

УДК 551.242.24

## ФОРМИРОВАНИЕ ГАЗОВЫХ СКОПЛЕНИЙ НА ВОСТОЧНО-АФРИКАНСКОЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЕ

© 2023 г. А. Забанбарк<sup>1</sup>, \*, А. И. Конюхов<sup>2</sup>, \*\*, Л. И. Лобковский<sup>1</sup>, \*\*\*<sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

\*e-mail: azaban@ocean.ru

\*\*e-mail: a.konyuhov@alinsu.ru

\*\*\*e-mail: llobkovsky@ocean.ru

Поступила в редакцию 14.10.2021 г.

После доработки 25.05.2022 г.

Принята к публикации 16.08.2022 г.

Континентальная окраина Юго-Восточной Африки находится в настоящее время в процессе активных поисково-разведочных работ. Однако, в отличие от западной африканской континентальной окраины, где на всем ее протяжении открыты преимущественно месторождения жидких углеводородов, в исследуемом регионе известны в основном только газовые скопления. Причиной тому, вероятнее всего, является комплекс отложений Кару, датируемый раннепермским возрастом, который широко распространен в бассейнах Восточной Африки. В разрезе формации Кару в отдельных бассейнах (бассейн Кару, ЮАР) содержатся огромные запасы каменного угля. Комплекс Кару, протягивающийся с юго-запада на северо-восток, постепенно уменьшается не только в мощности, но и по содержанию запасов каменного угля в нем. В регионах, где мощность комплекса редуцирует, на северо-востоке, появляются скопления нефти, как в бассейне Ламу (Кения), Сомали и т.д. Крупные запасы газа на континентальной окраине Юго-Восточной Африки открыты в бассейне Ровума, север Мозамбика и юг Танзании. Этот бассейн – ближайший сосед как раз бассейна Кару в ЮАР. Сегодня Мозамбик становится газовой державой в Индийском океане.

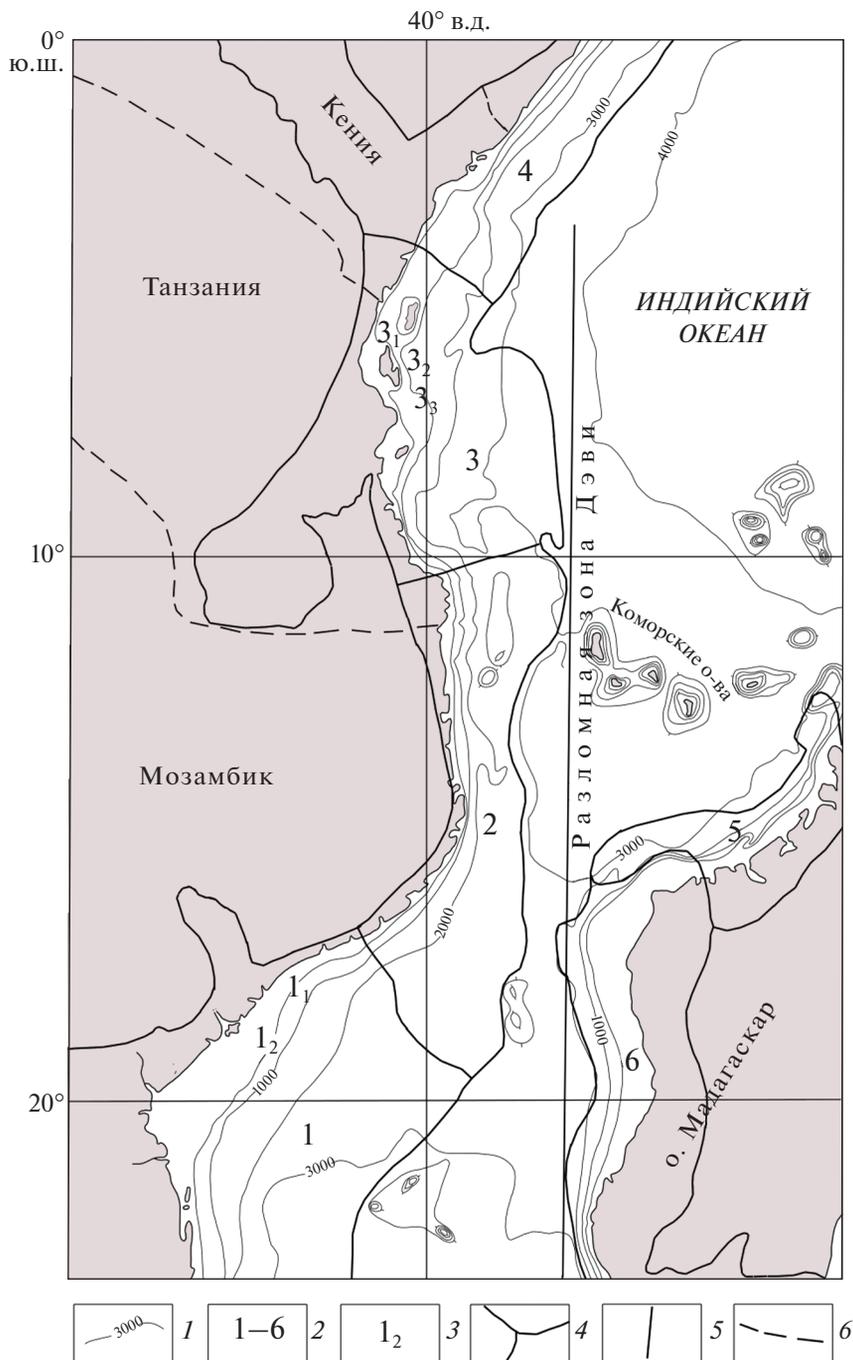
**Ключевые слова:** газ, нефть, континентальная окраина, бассейн, поиск, разведка, месторождения, скопления, углеводород, комплекс, регион

DOI: 10.31857/S0030157423030152, EDN: SJTNCH

Огромная пассивная континентальная окраина Юго-Восточной Африки, протягивающаяся от Мозамбика до Сомали, в настоящее время находится в процессе бурных поисково-разведочных работ. Однако, поиски углеводородов в этом регионе не достигли того уровня, что и поиски на окраинах западной Африки в Атлантике, которая представляет собой кладовую, преимущественно, жидких углеводородов. На восточной континентальной окраине Африки в последние десятилетия открыто, в основном, только скопления природного газа на севере Мозамбика и на юге Танзании, в осадочном бассейне Ровума (рис. 1). Вероятнее всего скопления газа на Восточно-Африканской окраине связаны с распространением комплекса осадков Кару, датированным пермским возрастом, который содержит гигантские толщи каменного угля в своем разрезе. На представленной корреляционной схеме отчетливо видно, что отложения Кару протягиваются от Намибии, Южно-Африканской республики (ЮАР), Ботсваны, Малави, Мозамбика, Свазиленда, Тан-

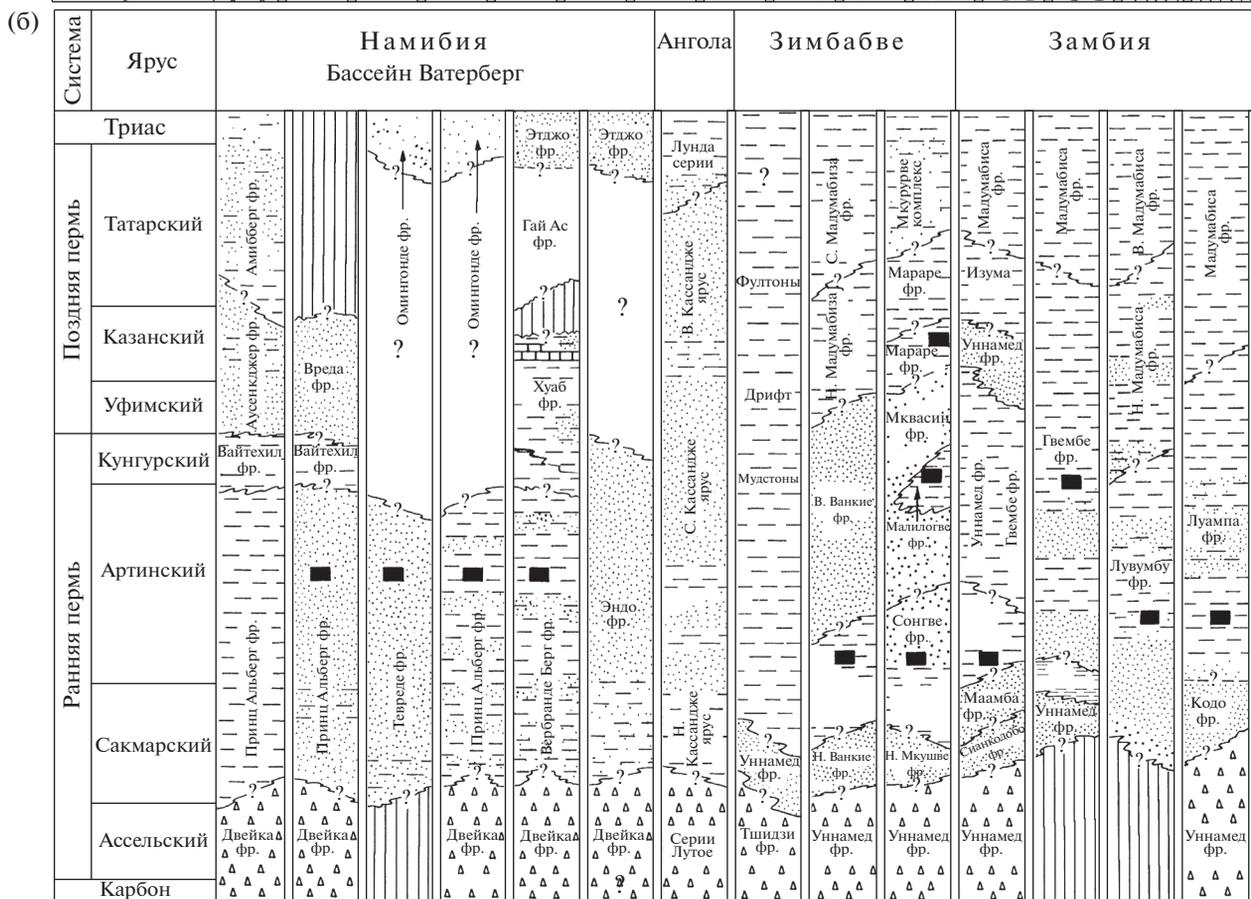
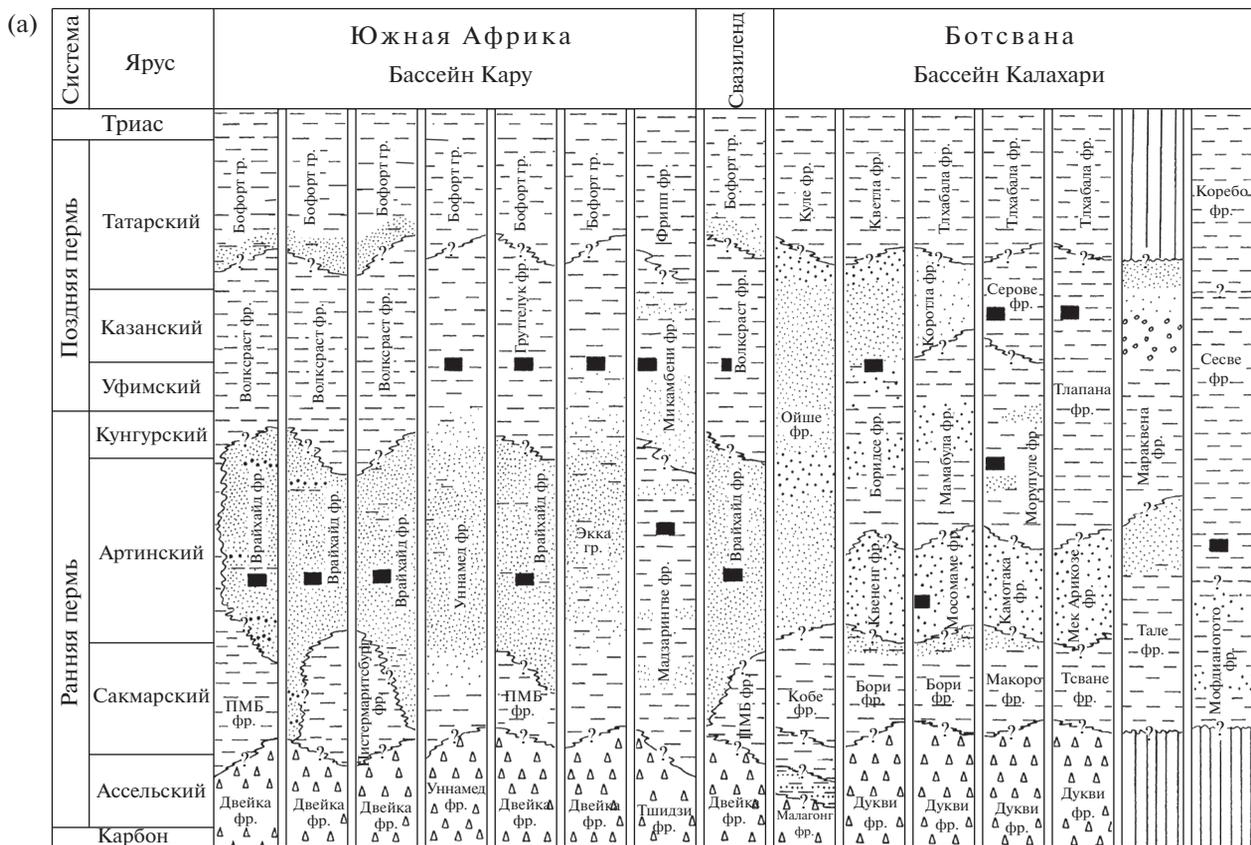
зании, Зимбабве и до Замбии (рис. 2) [4]. Пермская формация Кару широко распространена в бассейнах Юго-Восточной Африки, однако, размещение угольных пластов и запасы угля в них далеко не однозначны. Не все отложения раннепермской формации Кару содержат каменный уголь. Нужно отметить, что отложения Кару залегают также в Анголе, в пермских образованиях, однако до сих пор никаких залежей угля в этих отложениях не найдены. Многие месторождения угля не содержат даже полную последовательность осадочного разреза Кару. Полный стратиграфический разрез отложений Кару отмечено только в бассейне Кару, расположенном на северо-западе ЮАР (рис. 3) [5]. Разрез условно можно разделить на 5 крупных групп снизу вверх: Двэйка, Экка, Бофорт, Стромберг и завершается базальтами Дракенсберг.

Группа Двэйка находится в основании разреза Кару, представлена скоплением ледникового периода позднекаменноугольного времени. Группа



**Рис. 1.** Схематическая карта размещения осадочных бассейнов и суббассейнов на континентальной окраине Юго-Восточной Африки (с использованием материалов [5–7, 9]). 1 – изопакиты; 2 – названия осадочных бассейнов на континентальной окраине: 1 – Мозамбикский, 2 – Ровума, 3 – Танзанийский, 4 – Ламу, 5 – Маджунга, 6 – Морондава; 3 – названия суббассейнов на континентальной окраине: 1<sub>1</sub> – Ангош, 1<sub>2</sub> – Замбези, 3<sub>1</sub> – Руву, 3<sub>2</sub> – Мафия, 3<sub>3</sub> – Мандава; 4 – границы бассейнов; 5 – зона разлома; 6 – государственные границы.

**Рис. 2.** Корреляционная схема распространения формации Кару на территории Юго-Восточной Африки [4], с изменениями авторов. 1 – песчаник; 2 – глинистый сланец; 3 – каменный уголь; 4 – ледниковые отложения; 5 – глинистый песчаник; 6 – конгломераты Уннамед; 7 – базальный конгломерат; 8 – формация; 9 – группа; 10 – Верхняя; 11 – Средняя; 12 – Нижняя.



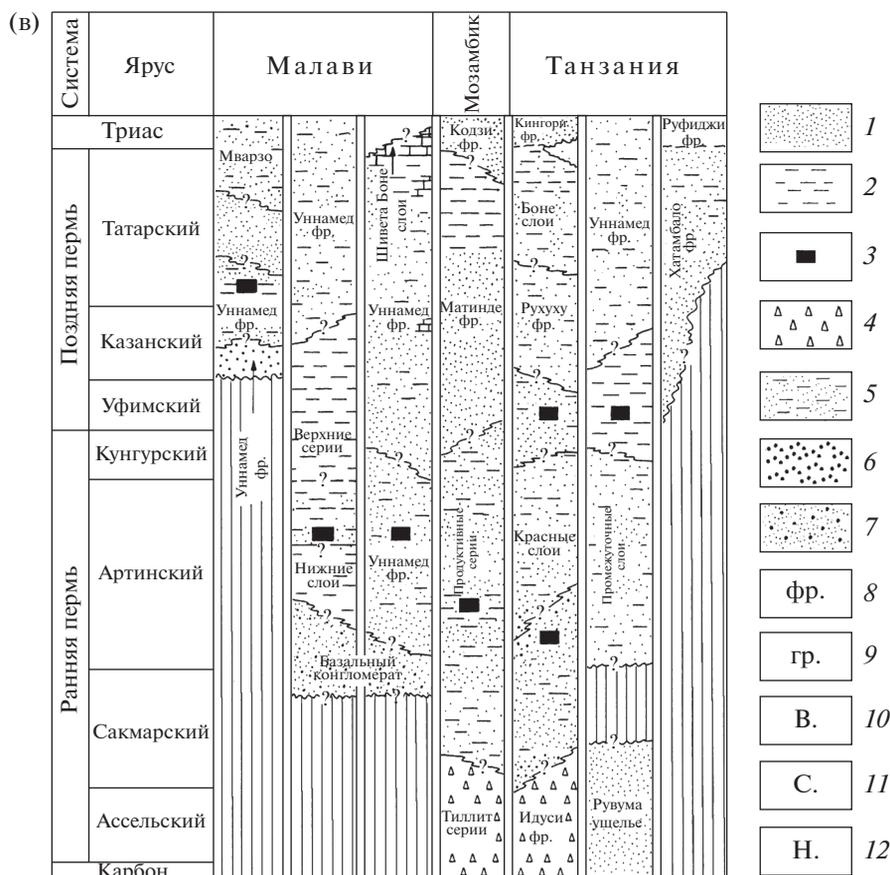


Рис. 2. Окончание

Экка перекрывает группу Двэйка и состоит из формаций: Принц Альберт, Коллингхам и Вайтухил, Рипон, Ватерфорд и Броун от позднекаменноугольного до позднепермского времени. Представлена она кластическими отложениями аргиллитов, алевроитов, песчаников и пластами угля общей мощностью 3000 м. Основной период образования каменного угля – это ранняя пермь – артинский–кунгурский ярусы формации Врайхайд и поздняя пермь – уфимско-казанские ярусы формации Вольксруст (рис. 3). Вслед за группой Экка идет Группа Бофорт возрастом отложений от позднепермских до среднетриасовых, которая включает в себе следующие формации: Купар и Мидлтон, Балфур, Кетберг и Бургерсдорп общей мощностью 7000 м. Разрез представлен речными отложениями, которые сменяются дельтовыми, преимущественно глинами, алевроитами, вкраплениями песчаных линз. Между группой Бофорт и следующей группой Стормберг отмечен стратиграфический перерыв в среднем триасе. Группа Стормберг состоит из формаций: Молтено, Эллиот и Кларенс общей мощностью 1200 м. Возраст этой группы от позднего триаса до средней юры. Представлен речными осадками и мелко-

зернистыми песчаниками. Разрез Кару заканчивается отложениями Дракенсберг, представленными излившимися базальтами, покрытыми глиной. Здесь отмечается наличие вулканических пород, многочисленные долеритовые дайки, силлы и др.

Отложения каменного угля в Юго-Восточной Африке залегают в трех типах тектонических бассейнов: в предгорных прогибах (бассейн Кару, ЮАР), в межкратонных рифтах (Малави) и во внутрикратонных рифтах (бассейн Ватерберг, ЮАР). Только угольный бассейн Кару в ЮАР находится в предгорных прогибах, все остальные угольные бассейны в регионе находятся в рифтовых бассейнах, в одном из межкратонных или внутрикратонных грабенах или полуграбенах.

Известно, что угли, образованные в пермское время при распаде Гондваны отличаются от углей, образованных в каменноугольное время в северном полушарии. Последние связаны с постледниковым периодом, пермский же уголь имеет отчетливо растительное происхождение на всем южном полушарии. Одно из основных отличий углей, образованных в Гондванское время –

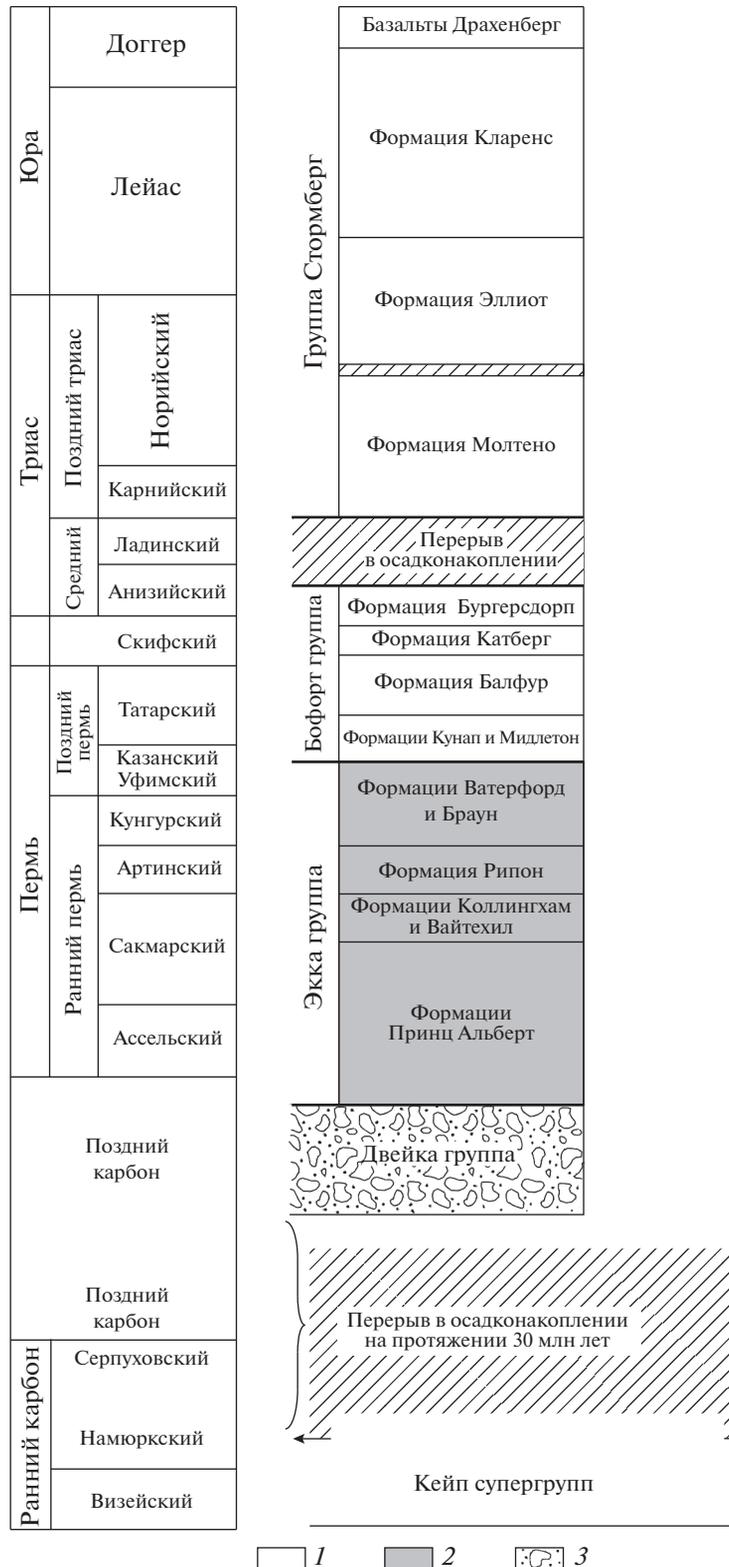


Рис. 3. Полный стратиграфический разрез формации Кару в бассейне Кару (ЮАР) [5], с изменениями авторов. 1 – Речные отложения; 2 – морские отложения; 3 – Ледниковые отложения (валунная глина).

это наличие инертинита, что является редким компонентом в углях северного полушария [4].

Разница между бассейном Кару и остальными угольными бассейнами на востоке Африки, как уже было сказано выше, в структурном строении. Бассейн Кару – единственный бассейн, в котором не нарушена последовательность его осадков на протяжении 280 млн лет. Угольный пласт редко находится более чем на 100 м ниже поверхности земли. Пермские угольные отложения в бассейне Кару распространяются с запада на восток в северной части одноименного бассейна. Уголь связан чаще всего с глинистыми породами, песчаниками, определяющими супер группу Кару (рис. 3). Ранние пермские угли чаще всего встречаются в песчаниках, в то время как более молодые угли обычно перемежаются с глинистыми породами. Осадконакопление угленосной толщи представлено, прежде всего, дельтовыми и речными образованиями с небольшим количеством прибрежных и лагунных отложений. Уголь варьирует от высоко испаряющихся битумов до антрацита и от среднего до высокого содержания зольного угля. Характерным для него является содержание компонента инертинита. Как было отмечено, тренд залегания угольных пластов запад-восток-северо-восток является не только в бассейне Кару, но он четко прослеживается и на корреляционной схеме во всех выше названных территориях. Нужно отметить, в этом же направлении идет не только сокращение отложений Кару, но также сокращаются запасы угля в этом разрезе.

Как известно ЮАР занимает 5-ое место в Мире по запасам каменного угля. Ближайшим осадочным бассейном к бассейну Кару на юго-восточной континентальной окраине Африки является бассейн Ровума. Этот бассейн расположен по направлению простираения отложений Кару на севере Мозамбика и на юге Танзании (рис. 1). Эти страны являются сегодня эпицентром внимания на Восточно-Африканской континентальной окраине, поскольку в Индийском океане, омывающий этот регион, на глубине открыты гигантские объемы запасов газа, которые оцениваются от 5.6 до 8 трлн м<sup>3</sup> [1–3]. Эти запасы в бассейне Ровума больше, чем на Штокманском месторождении в Баренцевом море.

Пассивные континентальные окраины Юго-Восточной Африки представляют собой сложную структуру, связанную с рифтогенезом при распаде Гондваны в пермско- триасовое время. Основные осадочные бассейны и суббассейны на этой континентальной окраине расположены с севера на юг в следующем порядке: Сомалийский, Ламу, Танзанийский, Руву, Мафия, Мандава, Ровума, Мозамбикский, Ангош и Дельты Замбии общей площадью 2000000 км<sup>2</sup>. А также осадочные бас-

сейны Морондава и Маджунга на западной континентальной окраине острова Мадагаскар (рис. 1).

Эволюция этих осадочных бассейнов на континентальной окраине региона происходит в три стадии [8, 10]. Первая стадия эволюции происходила на северо-востоке и юго-западе внутри континентальной системы Кару в пермско-триасовое время, с накоплением осадков от речных, озерных до дельтовых. Вторая стадия была инициирована распадом суперматерика Гондваны, происходившим в средней юре. В результате рифтогенеза в южном направлении от Восточной Африки отделяется остров Мадагаскар. Пассивная континентальная окраина образуется вдоль восточного побережья Африки и западного побережья Мадагаскара с середины юры и до раннего мела. Отложения этого периода представлены осадками переходной зоны от континента к океану с неглубоководными морскими образованиями. Третья стадия началась после отделения Индии от Мадагаскара в позднем мелу. В это время вдоль всей Восточной Африки развивалась пассивная окраина с озерными и морскими органически обогащенными материнскими породами, возрастом от триаса до средней юры и третичных. Меловые песчаники и юрские песчаники являются регионально доказанными коллекторами, а третичные дельтовые песчаники или известняки – только локально доказанными коллекторами. Пермско-триасовые песчаники группы Кару и юрские песчаники или известняки рассматриваются как потенциальные коллектора. Меловые глинистые и сланцевые отложения представлены как региональные флюидоупоры, а юрские эвапориты, если они присутствуют, могут быть локальными и очень эффективными покрывками.

Первые открытия достаточно мелких газовых месторождений в рассматриваемом регионе относятся к 1970 г. (газовые месторождения Темане, Панде, Бузио, расположенные на побережье Мозамбика). Однако только в 2010 г., когда были открыты крупные запасы газа до 8 трлн м<sup>3</sup> и более на континентальных окраинах Мозамбика и Танзании, этот регион становится объектом повышенного интереса.

Что касается жидких углеводородов, то открытие нефтяных месторождений происходит в северных районах Кении, где в отложениях Кару угольный тренд окончательно затухает, как, например, в бассейне Ламу. В будущем открытия жидких углеводородов возможны на северо-востоке Сомали, в сверх глубоководных районах, в канале Мадагаскара за возвышенностью Дэви и в глубоководных частях, на склонах континентальной окраины юго-восточной Африки (рис. 1).

Таким образом, Мозамбик становится газовой державой и крупным потенциально углеводород-

ным игроком в индоокеанском регионе, потенциальным экспортером сжиженного газа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. APT begin seismic work in Ruvuma PSA, Tanzania // Oil and Gas J. 2020. V. 114. March 07. P. 10.
2. *Brownfield M.E.* Assessment of undiscovered hydrocarbon resources of the Tanzania coastal province, east Africa. Digital data series 69-GG, U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia. 2016. 15 p.
3. *Brownfield M.E.* Assessment of undiscovered oil and gas resources of the Mozambique Coastal province, East Africa. Digital data series 69-GG. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey. Reston. Virginia. 2016. 19 p.
4. *Cairncross B.* An overview of the Permian (Karoo) coal deposits of southern Africa // J. African Earth Sciences. 2001. № 33. P. 529–562.
5. *Catuneanu O., Wopfner H., Eriksson P.G. et al.* The Karoo basins of South-Central Africa // J. of African Earth Sciences. 2005. № 43. P. 211–253.
6. *Davidson I., Steel I.* Geology and hydrocarbon potential of the East African continental margin: a review // Petroleum Geoscience. 2017. 35 p.
7. *Mahanjane E.S., Franke D., Lutz R. et al.* Maturity and petroleum systems modelling in the offshore Zambezi delta depression and Angoche basin, Northern Mozambique // J. Petroleum geology. 2014. V. 37(4). P. 329–348.
8. Mozambique approves Coral discovery development // Oil and Gas J. 2016. V. 114. March 07. P. 10.
9. *Wen Zh., Wang Zh., Song Ch. et al.* Structural architecture differences and petroleum exploration of passive continental margin basins in east Africa // Petroleum exploration development. 2015. V. 42 (5). P. 733–744.
10. *Zhang G., Wen Zh., Wang Zh. et al.* Passive continental margin basin evolution and giant gas discoveries in offshore East Africa // AAPG Inter. Conference and exhibition. Istanbul. 2014. Sept. 14–17. P. 23.

### Formation of Gas Accumulation on the East African Continental Margins

A. Zabanbark<sup>a, #</sup>, A. I. Konyuhov<sup>b, ##</sup>, L. I. Lobkovsky<sup>a, ###</sup>

<sup>a</sup>*Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia*

<sup>b</sup>*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>#</sup>*e-mail: azaban@ocean.ru*

<sup>##</sup>*e-mail: a.konyuhov@oilmsu.ru*

<sup>###</sup>*e-mail: llobkovsky@ocean.ru*

At present the continental margin of the South-East Africa is in the process of actives search prospecting. However on like of the West African continental margins, where throughout its entire length discovered mainly liquid hydrocarbons, in researching region known on the whole only gas accumulations. The reason for this is most likely the Karoo complex formation dating at early Permian, which is widespread at the East African basins. Enormous reserves of coal contained in the section of the Karoo formation in different basins (basin Karoo in SAR). Complex Karoo extending from south-west to north-east and little by little reduced not only by thickness, but in the content of coal reserve in it. The regions where the complex reduced at the north – east of the South- East Africa, appeared oil accumulation, like as in Lamu basin (Kenia), Somali and etc. Large gas reserves are discovered at the continental margin of the South-East Africa in Rovuma basin, North Mozambique and South Tanzania. This basin is nearest neighbor just the Karoo basin. Today Mozambique becomes a gas State in the Indian Ocean.

**Keywords:** gas, oil, continental margin, basin, prospecting, exploration, fields, accumulation, hydrocarbons, complex, region