



DOI 10.22363/2312-8143-2022-23-2-174-181
УДК 553.98

Научная статья / Research article

Геологическое строение и нефтегазоносность шельфа Республики Экваториальная Гвинея

А.Е. Котельников , Л.М. Ондо Айенвеге 

Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация
✉ kotelnikov-ac@rudn.ru

История статьи

Поступила в редакцию: 9 января 2022 г.
Доработана: 22 февраля 2022 г.
Принята к публикации: 5 марта 2022 г.

Ключевые слова:

Республика Экваториальная Гвинея, геология; нефтегазоносность, месторождение Сейба, месторождение Окуме, месторождение Зафино, Бассейн Рио-Муни, Северо-Габонский бассейн

Аннотация. Изучается нефтегазоносный потенциал Республики Экваториальная Гвинея, в которой доходы от продажи газа и нефти составляют более 90 % национального дохода. Актуальным является увеличение запасов нефти и газа, поэтому задачей исследования стала оценка перспективности обнаружения новых месторождений нефти на основе анализа геологической информации. Нефтегазоносный бассейн Гвинейского залива протягивается узкой прибрежной полосой вдоль западного побережья экваториальной Африки и представлен мощными осадочными толщами. Наиболее значимый бассейн Рио-Муни вмещает мощную перспективную толщу сенонских отложений, перекрытую третичными осадками, мощность которых увеличивается с юга на север. Интервалы пород-коллекторов с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами известны как в третичных, так и в меловых отложениях, но промышленная продуктивность до настоящего времени установлена только в меловом комплексе отложений. В пределах бассейна присутствуют перспективные нефтегазоносные области, обладающие антиклинальными зонами нефтегазонакопления, которые связаны с экранированием тектонического, стратиграфического и литологического типа. В южных частях бассейна соленосные отложения залегают неглубоко и представляют интерес для обнаружения нефтяных залежей. Показано, что в бассейне Рио-Муни территории блока К в самой южной части Экваториальной Гвинеи – это перспективный регион с доказанными запасами углеводородов. Палеоценовые и туронские коллекторы состоят из недеформированных склоновых подводных вееров, аналогичных глубоководному бассейну Кампос в Бразилии.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность правительству Республики Экваториальная Гвинея за предоставленные материалы.

Для цитирования

Котельников А.Е., Ондо Айенвеге Л.М. Геологическое строение и нефтегазоносность шельфа Республики Экваториальная Гвинея // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2022. Т. 23. № 2. С. 174–181. <http://doi.org/10.22363/2312-8143-2022-23-2-174-181>



Geological structure and oil and gas content of the shelf of the Republic of Equatorial Guinea

Alexander E. Kotelnikov  , Lazaro M. Ondo Ayenvege 

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation

 kotelnikov-ae@rudn.ru

Article history

Received: January 9, 2022

Revised: February 22, 2022

Accepted: March 5, 2022

Keywords:

Republic of Equatorial Guinea, geology, oil and gas, the Ceiba field, the Okume field, the Zafiro field, the Rio Muni Basin, the North Gabon Basin

Abstract. The oil and gas potential of the Republic of Equatorial Guinea, in which revenues from the sale of gas and oil account for more than 90 % of national income, is studied. An urgent issue is to increase oil and gas reserves, in this regard, the task is to assess the prospects for discovering new oil fields based on the analysis of geological information. The oil and gas basin of the Gulf of Guinea stretches as a narrow coastal strip along the western coast of equatorial Africa and is represented by thick sedimentary strata. The most significant basin of the Rio Muni contains a thick promising stratum of Senonian deposits overlain by Tertiary sediments, the thickness of which increases from south to north. Intervals of reservoir rocks with good porosity properties are known in both Tertiary and Cretaceous sediments, but industrial productivity has so far been established only in the Cretaceous sediment complex. Within the basin there are promising oil and gas bearing areas with anticlinal zones of oil and gas accumulation, which are associated with screening of tectonic, stratigraphic and lithological types. In the southern parts of the basin, saline deposits are not deep and are of interest for the exploration of oil deposits. The results of the study showed that in the Rio Muni Basin, the territory of Block K in the southernmost part of Equatorial Guinea is a promising region with proven hydrocarbon reserves. The Paleocene and Turonian reservoirs consist of undeformed slope submarine fans similar to the Deepwater Campos Basin in Brazil.

Acknowledgements

The authors of the article express their gratitude to the Government of the Republic of Equatorial Guinea for the materials provided.

For citation

Kotelnikov AE, Ondo Ayenvege LM. Geological structure and oil and gas content of the shelf of the Republic of Equatorial Guinea. *RUDN Journal of Engineering Research*. 2022;23(2):174–181. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2312-8143-2022-23-2-174-181>

Введение

Геологический фундамент центральных и восточных районов Экваториальной Гвинеи состоит из докембрийских пород, которые являются частью кратона Конго. Они включают гнейсы, зеленокаменные породы, сланцы-амфиболиты и гранитоиды. Эти более древние породы перекрыты осадочными породами мезозойского, неогенового и четвертичного возраста на западе и вдоль побережья. Острова Пагалу и Биоко (Ан-нобон и Фернандо-Пу) имеют относительно недавнее вулканическое происхождение, являясь частью Камерунской вулканической линии¹.

Развитие нефтегазодобывающей отрасли во многом определяет экономический потенциал Республики Экваториальная Гвинея в самом ближайшем будущем. Среди африканских государств по уровню добычи нефти страна занимает седьмое место, газа – девятое, что вносит значительный вклад в ВВП страны [1]. Сегодня Экваториальная Гвинея сильно зависит от добычи и продажи сырой нефти. В частности, падение цен на сырую нефть в 2009 и 2014 гг. оказало ощутимое негативное влияние на экономику² [2]. В настоящее время суммарные запасы нефти и газа открытых

¹ Equatorial Guinea Geology. The Extractive Industries Source Book. Extractive Industries. URL: http://www.eisourcebook.org/1409_ExtractiveIndustries.html (accessed: 25.01.2022).

² Good-fit practice activities in the international oil, gas & mining industries. EISourceBook. URL: <https://www.resourcedata.org/dataset/rgi-good-fit-practice-activities-in-the-international-oil-gas-mining-industries> (accessed: 01.02.2022).

месторождений Республики Экваториальная Гвинея оцениваются в 150 млн т и 36 810 млн м³ соответственно. В связи с этим информация о возможном увеличении ресурсной базы углеводородов имеет первостепенное значение. Экономика Экваториальной Гвинеи в значительной степени зависит от нефтяной и газовой промышленности, на долю которой приходится более 60 % валового внутреннего продукта, 80 % налоговых поступлений и 86 % экспорта в 2015 г., согласно последним оценкам страновых отчетов Международного валютного фонда. В 2015 г. объем добычи углеводородов в Экваториальной Гвинее упал на 8,9 %, а общий ВВП снизился на 7,5 %. Это оказало давление на фискальную позицию правительства, вынудив его полагаться на внешние займы и государственные сбережения для удовлетворения потребностей в финансировании дефицита. Акцент на нефтяной и газовой промышленности также привел к отсутствию развития в неуглеводородных секторах³. Экваториальная Гвинея намерена увеличить добычу на 20 000 баррелей сырой нефти в день (б/с) к октябрю 2020 г., доведя производство до 140 000 б/с, как заявил министр горнодобывающей промышленности и углеводородов Республики Экваториальная Гвинея: «Мы ожидаем, что в этом году благодаря новым открытиям объем добычи увеличится еще примерно на 20 000 баррелей в день»⁴. Являясь членом Организации стран – экспортеров нефти (ОПЕК), Экваториальная Гвинея в настоящее время производит 120 000 баррелей нефти в сутки. В бюджете Экваториальной Гвинеи на 2020 г. цена на нефть прогнозировалась и была на уровне US\$ 51 за баррель [3].

По состоянию на 2016 г. Экваториальная Гвинея располагает 1 100 000 000 баррелей доказанных запасов нефти, занимая 39 место в мире, это около 0,1 % от общих мировых запасов нефти, составляющих 1 650 585 140 000 баррелей⁵. Доказанные запасы Экваториальной Гвинеи эквивалентны 579,6-кратному годовому потреблению.

³ *Equatorial Guinea: overview*. U.S. Energy Information Administration Independent Statistics & Analysis. <https://www.eia.gov/international/analysis/country/GNQ> (accessed: 15.01.2022).

⁴ Equatorial Guinea to increase oil output in 2020. *Energy Capital & Power*. URL: <https://energycapitalpower.com/equatorial-guinea-to-increase-oil-output-in-2020/> (accessed: 15.12.2021).

⁵ Equatorial Guinea oil: oil reserves in Equatorial Guinea. *Worldometer*. URL: <https://www.worldometers.info/oil/equatorial-guinea-oil/> (accessed: 09.02.2022).

Это означает, что без учета чистого экспорта нефти осталось бы примерно на 580 лет (при текущем уровне потребления и без учета недоказанных запасов. По состоянию на 2017 г. Экваториальная Гвинея располагает 1,3 трлн кубических футов (1,3 Tcf) доказанных запасов газа, занимая 65 место в мире, это около 0,019 % от общих мировых запасов природного газа, составляющих 6 923 Tcf. Доказанные запасы Экваториальной Гвинеи эквивалентны 30,9-кратному годовому потреблению. Это означает, что газа в стране осталось примерно на 31 год (при текущем уровне потребления и без учета недоказанных запасов)⁶. В 2019 г. доказанные запасы природного газа Экваториальной Гвинеи составили 39 млрд м³. Этот объем снизился по сравнению с предыдущими годами. В рассматриваемый период доказанные запасы природного газа в стране в целом ежегодно снижались. Для сравнения, в 2010 г.⁷ их объем составлял 82 млрд м³ [4]. Добыча сырой нефти в Экваториальной Гвинее увеличилась до 88 баррелей/день/1 тыс. в январе 2022 г. с 85 баррелей/день/1 тыс. в декабре 2021 г.⁸

1. Геологическое строение

Основные перспективы развития нефтегазодобывающей отрасли в настоящий момент связывают с освоением бассейна Рио-Муни (рис. 1), который является частью Западно-Африканской окраины, сформировавшейся во время разделения континентов и образования Южно-Атлантического океана в меловой и третичный периоды, содержащей перспективные отложения меловой и третичной систем, сформировавшиеся на территории рифта, образовавшиеся в раннемеловую эпоху. В пределах бассейна Северный Габон и южной части бассейна Рио-Муни отложения, накапливающиеся в зоне рифта, представлены породами озерных и аллювиально-дельтовых фаций барремского и неокомского возрастов, строение которых в настоящее время осложнено системой

⁶ Equatorial Guinea natural gas: gas reserves in Equatorial Guinea. *Worldometer*. URL: <https://www.worldometers.info/gas/equatorial-guinea-natural-gas/> (accessed: 09.02.2022).

⁷ Saleh M. *Statista: proven natural gas reserves in Equatorial Guinea 2010–2019*. URL: <https://www.statista.com/statistics/1267819/proven-natural-gas-reserves-in-equatorialguinea/> (accessed: 15.12.2021).

⁸ Equatorial Guinea crude oil production. *Trading Economics*. URL: <https://tradingeconomics.com/equatorial-guinea/crude-oil-production> (accessed: 15.12.2021).

дизъюнктивных нарушений. На территории бассейна Габон этот разрез включает слои песчаников с доказанной нефтегазоносностью, а также сланцы Кисенда и Мелания, которые рассматриваются в качестве перспективных для выявления залежей углеводородов. Данные отложения перекрывает мощная соленосная толща позднеаптского подъяруса, а также средне-поздне меловые и нижнетретичные морские известняки и песчано-сланцевые породы. Для перекрывающих отложений в результате проявления соляно-купольной тектоники сформирован широкий спектр перспективных ловушек, включая структуры облегания,

структурно-тектонические и примыкающих к стенкам соляных тел. В северной части бассейна Рио-Муни синрифтовый комплекс представлен преимущественно озерными отложениями позднебарремского – среднеаптского времен, строение которых осложнено формированием мегамасштабных разломов. Данный разрез перекрывается «переходной» последовательностью соляных и нефтяносных морских терригенных отложений. С альбской (Мадиела) карбонатной платформой, фиксируемой в пределах данной территории, и с альбско-туронской песчано-сланцевой толщей сейчас связываются основные перспективы нефтегазоносности.

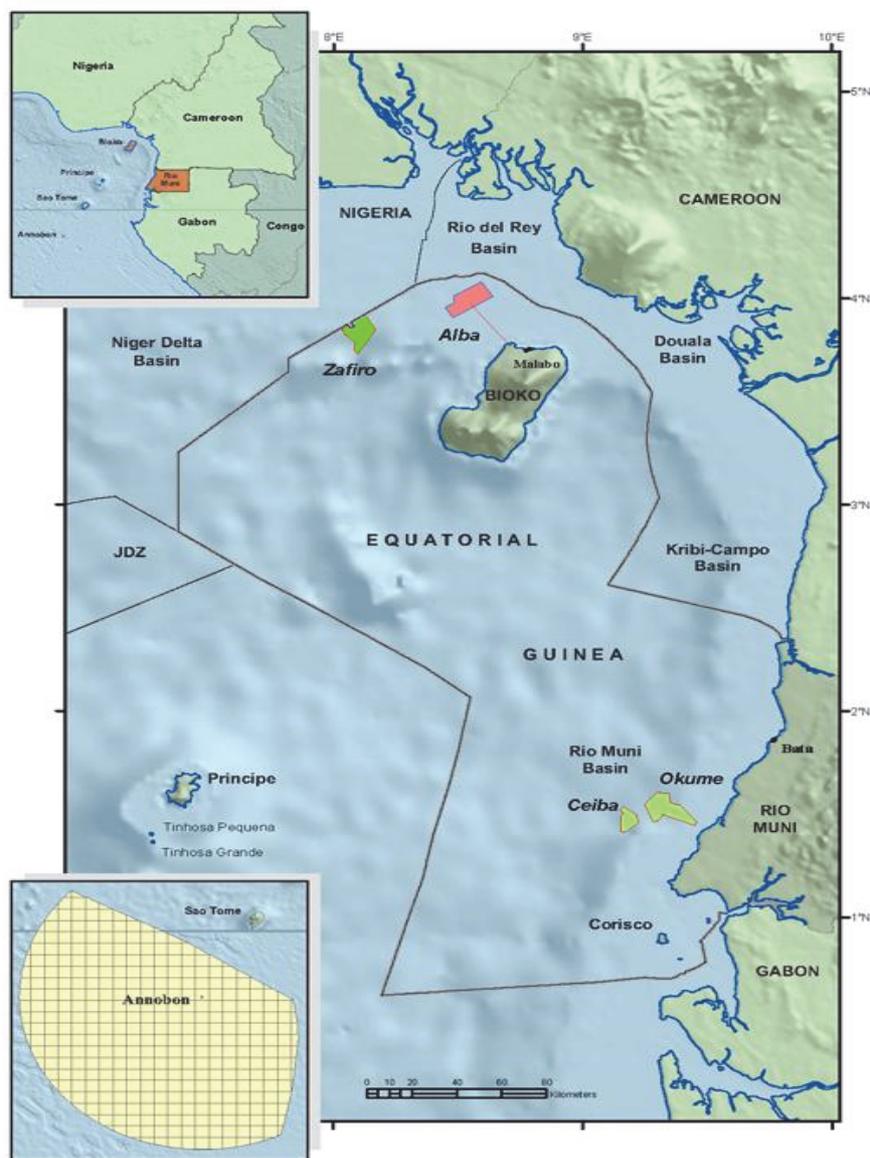


Рис. 1. Обзорная карта территории Гвинейского залива с нефтяными месторождениями и бассейнами [5]
Figure 1. Overview map of the Gulf of Guinea territory with oil fields and basins [5]

В северной части Рио-Муни синрифтовый разрез состоит из позднебарремских до среднеаптских эффузивных пород и озерных сланцев, характеризующихся экстенсивным развитием региональных разломов вверх по склону и надвиговых структур вниз по склону. Синрифтовый разрез перекрывается «переходной» последовательностью хорошо развитых соляных и качественных морских нефтеносных интервалов исходных пород. Карбонатная платформа формации Альба Бенин (Мадиела), развитая на этой территории, плюс альбско-туронская песчано-сланцевая последовательность в настоящее время рассматриваются в качестве перспективных для генерации углеводородов, что целесообразно учитывать при планировании геологоразведочных работ в данном регионе. Также повышенный интерес для проведения геологоразведочных работ вызывает акватория шельфа Биоко, которая расположена в северо-восточной части исследуемого района, здесь выделяется углеводородная система. Она содержит песчаники, которые преимуще-

ственно классифицируются в качестве коллектора. Данная углеводородная система лежит под морскими глинистыми отложениями, которые включают исходные породы нефти и газа. Наиболее значимые с точки зрения генерации углеводородов являются глинистые породы формации Куа-Ибоэ и формации Аката (Исонго). Д. Росс и Н. Хемпстед считают, что они содержат кероген типа II и III [6]. Аккумуляция данной толщи, представленной переслаиванием песчаных и глинистых отложений третичного и четвертичного периодов, осуществлялась в дистальной части дельты р. Нигер, которая расположена практически на краю шельфа. При их седиментации наряду с течениями определенную роль сыграли процессы, развитие которых определено особенностями проявления гравитационного фактора. В частности, имели место оползни, турбедитовые потоки и т. п. Основные перспективные нефтегазоносные толщи достаточно хорошо выделяются на сейсмических профилях. Пример приведен на рис. 2.

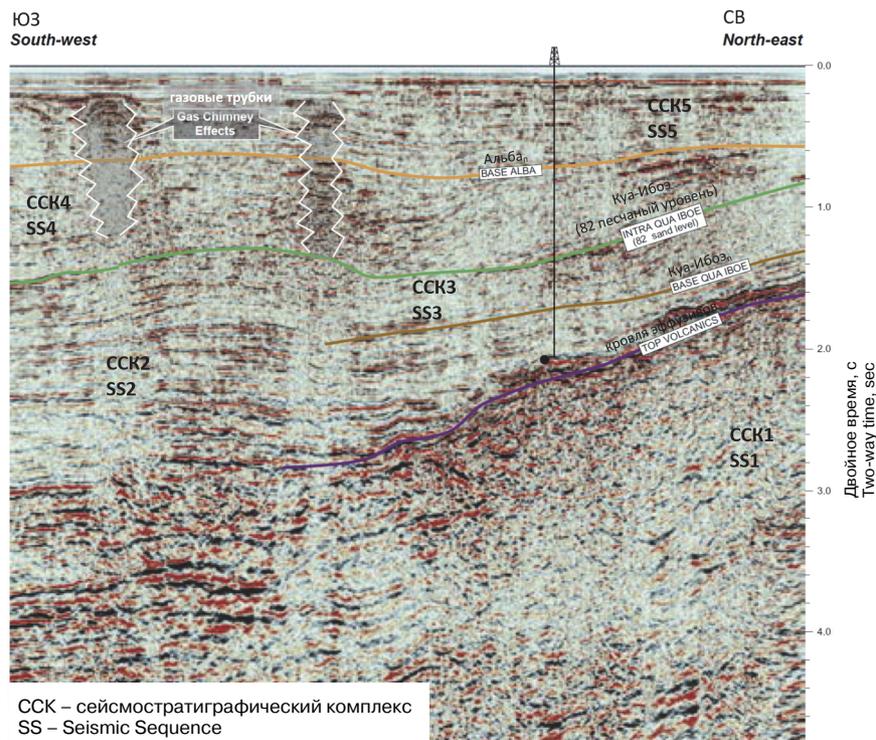


Рис. 2. Временной сейсмических разрез шельфа Биоко [7]
Figure 2. Temporal seismic section of the Bioko shelf [7]

В нижней части разреза выделяется сейсмостратиграфический комплекс (ССК), приуроченный к эффузивным породам. Волновое поле ССК1, приуроченное к данной толще, отличается от того, которое соответствует перекрывающим отложе-

ниям, как повышенными амплитудами, так и прерывистостью отражающих площадок. Выше с угловым несогласием залегают отложения формации Аката (Исонго), которым соответствует ССК2, здесь в интервале залегания подошвы

фиксируется несогласие типа подошвенного прилегания. В волновом поле, приуроченном к рассматриваемым отложениям, отмечается широкое распространение субпараллельных достаточно устойчивых отражений. Выше залегают отложения формации Куа-Ибоэ. В волновом поле, приуроченном к данному стратиграфическому подразделению ССКЗ, отмечается изменчивость свойств отражений, определенная уменьшению контрастности акустических жесткостей в северо-восточном направлении, что приводит к уменьшению протяженности отражающих площадок. Вблизи кровли формации Куа-Ибоэ наблюдается согласие типа эрозионного среза.

В ходе эпигенетических преобразований отложения, залегающие у подножия дельтового склона, где существовала зона сжатия, подверглись воздействию глинистого диапиризма, формированию дизъюнктивных нарушений и образованию в некоторых случаях структур опрокидывания. Коллекторы месторождений Зафиро приурочены к отложениям, аккумулярованным в фациальной зоне периодического развития турбидитовых потоков, и песчаникам формации Куа-Ибоэ, представляющих собой крупные песчаные тела, накопленные в местах развития достаточно устойчивых глубоководных течений. На месторождении Альба продуктивные отложения представлены песчаными отложениями формации Исонго, седиментация которых во многом осуществлялась в глубоководной обстановке благодаря действию подводных течений.

2. Нефтегазоносность шельфа

Сейсморазведочные работы МОГТ 2D на территории этого блока были проведены в 2002 г. в объеме 1084 погонных км [8]. Получены результаты для выявления нескольких потенциально перспективных объектов, связанных со значительными амплитудными аномалиями. Для подготовки этих объектов к выходу из глубокого бурения потребовались детальные сейсмические исследования. В 2008 г. полученные данные обработаны методом PSTM (временный перенос на сумму) компаниями GeoTrace и Weinman Geoscience (Даллас). При обработке полученных результатов были проведены специальные исследования, в том числе ДУО-анализ, для получения более полной информации о выявленных и подготовленных к бурению структурах. В районе перспективных объектов, охваченных сейсмическими данными, глубина акватории составляет от 750 до 1500 м. Недавно международным операторам было выдано несколько лицензий на участки на шельфе Экваториальной Гвинеи, Сан-Томе и Принсипи и Габона (рис. 3). Потенциал разведки в этом регионе считается очень высоким, и интерес со стороны нефтяных компаний резко возрос, о чем свидетельствуют новые тендеры в этих трех странах. Глубоководный бассейн Экваториальной Гвинеи весьма перспективен на нефть и газ, но остается практически неисследованным с помощью бурения.

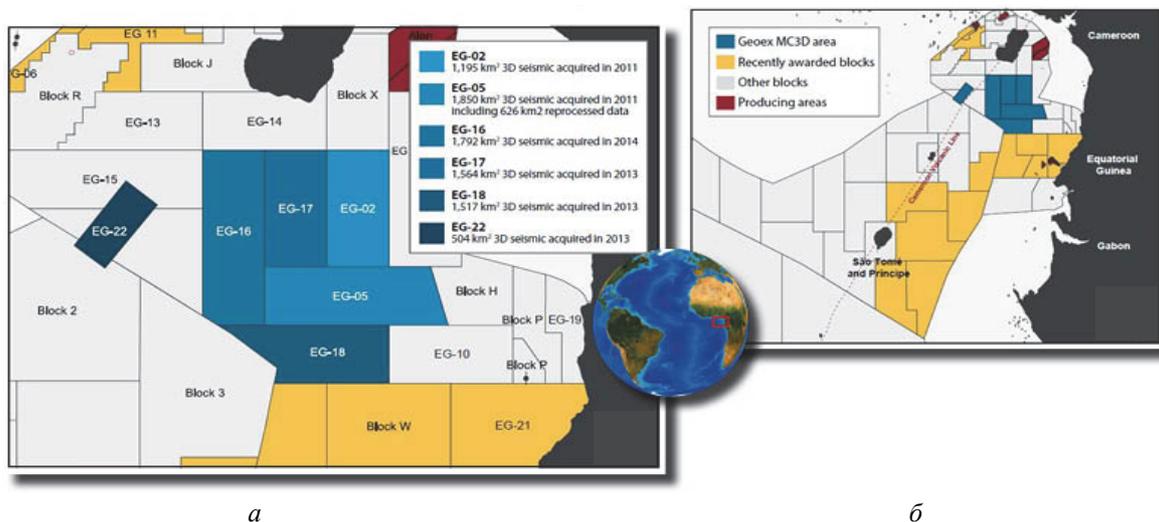


Рис. 3. Карта участков проведения 3D-съемки компанией Геоех в Экваториальной Гвинеи (а) и карта недавно выделенных блоков на шельфе Экваториальной Гвинеи и Сан-Томе и Принсипи (б) [9]
Figure 3. Map of 3D survey areas by Geoex in Equatorial Guinea (a) and map of recently identified blocks offshore Equatorial Guinea and Sao Tome and Principe (b) [9]

В период с 2011 по 2014 г. компания Geoex совместно с SAER Ltd. провела серию из пяти близких друг к другу спекулятивных сейсмических исследований 3D для Министерства горнорудной промышленности и углеводородов Экваториальной Гвинеи с целью продвижения геологоразведки в этом районе. В совокупности эти исследования охватывают площадь около 8400 км², включая блоки EG-02, EG-05, EG-16, EG-17 В и EG-18.

Новые 3D-съемки данной площади выявили большое количество новых перспективных участков углеводородов в Экваториальной Гвинее (рис. 3). Новые сейсмические данные Geoex 3D обеспечивают практически непрерывное покрытие региона между островами и подводными горами Камерунской вулканической линии и окраиной Дуала – Рио-Муни. Они показали миоценовые песчаные системы, действующие в южном направлении вдоль оси бассейна Дуала, и мелово-палеогеновые песчаные системы, мигрирующие в западном направлении от континентальной окраины Рио-Муни. Данные также показывают структуру фундамента, отражающую синкинематическую структуру океанической коры в виде структур спрединг-риджа и зон океанических разломов. Наблюдается значительная деформация вышележащего осадочного разреза, связанная с повторной активацией структуры фундамента в течение нескольких тектонических эпизодов, включая сильное поднятие земной коры вдоль зон разломов в раннем миоцене, которое сыграло роль в формировании вулканических островов и подводных гор Камерунской вулканической линии. Комбинация базовой конструкции и систем вентиляции на дне бассейна способствовала расширенным возможностям улавливания в трехмерной области. Перспективы были очерчены путем объединения структурного картирования с применением методов зависимости амплитуды от смещения/угла (AVO/AVA). Аномалии AVO типа II/III (низкий акустический импеданс, высокопористые пески, заполненные углеводородами) характеризуют несколько перспективных объектов, которые были идентифицированы по данным Geoex 3D. На сегодняшний день подобные аномалии AVO типа II/III оказались успешными при каждом открытии в блоках O & I бассейна Дуала (нижний миоцен) и на месторождениях Сейба и Окуме в бассейне Рио-Муни (верхний мел).

Заключение

Результат проведенных исследований показал, что территория Экваториальной Гвинеи охватывает части двух осадочных бассейнов мирового класса, обладающих нефтегазоносным потенциалом и являющихся высокоперспективными на углеводороды с доказанными нефтяными системами, включающими морские нефтеносные исходные породы и высококачественные песчаные коллекторы. На севере страны, вокруг Биоко, шельфовый сектор охватывает дистальные части системы бассейнов Дельты Нигера – Рио-дель-Рей. Дельта Нигера является одной из крупнейших нефтяных провинций мира с доказанными запасами в 48 млрд баррелей нефти и 135 Tcf газа. В части бассейна, расположенной в Экваториальной Гвинее, налажена добыча нефти и газа на месторождениях Зафино, Сейба и Альба, а также сделан ряд других открытий. Южная часть морского сектора Экваториальной Гвинеи покрывает бассейн Рио-Муни. Он примыкает к Камерунскому бассейну Криби-Кампо (Дуала) на севере (где расположены нефтегазовые месторождения Санага-Суд и Криби) и к Северо-Габонскому бассейну на юге, где обнаружены многочисленные месторождения нефти и газа. Прекрасный потенциал бассейна Рио-Муни продемонстрирован добычей нефти на месторождениях Сейба и Окуме и продолжающимися открытиями. Осадочный разрез под районами Биоко и Рио-Муни простирается в сторону океана до территориальной границы Экваториальной Гвинеи. Отложения дистального бассейна Дельты Нигера и глубоководных бассейнов Дуала и Рио-Муни сливаются в регионе к югу от Биоко, что дает значительный нефтяной потенциал всему шельфу Экваториальной Гвинеи.

Список литературы / References

1. Frynas G. The oil boom in Equatorial Guinea. *African Affairs*. 2004;103(413):527–546. <https://doi.org/10.1093/afraf/adh085>
2. Shlüter T. *Geological atlas of Africa: with notes on stratigraphy, tectonics, economic geology, geohazards, geosites and geoscientific education of each country*. Springer Berlin Heidelberg; 2006.
3. Denuola O. Equatorial Guinea to increase oil output in 2020. *Pumps Africa*. 2020;1(1). Available from:

<https://pumps-africa.com/equatorial-guinea-to-increase-oil-output-in-2020-2/> (accessed: 15.11.2021).

4. Remadna A, Cueto D, Marzouk H, Arteaga M, Lyubovskaya N, Shokripour M, Morales R, Arenas Lara R. *GECF in the world: GECF Annual Statistical Bulletin 2020*. 4th ed. Doha Qatar; 2020. p. 57.

5. Brownfield ME, Charpentier RR. Geology and total petroleum systems of the Gulf of Guinea Province of west Africa. *U.S Geological Survey Bulletin 2207-C*. 2006. 32 p.

6. Ross D, Hempstead N. Geology, hydrocarbon potential of Rio Muni area, Equatorial Guinea. *Oil and Gas Journal*. 1993;91(35):96–100.

7. Hydrocarbons and mining in Equatorial Guinea. Petroleum potential. *Geology of Offshore Bioko*. 2012;(1):13–15. Available from: <https://pdfslide.net/documents/hydrocarbons-and-mining-in-equatorial-guinea-2012-02-17-1-equatorial-guinea.html?page=1> (accessed: 20.12.2021).

8. Khain VE, Polyakova ID. Large and giant hydrocarbon accumulations in the continent-ocean transition zone. *Geotectonics*. 2008;42:163–175.

9. Irons C, Bray R, Abrahamson P. New hydrocarbon prospects in Equatorial Guinea. *GEO EXPro*. 2018;15(1):52–54. Available from: <https://www.geoexpro.com/articles/2018/04/new-hydrocarbon-prospects-in-equatorial-guinea> (accessed: 20.12.2021).

Сведения об авторах

Котельников Александр Евгеньевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, директор департамента недропользования и нефтегазового дела, Инженерная академия, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID: 0000-0003-0622-8391, Scopus Author ID: 57205586833, Researcher ID: O-3821-2019, eLIBRARY SPIN-код: 6280-5070; kotelnikov-ae@rudn.ru

Ондо Айенвеге Лазаро Мба, магистрант, департамент недропользования и нефтегазового дела, Инженерная академия, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID: 0000-0002-9667-0230; azaromba@outlook.es

About the authors

Alexander E. Kotelnikov, PhD in Geology, Associate Professor, Head of the Department of Mineral Development and Oil & Gas Engineering, Academy of Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University); 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-0622-8391, Scopus Author ID: 57205586833, Researcher ID: O-3821-2019, eLIBRARY SPIN-code: 6280-5070; kotelnikov-ae@rudn.ru

Lazaro M. Ondo Ayenvege, master student, Department of Mineral Development and Oil & Gas Engineering, Academy of Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University); 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-9667-0230; azaromba@outlook.es