урунди (Танзания, Уганда). Развитие в северо-западной части Танганьики и в Уганде складчатой системы Карагве — Анколе, сложенные кварцитами и конгломератами с абсолютным возрастом 1150 *млн. лет*, представляют, по-видимому, продолжение на северо-запад системы Кибара-Урунди. Южнее системы Кибара, непосредственно вдоль северного борта Южно-Африканского массива, располагается система Ирумид, сложенная сланцами и кварцитами, прорванными гранитами Намакаленд с возрастом 1170—980 *млн. лет*. Абсолютный возраст рассмотренных складчатых систем принимается равным 1200—1100 *млн. лет*, что не противоречит также их структурному положению между системой Убензи-Рузизи (2000—1800 *млн. лет*) и более молодыми складчатыми сооружениями Катанга-Дамара, относимых ко второму, более молодому этапу инфракембрия (630—615 *млн. лет*).

Указание Х. Шюрмана на рифейский возраст метаморфических толщ района Красного моря создало благоприятные предпосылки для возможной тектонической связи данного региона с Мозамбикской зоной, где выявлены позднедокембрийские граниты с возрастом в 600 *млн. лет* [3, 4].

В отношении металлогении позднедокембрийская эпоха оказалась исключительно богатой полезными ископаемыми различных генетических типов. Среди них главное место занимают, несомненно, медистые песчаники Замбии и Катанги (Заир), образующие знаменитый Медный пояс Африки. Многочисленные месторождения этого района приурочены к породам группы Катанга. Местами, кроме меди, руды содержат также кобальт, уран, никель. Месторождения отличаются громадными запасами. Полагают, что они дают до 20% мировой добычи меди и содержат около $\frac{2}{3}$ мировых запасов кобальта.

Важное значение для металлогении складчатых зон позднего докембрия имеют редкометалльные пегматиты, генетически связанные с гранитными интрузиями. Их абсолютный возраст варьирует от 1050 *млн. лет* до 480 *млн. лет*. Они известны в странах Центральной и Восточной Африки: Заир, Уганда, Кения, Мозамбик, Сомали, о-в Мадагаскар, Руанда, ЮАР, где служат важными источниками получения редких металлов, главными из которых являются бериллий, тантал, олово, литий, ниобий. Из гидротермальных проявлений, связанных с магматической деятельностью позднего докембрия, отметим мелкие месторождения золота жильного типа в АРЕ, расположенные по побережью Красного моря, которые были известны и разрабатывались еще во времена фараонов, урановая минерализация из Габона (месторождение Мунана) и Мозамбика (месторождение Мавудзи). К числу важных гидротермальных проявлений этой эпохи относится также и свинцово-цинко-

Т а б л и ц а I

Таблица сопоставления складчатых систем цоколя Африканской платформы

Возраст	Стадия формирования платформ	Главные складчатые системы	Полезные ископаемые	Складчатые системы других районов Африки
Протерозой	Объединение древних ядер Южной и Северной Африки в единую Африканскую платформу	620 млн. лет. Катанга-Дамара 1200—900 млн. лет Кибара-Урунди	Полиметаллы, кобальт, никель, уран. Оловянные пегматиты, редкометалльные пегматиты, жильное золото.	Метаморфические толщи района Красного моря. Карагве-Анколс, Иррумид.
	Стабилизация и объединение древних недр Западной и Центральной Африки	1800—1730 млн. лет Фарузии, Иетти 2000—1900 млн. лет Биримий, Марампа	Жилые месторождения золота Железные сланцы	Убенди-Рузизи
	Нуклеарная стадия. Формирование протоплатформы Южной Африки	2650—2500 млн. лет Шамвайская серия	Железные кварциты Нимба, Форт-Гуро	Атакорьен Симанду Кассан Чарнокиты Мано
Архей		2900—2850 млн. лет Булавайская серия	Липцевые пегматиты. Попутно — бериллий, хромиты Се-лукве	
		3000 млн. лет Себаквийская серия		Дагомий, Суггарий, Амзага. Система Западного Нила. Сев. часть массива Додома.

Геоинформационная система

вая минерализация, известная в республиках Конго и Заир. Оруденение располагается в карбонатных породах серии Кунделунгу (месторождения Кипуши, М' Фуати). Аналогичные месторождения известны также в Анголе и в Юго-Западной Африке. Таким образом, вся геологическая история развития цоколя Африканской платформы представляла собой смену эпох стабилизации и активизации. Это чередование происходило неравномерно, в связи с чем каждая последующая эпоха отличалась от предыдущей не только характером активизации тектонических движений и магматизмом, но, что особенно важно, своим специфическим комплексом полезных ископаемых. По-видимому, в геологической истории Африканской платформы шесть отмеченных выше орогенических фаз далеко не исчерпывают общего геохронологического перечня докембрийских складчатых эпох в развитии данного региона. Вместе с тем только три из них, с которыми связана стабилизация крупных блоков Африканской платформы, можно рассматривать как платформообразующие (табл. 1). Первая (2700—2500 млн. лет), постшамвейская, обусловила формирование древнейших массивов Южной и Центральной Африки. Складчатые системы этого возраста, сформированные на границе архея и протерозоя (2,5—2,6 млрд. лет) известны на многих континентах земного шара. Это серии Куэтин в Канаде, Чарско-Олекминский массив на Сибирской платформе, Калгуран и Пилбара в Австралии. Вторая (2000—1750 млн. лет) — постбирримская эпоха стабилизации (северо-западная часть Африканской платформы). В пределах Восточно-Европейской платформы эбурнейскому циклу соответствуют беломориды, а структурному комплексу майомбского тектономагматического цикла, по-видимому, соответствует верхний карелий.

Третья, орогеническая фаза, спаявшая северную и южную части континента в единую платформенную структуру, именуется в Африке катангской. Это орогеническая эпоха, соответствующая байкалидам, явилась наиболее продуктивной в смысле эндогенной минерализации. Весьма важным, благоприятным признаком этого этапа явилось, во-первых, наличие интрузивных пород и, во-вторых, отсутствие длительного перерыва между стабилизацией цоколя и временем формирования чехла. Именно эти факторы заставляют рассматривать позднедокембрийскую орогению как наиболее перспективную в отношении поисков разнообразных рудных месторождений в Африке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Бишоп. Южная Африка. — В сб.: Тектонические карты континентов. «Наука», М., 1957.
2. А. Дю-Тойт. Геология Южной Африки. ИЛ., М., 1957.
3. С. Е. Колотухина, А. Е. Первухина, А. В. Рожанец. Геология месторождений редких элементов Африки. «Наука», М., 1964.
4. В. М. Муратов. Сравнительная тектоника фундамента древних платформ и история их формирования. Изд. выс. уч. завед. «Геология и разведка», № 3, 1966.
5. Е. В. Павловский. О специфике стиля тектонического развития земной коры в раннем докембрии. Тр. геол. инст. СО АН СССР, вып. 5, 1962.
6. А. И. Тугаринов, Г. В. Войткевич. Докембрийская геохронология материков. «Недра», М., 1966.
7. С. Д. Шер. Некоторые вопросы металлогении: золота Африканского щита. Тр. ЦНИГРИ, вып. 56, 1963.
8. Г. Штилле. Ассинтская тектоника в геологическом лике Земли. «Мир», М., 1968.
9. Г. Н. Щерба, Е. Ф. Овчаренко, Р. Н. Малькова. Молодые (последокембрийские) граниты и грейзены Нигера. Изд. АН СССР. Сер. геологич. № 12, 1967.
10. В. Е. Ханн, Г. Р. Рошксован. Развитие Африканской платформы в раннем докембрии. Изд. выс. уч. заведений. «Геология и разведка», № 5, 1969.