

## Северная Африка / Средиземное море

**Геологическая разведка в разрабатываемых и перспективных районах на территории Ливии (Prospects in Libya's mature and frontier basins)**

В этой статье Даниэль Пол Ле Герон (Daniel Paul Le Heron<sup>1</sup>) и Биндра Тусу (Bindra Thusu<sup>2</sup>) делают обзор новых возможностей поисков месторождений углеводородов в Ливии с акцентом на перспективность палеозойских отложений, предыдущая версия этой статьи опубликована в журнале FIRST<sup>3</sup>.

Ливия получила всемирную известность как перспективный район для поисков углеводородов со времени заложения первой разведочной скважины в 1956 году. Подобная привлекательность является результатом феноменальной скорости открытия нефтяных месторождений в бассейне залива Сидра (Gulf of Sirt) (рис. 1), в котором находятся 19 из 21 гигантских разведанных нефтяных месторождений с запасами порядка 40 миллиардов баррелей нефти. Поразительно, но легкость открытий месторождений в этом регионе не распространилась на соседние бассейны – к западу (Ghadames) и юго-западу (Murzuq), где поиски месторождений углеводородов производятся непрерывно и сопровождаются трудностями. Стоит отметить, что несколько очень важных последних открытий было сделано с 1997 по 2000 год при отсутствии интенсивной программы по разведочному бурению. Новые концепции, разработанные в это время, несомненно, внесли свой вклад в этот успех, достигнутый при сотрудничестве нефтяных фирм и академических институтов.

Новая фаза исследований этой огромной территории началась с возвратом Ливии на международную арену производителей нефтепродуктов в 2005 и 2006 и появлением новых международных нефтяных компаний (МНК). Используя современные методы сейсморазведки и новые стратиграфические концепции, поиски новых нефтяных месторождений будут производиться в перспективных палеозойских бассейнах. К ним относятся платформенные территории Murzuq, Kufra и Cyrenaica (рис. 2), а также более глубокие палеозойские бассейны Ghadames и Sirt. Район шельфа (рис. 1) также недостаточно изучен, но в связи с развертыванием региональных 2D-сейсморазведочных и геологических исследований в этом районе также будет произведена более детальная разведка.

В этой статье произведен широкий обзор нефтяных структур в осадочных бассейнах Ливии. В нем подчеркнуты последние достижения в изучении структурного и литологического строения региона, особенно для пограничных бассейнов и региональный эффект открытия месторождений 21 века, находящихся в докембрийских-палеозойских осадочных толщах.

Начиная с самых ранних фаз разведки месторождений в 1950-х годах, Ливия считалась идеальным партнером по экспорту нефти на европейские рынки.

Инфраструктура, развитая за последние годы, включая газопровод в Италию и усовершенствование нефтеперерабатывающих заводов при помощи МНК, будет служить и разведанным месторождениям, что придает Ливии дополнительную экономическую привлекательность.

Только на 30% территории Ливии проводились поиски месторождений углеводородов. МНК неохотно делали инвестиции в геологоразведку пограничных провинций, однако современная история Ливии доказывает хорошую перспективную выгоду от исследований во вновь открытых палеозойских нефтяных системах. Разведочное бурение в бассейне Murzuq в начале 1980-х и последующее открытие гигантских месторождений, таких как Elephant в 1997, открыли огромную, первоначально принятую как неперспективную, нефтяную провинцию. Потенциал этих старых нефтяных систем, до сих пор плохой понятый и мало эксплуатируемый, громаден.

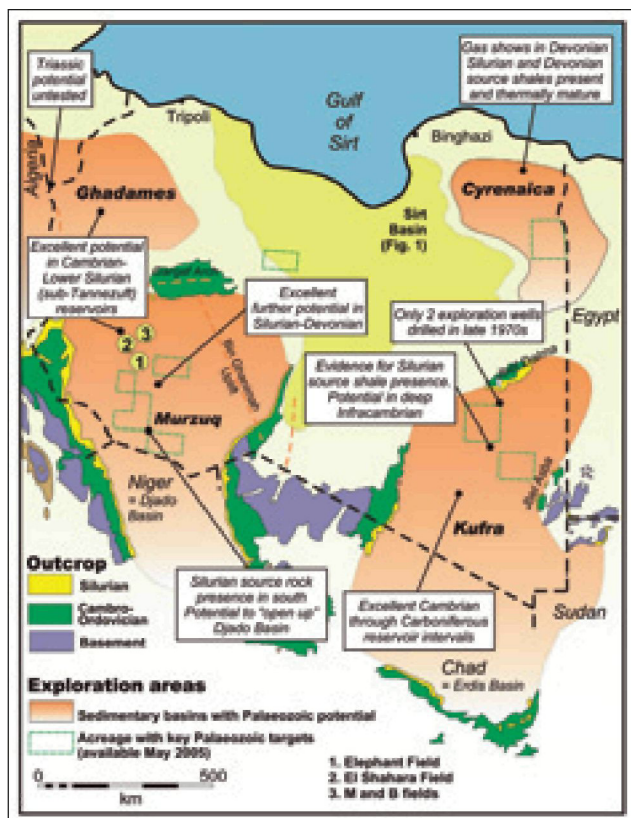


Рисунок 1 Карта, иллюстрирующая ключевые, перспективные и малоисследованные элементы Ливийской тектонически-активной провинции, региона, охватывающего район месторождений Sirt и шельфовые пограничные районы (юго-западный, западный и район Cyrenaica).

<sup>1</sup> Университет Лейбница в Ганновере, Германия (Leibniz Universität Hannover) первоначально совместно с CASP, Cambridge, E-mail: daniel.leheron@geowi.uni-hannover.de.

<sup>2</sup> Заведующий лабораторией Maghreb Petroleum Research Group, Университетский колледж (University College) Лондон, Email: b.thusu@ucl.ac.uk.

<sup>3</sup> www.firstmagazine.com.



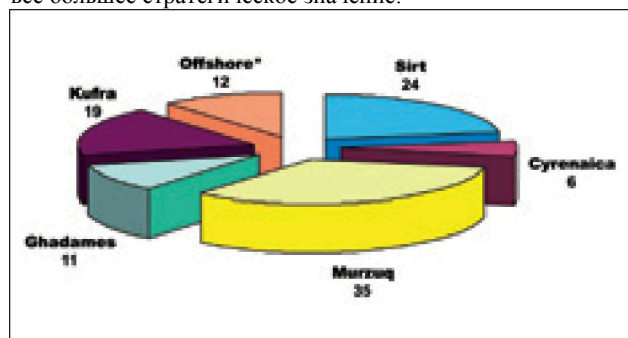
**Рисунок 2** Карта основных и перспективных бассейнов (май 2005 г.) в палеозойской мега-провинции. Эта провинция включает бассейны Ghadames и Murzuq в западной Ливии и бассейны Kufra, Cyrenaica и Dakhla в восточной Ливии. Все эти бассейны первоначально соединялись между собой, когда были отложены породы палеозойского возраста, составляющие коренные вмещающие породы, тело резервуара и перекрывающие толщи.

### Исследуемые территории

На основании возраста углеводородных бассейнов и их литологического состава, территория Ливии может быть разделена на две геологические провинции. Первая провинция, рассматриваемая в начале статьи, образует пояс тектонически-активных бассейнов мезо-кайнозойского возраста, который включает сложнопостроенный, богатый нефтью и хорошо изученный бассейн Sirt в центральной части северной Ливии, а также вновь открытые бассейны на северо-западных и северо-восточных участках шельфа (рис. 1). Обсуждение этой провинции привлекает дополнительное внимание к перспективности глубоких, плохо изученных с помощью бурения нижележащих палеозойских отложений.

Вторая провинция, показанная на рис. 2, представляет собой обширную региональную палеозойскую мега-провинцию, содержащую два внутриплатформенных бассейна в западной Ливии (Ghadames и Murzuq), и 3 бассейна, расположенных в восточной Ливии (Kufra, Cyrenaica и Dakhla на границе с Египтом). В палеозое все эти бассейны, по-видимому, соединялись друг с другом на относительно стабильной платформе, поскольку они имеют сходный осадочный состав и историю геологического развития: основные детали, такие как регионально распространенные коренные породы, близки по составу и

строению. Эта провинция предположительно содержит не вскрытые разведкой запасы углеводородов и приобретает все большее стратегическое значение.



**Рисунок 3** Остаточный углеводородный потенциал осадочных бассейнов Ливии (на основе оценок Ф. Кауда (Faraj Said), С. Каабера (S Kaaber) и И. Баггара (Ibrahim Baggar) опубликованных в Женеве в 1999 г.). На круговой диаграмме показана оценка запасов месторождений в 107 миллиардов баррелей на 1997 г., хотя относительные пропорции по каждому бассейну в настоящее время пересматриваются. "Шельф" включает перспективные территории в Средиземном море: бассейн Sabratha (Misrata Trough, Tripolitana), территории залива Сидра (Gulf of Sirt), и Cyrenaica (Gulf of Bomba, шельф Benghazi).

Тектонически-активная провинция (рис. 1)

### Бассейн Sirt (на шельфе)

Благодаря большой скорости открытия нефтяных месторождений, этот высокопродуктивный бассейн исторически является основным районом исследований на территории Ливии. Образование бассейна было спровоцировано поздне-герцинским сжатием дуги Sirt с направлением СВ-ЮЗ с образованием рифтового бассейна СЗ-ЮВ простирания с распространением горстов и грабенов. Процесс осадконакопления разделяется по времени на серии до-рифтовую, собственно рифтовую и после-рифтовую.

Основная часть нефтяных ловушек приурочена к горстовым структурам неглубокого залегания. Структуры типа грабен, имеющие потенциал не меньший, чем в случае структур типа горст практически не изучены, и поэтому рассматриваются в качестве основных объектов для исследований в бассейне Sirt.

Месторождения в бассейне Sirt имеют возраст формирования в течение 20 интервалов от докембрия до олигоцена, при этом основные месторождения приурочены к нижнемеловым нубийским песчаникам, хотя рифовые известняки палеоценового возраста, также являются крупными резервуарами углеводородов. Источником углеводородов являются верхнемеловые и палеоценовые глинистые сланцы и многочисленные ловушки образовались как в осадочных толщах, так и в углублениях фундамента.

Предшествующие исследования Дона Халлета (Don Hallett) позволили выявить потенциал глубинных нефтяных ловушек в бассейне Sirt. Халлет и Эл Гоул (Hallett and El Ghoul (1996)) показали, что всего лишь незначительное количество новых разведочных скважин, пройдя герцинские складчатые породы на глубине 3500 м, вскрыли нефтяные ловушки.



## Северная Африка / Средиземное море

*Современные исследования мезозойских нефтяных систем*

Триасовые нефтяные системы, относящиеся к ранним фазам развития бассейна Sirt (ранняя рифтовая фаза), известны в восточной части бассейна, в прогибе Maragh, а также могут встречаться вдоль оси прогибов Nameimat и Calanscio. Материнскими породами являются озерные глинистые сланцы средне-триасового возраста (кероген типа II и III), образовавшиеся из наземных и озерных растений. Известно, что огромное нефтяное месторождение Awjila-Nafurah частично имеет такое происхождение. Триасовые нефтяные системы в настоящее время плохо изучены и будут являться целью будущих исследований в этом регионе.

Пестроцветные глинистые сланцы среднемелового возраста, хотя и недостаточно изучены, являются высокопродуктивными материнскими породами и могут, согласно исследованиям Раска (Rusk, 2001), представлять значительный потенциал. В них содержание углерода органического происхождения составляет порядка 3%. Эти озерные и мелководные морские глинистые сланцы раннемелового возраста (баарем-ап), обнаружены в грабене Maradah и южной части прогиба Nameimat. В районе Sarig в южной части прогиба Nameimat из этих пород выделяются парафиносодержащие углеводы, в основном, керогены типа II и III. Эти материнские породы местами являются источниками для ловушек в окружающих породах. Предположительно распространенные на юге области Sarig, эти породы будут являться целью дальнейших исследований.

*Палеозойские резервуары глубокого заложения*

В центральной части бассейна Sirt разведаны месторождения, относящиеся к глубинным палеозойским резервуарам. В юго-западной части региона трещиноватые кварциты образуют структуры, которые могут быть нефтяными ловушками. Возраст этих резервуаров, образовавшихся вне зоны приливных течений на шельфе – поздний кембрий, ранний девон и девон-карбон. Огромный резервуар Attahady позднекембрийского возраста и резервуар Belhaden позднедевонского-раннекаменноугольного возраста расположены на юге центральной части бассейна Sirt. В прогибе Maragh на востоке бассейна Sirt, резервуарами являются трещиноватые песчаники формации Amal. Определения возраста по ископаемым остаткам показали, что верхняя часть формации Amal имеет триасовый возраст, тогда как нижняя, вероятно кембрийско-ордовикского возраста. Вероятные докембрийские движения в прогибе Maragh не изучены, а также пермско-каменноугольные пески могут являться резервуарами углеводородов.

Согласно оценкам, примерно 131 миллиард баррелей нефти уже добыто из резервуаров в бассейне Sirt, около 381 миллиардов баррелей может быть извлечено из материнских пород и около 250 миллиардов баррелей в настоящее время не поддаются извлечению. Ожидается, что основной объем этих резервуаров составляют глубинные дорифтовые палеозойские резервуары. На западной границе бассейна (грабен Hun) находятся материнские породы формации Tannezuft силурийского возраста. В соответствии с работами Belhaj, там содержится полный цикл палеозойских отложений, перекрывающий неисследованные резервуары кембрийско-ордовикского возраста.

*Восточная часть бассейна Sirt и Cyrenaica (шельф)*

В заливе Сидра (Gulf of Sirt), в шельфовой зоне Nueawfaliyah High, известны небольшие газовые ловушки в меловых-третичных отложениях, а материнскими породами для них, по-видимому, служат верхнемеловые сланцы,

распространенные в северной части. Эта территория будет являться объектом для новых исследований с применением 2D сейсморазведки.

*Известные глубинные палеозойские резервуары*

Ниже рассмотрены силурийские сланцы (формация Tannezuft), которые являются основными материнскими породами и кембрийско-ордовикские породы (группа Gargaf), служащие резервуарами для углеводородов в палеозойской мега-провинции.

В восточной части шельфа бассейна Sirt бурением обнаружены граптолитовые сланцы формации Tannezuft с локальными включениями базальных песчаников ордовикского или более раннего возраста. Потенциал верхнеордовикских морских резервуаров оценивается по наземным резервуарам в провинции Cyrenaica.

Палеогеографические реконструкции, произведенные Смитом и Кирки (Smith and Kirki, 1996), демонстрируют формирование мелководных морских резервуаров кембрийско-ордовикского возраста, содержащих силурийские сланцы, при этом геометрия резервуаров испытала влияние тектонических напряжений СЗЮВ направления. Эти интервалы не изучены, но сравнение со стратиграфией соседних территорий – платформы Cyrenaica и



Рисунок 4 Ледовые борозды скольжения в породах верхнеордовикской формации Matiniyat. Максимальное оледенение на территории Ливии произошло в позднем ордовике и именно осадочные породы этого возраста являются лучшими нефтяными резервуарами в бассейне Murzuq.

## Северная Африка / Средиземное море

бассейна Ghadames предполагает, что шельфовые районы бассейна Sirt, также может содержать элементы похожей углеводородной системы.

*Мезозойские и кайнозойские нефтяные системы*  
Тектонически-активная провинция бассейна также включает шельфовую зону Cyrenaica и пограничный наземный район Jabal Al Akhdhar. На шельфе Binghazi, обнаружено месторождение в нижнемеловых и верхнемеловых карбонатах с материнскими породами в виде юрских сланцев. Южная часть Binghazi, как наземная, так и шельфовая являются частями прогиба Ajdabiya мало исследованы и привлекают внимание для будущих инвестиций МНК.

На побережье происходит просачивание нефти через карбонаты эоценового возраста. Эти карбонаты (нуммулитовые известняки) эквивалентны породам формации Metlaoui в Тунисе и западной Ливии, где они образуют крупные резервуары (см. ниже). В наземной северо-восточной части Cyrenaica, нефть была разведана в 1970-х, раньше, чем в формации Metlaoui в Тунисе и западной Ливии. В начальной фазе исследований, важность этого открытия не принималась во внимание.

Одна глубоководная скважина была пробурена в заливе Bomba на северо-востоке провинции Cyrenaica, а также на побережье было пробурено несколько скважин в районе бассейна Marmarica. Эти скважины вскрыли



**Рисунок 5** Обнажения верхнеордовикских пород формации Matuniyat на северном фланге бассейна Murzuq, в ЮВ Ливии (область Gargaf Arch). Эти породы образуют резервуары в бассейне Murzuq. Кемрийско-ордовикские резервуары приобретают большую важность в бассейнах Ghadames и Kufra, а также на платформе Cyrenaica. Их привлекательность следует из их хорошей проницаемости и тесной связи с перекрывающими силурийскими материнскими породами. юрские осадки. Результаты оказались схожими с нефтяной скважиной на шельфе Binghazi и в этом районе сейчас проводятся активные исследования (по программе мая 2005 г.).

*Шельф северо-западной Ливии (бассейн Sabratha)*

Восточная часть этого региона практически не исследована. В этом районе, вместе с СВ частью провинции Cyrenaica, нижнеэоценовые карбонаты формации Metlaoui представляют большой интерес, так как далее к западу они показали большое содержание нефти и газоконденсата. Подобные же породы проявляются в прогибе Misrata и наземном бассейне Jifarah, хотя месторождения пока не обнаружены. Силурийские материнские породы, известные как “горючие сланцы”, также должны присутствовать. Они также присутствуют в триасовых отложениях, содержащих материнские породы, а так же в пермских.

*Перспективы бассейна Sirtu прилегающих территорий*  
Извлечение нефти из известных резервуаров может быть повышено с применением 4D сейсморазведки. Применение 3D сейсморазведки к известным продуктивным толщам позволит уточнить их границы

- Распределение триасовых и нижнемеловых материнских пород должно быть полностью изучено, ввиду их исключительной важности в восточной части бассейна
- Исследования объемов (низкое процентное содержание добытой нефти) указывают на стратегическую важность глубинных резервуаров на ЮВ бассейна
- Интервал докембрий-каменноугольный период представляет интерес в прогибе Maragh
- Мезозойские и палеозойские отложения в глубоком залегании заслуживают серьезного рассмотрения

## Палеозойская мега-провинция (рис. 2)

*Бассейн Ghadames*

Заглубленный бассейн Ghadames, этот второй по значимости бассейн в Ливии с точки зрения продуктивности, обнаружен во флювио-гляциальных отложениях среднесилурийского (формация Asacus) и девонского (формации Tadrart-A и Kasa) возрастов. Они были успешно исследованы, несмотря на неглубокое и глубинное заложение резервуаров.

*Современные исследования мезозойских резервуаров*

Анадарко (Anadarko) сделал значительные открытия в бассейне Berk-ine, в восточном Алжире, в триасовых отложениях. Ливийские аналоги так называемых резервуаров TAGI в восточном Алжире имеют исключительный потенциал в бассейне Ghadames, особенно с открытием сейсморазведкой погребенных палеодолин. Также как и алжирские аналоги, эти палеодолины могут служить как для накопления углеводородов.

*Силурийские резервуары*

В районе нефтяного месторождения 'Z' в западной части бассейна Ghadames, нижнесилурийские пески имеют нефтеотдачу до 1000 бареллей в день из так называемой толщи Z. Это толща коррелируется с верхней формацией Tannezuft, материнскими породами в своей нижней части в западной Ливии. Подобная нефтеотдача наблюдается на нескольких концессиях на северо-западе бассейна Ghadames.

## Северная Африка / Средиземное море

Амплитуда аномалий на переходе формаций Asacus-Tannezuft демонстрирует стратиграфическое изменение и выклинивание пород формации Tannezuft, на флангах многих структур. Сейсмостратиграфические 3/4D сейсморазведочные исследования позволят уточнить эти стратиграфические объекты для будущего разведочного бурения.

*Кембрийско-ордовикские резервуары*

В бассейне Ghadames не было сделано существенных открытий резервуаров кембрийско-ордовикского возраста, однако в соседнем бассейне Murzuq, средне- и верхнеордовикские пески представляют собой огромные резервуары на таких месторождениях, как Elephant (NC1 74). В этом районе, ордовикские пески часто перекрыты и питаются нижнесилурийскими породами формации Tannezuft ('горячими сланцами'). В бассейне Ghadames, также как и в бассейне Murzuq, сланцы формации Tannezuft являются основными материнскими породами (нефтеотдача более 200 баррелей нефти), хотя верхнедевонские сланцы формации Awaynat Wanin также имеют большое значение. Сравнение с соседним бассейном Murzuq не объясняет, почему кембрийско-ордовикские резервуары не могут иметь подобный же эффект. Несколько концессий были выбраны в качестве целей исследования по программе 2005 г. для изучения резервуаров и мест возможной аккумуляции в тектонических или гидродинамических ловушках.

*Бассейны Murzuq и Kufra*

Существующие геологические доказательства, показывают, что эти бассейны прошли сходную геологическую эволюцию, что указывает на общую историю и общий режим осадкоотложения, нефтеобразования, миграции углеводородов и образование нефтяных ловушек.

Бассейн Murzuq не считался перспективным в начале 1980-х, но 4 больших открытия, включая большое месторождение, а также 16 малых и 12 месторождений были разведаны с тех пор. Эти открытия подорвали предшествующий скептицизм относительно бесперспективности бассейна. Нижнесилурийские материнские породы, по оценке Лунига и др. (Lünig and co-workers, 2000), могут быть источником до 90% углеводородов в африканских палеозойских отложениях. Средне- и верхнеордовикские песчаники (рис. 4,5) служат основными резервуарами и основными целями разведки, тогда как верхнесилурийские пески формации Asacus играют в данном случае вторую роль. Основные месторождения, включая Elephant, El Shaha-ra M и El Shaha-ra, эти месторождения, признаны успешными по европейской программе исследований до появления на рынке американских компаний. В течение этой программы исследований, были разработаны новые концепции геологических исследований в 21 веке.

В настоящее время, бассейн Kufra является высокопотенциальным малоизученным бассейном, также как и бассейн Murzuq 25 лет назад.

Исследования палеозойских пород в бассейне Murzuq могут выиграть от сравнительного анализа нефтяных систем в соседних районах, таких как бассейн Illizi в Алжире.

*Силурские и девонские резервуары*

Хорошо известные в бассейне Ghadames, породы этих интервалов играют вторую роль после кембрийско-ордовикских отложений для бассейна Murzuq. Целями исследований являются пески с предполагаемым большим содержанием нефти, аккумулирующейся в узких долинах вблизи границы между силурийскими (формация Asacus) и девонскими (формация Tadrart) породами.

© 2007 EAGE

Позднедевонские (Fras-nian-Fammenian), хорошо известные в качестве материнских пород бассейнах Illizi и Ghadames, вероятно образуют региональный покровный чехол для девонских песков.

*Ордовикские резервуары и материнские породы*

Пески в верхней части кембрийско-ордовикской серии (формация Mamuniyat) являются очень важными целями исследований, из-за их близкой связи с трансгрессионными нижнесилурийскими материнскими сланцами, залегающими над ними. Эти сланцы образовались в ледниковых водоемах между "погребенными холмами", возникающими при отступлении позднеордовикского ледника (рис. 4). Погребенные холмы ограничивают фланги больших палеодолин, пропаханных ледниками и продуктами их разрушения. Долины служили местами накопления осадков, и в том числе чистых песков, образующих резервуары (рис. 5). Силурийские материнские сланцы образовались, когда долины еще не были целиком заполнены песком из ледниковых отложений.

По программе исследований 2005 для исследования верхнеордовикских материнских пород в бассейне Murzuq была основана МНК. Однако существует, по крайней мере, две различные сланцеватые серии материнских пород, разделяющие ледниковые пески в северной Африке. Их нефтеобразующий потенциал до сих пор не был изучен. Нижележащие мелководные пески формаций Naouaz или Ash Shabiyat являются перспективными резервуарами, но они реже находятся в прямом контакте с нижнесилурийскими материнскими породами и перекрываются вышележащими породами формации Mamuniyat. Последние являются превосходными резервуарами для ордовикских материнских пород в формации Ash Shabiyat с большей мощностью сланцев и хорошей проницаемостью кровли.

В бассейне Murzuq, породы верхнеордовикской формации Mamuniyat, подстилающими породами формаций Naouaz (средний ордовик) и Hassouna (кембрий) будут важными целями дальнейших исследований. На площадях, где известно распространение материнских сланцев формации Tannezuft, также предполагаются новые цели для исследований в южной оконечности бассейна Murzuq (имеет название бассейна Djado на территории Нигера).

*Потенциал кембрийских поздних докембрийских нефтяных систем*

Скважинами в бассейне Ghadames были вскрыты докембрийские кварциты формации Mourzidie, они также присутствуют в бассейнах Murzuq и Kufra. В бассейне Kufra, по сейсмическим разрезам были выделены большие отдельные бассейны с трехчленным заполнением осадочными породами. Эти древние породы похожи на эквивалентные по возрасту отдельные бассейны в Омане, включая трехчленное строение. В Омане, средний слой этих бассейнов содержит много органических включений. В бассейнах Kufra, Murzuq и Ghadames, не было предпринято серьезных попыток оценить потенциал докембрийских нефтяных систем, которые могут быть основным источником неразведанных запасов в Ливии.



## Северная Африка/Средиземное море

BASINS AGE	Sirt (onshore)	Sirt (offshore)	Ghadames	Murzuq	Kufra	Cyrenaica
Permian-Carboniferous	West: Unexplored. Gas potential (central area) Central: Sands with gas potential East: Volcanic sand reservoirs with oil/gas shown	Unstudied	Underexplored	Unstudied	Underexplored. Potential reservoir	Unstudied. Sand reservoir
Devonian	West: Unexplored but reservoir sands and possible source rocks Central: Highly prospective gas reservoirs - Belhaden field East: Unknown	Unstudied. Reservoir sands and source shale likely	Principal reservoir/source interval. Excellent additional potential	Secondary source, good quality sands. Underexplored	Underexplored. Good quality sands. Secondary source potential from shales	Excellent source and reservoir with gas potential
Silurian	West: Good quality, understudied source present Central: Unknown East: Unknown	Unstudied. Graptolitic shale with source potential recorded	Key reservoir/source interval. Z-2 pay within Tinnest Formation and stratigraphic traps. Underexplored	Principal source. Deltaic sand reservoirs. Unexplored, prospective	Underexplored. Source rocks understudied, lack of data, presence predicted in local pools	Excellent source potential. Underexplored
Ordovician	West: Unexplored, though good quality reservoir sand present Central: Understudied but gas prospective East: Lower Anadi oil producing sands	Reservoir sands	Underexplored but highly prospective	Principal reservoir and additional source potential	Unexplored. Reservoir characteristics similar to Murzuq, prospective	Underexplored. Good quality reservoir sand
Cambrian	West: Unexplored Central: Late Cambrian highly prospective. Excellent gas sandstone reservoir in Amshady field East: Lower part of Anadi formation - excellent oil reservoir	Reservoir sands	Underexplored. Prospective	Unexplored. Prospective	Unexplored. Prospective	Unknown. Possibly eroded
Infracambrian	West: Unknown Central: Unknown East: Possible presence in sand reservoirs of Murzuq Trough	Unknown	Unexplored	Unexplored. Half-grabens	Unexplored. Pull apart basin on seismic lines, similarities with Omani pays	Unstudied. Potential sand reservoirs

Рисунок. 6 Сводная упрощенная таблица палеозойских углеводородных проявлений и потенциала палеозойских нефтяных систем для хорошо изученных (Sirt), слабоизученных (Ghadames) и перспективных осадочных бассейнов (Murzuq, Kufra & S. Cyrenaica) на территории Ливии.

## Платформа Cyrenaica

Исследования мезозойских и третичных отложений. Благодаря новым данным 3D сейсморазведки, Арабская Нефтяная Компания Залива (АНКЗ) открыла новые месторождения в мезозойских отложениях на юге бассейна Binghazi в депрессии Soluq, на СЗ платформы Cyrenaica. К востоку от этих месторождений в районе Jabel Al Akhdar также имеется потенциальные месторождения в юрских и меловых отложениях. Будучи быстро опускающимся прогибом в течении мезозоя, этот район сохранил практически полную стратиграфическую последовательность пород.

Исследования в восточной части Cyrenaica могут повторить последние достижения в работах вдоль границы в Египте. В соседней Западной пустыне (Western Desert) в концессии El-Diur, значительные открытия были сделаны в нескольких углеводородосодержащих горизонтах в юрских и меловых отложениях. Разделяя множество стратиграфических черт мезозойских отложений на платформе Cyrenaica, материнские пласты должны проявиться в юрских-нижнемеловых отложениях.

## Глубинные палеозойские толщи

Большой неисследованный, перспективный палеозойский бассейн находится под поверхностью платформы Cyrenaica, которая погружается в направлении границы с Египтом, имеет замечательные сходства с бассейном Ghadames. Этот бассейн, являющийся фокусом второй фазы программы исследований 2005, до сих пор недостаточно исследован. Территория остается

малоисследованной вследствие больших достижений в соседнем бассейне Sirt. Обнаружены месторождения газа в девонских песчаных резервуарах (BP Well B1-2).

Силурийские и девонские материнские породы проявляются на платформе Cyrenaica. Это термически зрелые породы, и по сходству с районом соседней Западной пустыни должны присутствовать также и каменноугольные материнские породы. Вероятные ловушки должны проявляться в структурных углублениях, особенно часто резервуары находятся в структурных несогласиях верхнемелового возраста. Присутствуют также докембрийские и кембрийско-ордовикские последовательности осадков, сходные по составу и строению с осадками бассейна Kufra. В местах контакта этих пород с силурийскими материнскими породами могут образовываться превосходные резервуары.

## Перспективы для палеозойской мега-провинции

В отдельных новых районах в ордовикско-каменноугольных отложениях было выявлено не менее 14 потенциально продуктивных сланцевых слоев

■ Исследовательские усилия должны быть обращены на проявления неоднородностей в кембрийско-ордовикских отложениях и особенно в верхнеордовикских ледниковых отложениях. Эти исследования также необходимы для моделирования во время эксплуатационной фазы. В самом северном секторе бассейна Ghadames, карбонатные постройки с максимальными изменениями мощности также

проявляются в верхнем ордовике. Это требует детального изучения

- Поиски палеозойских нефтяных месторождений в Ливии не должны ограничиваться традиционными силурийскими и девонскими отложениями. Поскольку возрастает важность кембрийско-ордовикских резервуаров, новые концепции дают возможность использования в исследованиях трех новых материнских пород – один источник в формации Ash Shabiyat, и два других источника - в рамках формации Mamuniyat.

## **Выводы**

Краткий обзор, представленный в данной статье и обобщенный на рис. 6, демонстрирует высокий потенциал в обнаружении новых нефтяных месторождений, как на территории хорошо изученных, так и перспективных бассейнов. Многочисленные исследования, проведенные за последние семь лет, устойчиво выделяют Ливию как одну из основных целей МНК для поисков новых месторождений. Одна из ключевых трудностей для МНК – высокий риск поисков высокопродуктивных месторождений в глубоких мезозойских и древних палеозойских нефтяных системах, как в хорошо изученных, так и в перспективных провинциях. В подобных исследованиях необходим региональный подход с использованием поверхностных и глубинных наблюдений для выработки новых концепций исследования Ливийских осадочных бассейнов.