

Отложения Хуфф Пермско–Триасового возраста в Катаре – свод Южный Фарс, нефтегазоносной провинции в Персидском заливе

Khuff formation Permian–Triassic carbonate in the Qatar–South Fars arch hydrocarbon province of the Persian Gulf

Алиреза Башари (Alireza Bashari*)

С тех пор, как в 1948 были открыты основные газовые месторождения в Бахрейне, Ближний Восток, интерес у разведчиков вызывали отложения Хуфф (Khuff) (Пермско-Триасовые карбонаты). Несколько месторождений-гигантов газа (запасы более 10 tcf) были обнаружены в этом регионе. Были обнаружены очень большие месторождения газа в пермских отложениях на юге Ирана, особенно в прибрежной части Фарс (Fars), в Kangan, Dalan, Nar, Aghar, Bandubast, Mand, Varavi, Asaluyeh, и также в Персидском заливе (Рис. 1). Провинция Катар – Южный Фарс содержит легкую и тяжелую нефть (Bashari, 1988), помимо того, что является одной из важнейших газовых провинций в мире (Рис. 1).

Северное месторождение в Катаре является самым большим из всех гигантских месторождений газа Хуфф с общими запасами 436 tscf, на месторождении запланирована разработка в течение 200 лет при заданных темпах добычи. Оно занимает площадь 6000 км². Обычно, месторождения газа в Хуфф находятся неглубоко, между 2470 и 2830 м ниже уровня моря (Al-Marrī and Al-Bader, 1989). На самом деле, месторождение даже больше, чем обозначено, потому что оно пересекает политическую границу в Персидском заливе в водах Ирана (месторождение South Pars). Были сделаны попытки оценить протяженность месторождения в водах Катара, особенно к юго-востоку от разрабатываемых площадей. Существует большая вероятность, что текущие запасы в Северном месторождении увеличатся в результате этих работ (Al-Attayah, 1998).

В 1992 в Иране было открыто сверхгигантское месторождение South Pars в Персидском заливе, неподалеку от Северного месторождения в Катаре (Рис.1). Запасы в South Pars оценены как 436 tscf. (Petropars, 2005). Месторождение South Pars сформировалось в очень большой периклинали.

Северное месторождение и месторождение Южный Парс перекрывают широкую антиклиналь Катара, которая подразделяет осадочный бассейн Хуфф на два бассейна, расположенных на северо-западе и юго-востоке антиклинали.

Данная статья содержит описание карбонатов Хуфф в терминах литостратиграфии, биостратиграфии и также разработки месторождения.

Геологическое строение

За исключением северо-востока Ирана, Ближний Восток был устойчив с Кембрия по Средний Триас. Он был частью Аравийского массива и серединой Восточной платформы, которая являлась границей между северо-восточной и восточной частью положительного Афро-Аравийского массива. Отложения на этой платформе были подвержены лишь эпэйрогеническим движениям, которые прерывали осадконакопление локально или регионально.

С раннепермского времени до среднетриасового преобладающие фации на этом шельфе были карбонаты с несогласным перекрытием континентальных или мелководных морских обломочных пород нижнепермского или более древнего времени по всему региону.

Структурные особенности Персидского залива

На формирование структурных аномалий Персидского залива и близлежащих нефтеносных областей влияло три главных фактора:

- Движение глубоко залегающих солей (докембрийские соли Хормуз (Hormuz)), которое привело к росту купола и появлению диапировых структур
- Движение фундамента (Аравийские складки), которые привели к общему тренду с севера на юг в вышележащих отложениях.

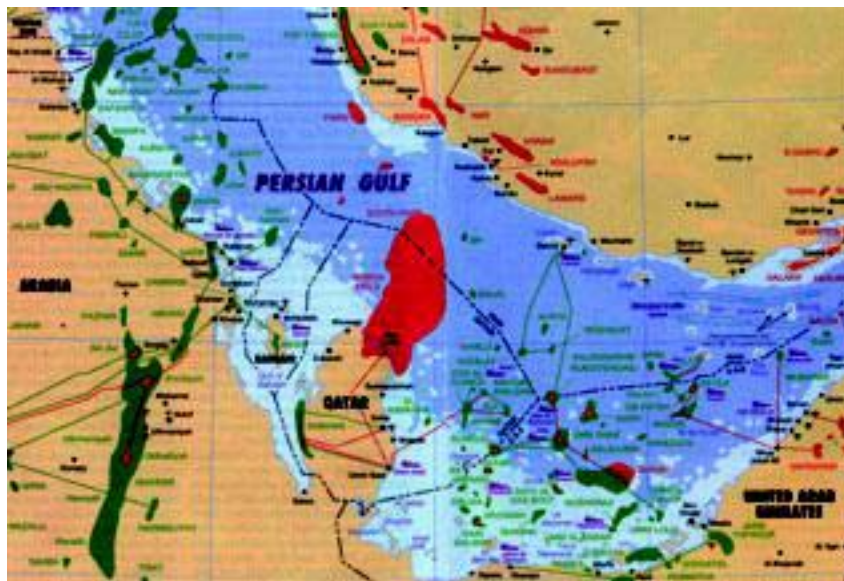


Рис. 1 Направление примерно ЮЗ-СВ. Воздействие латеральной неоднородности в этом месторождении считается наиболее значительным из геологических факторов, влияющих на добычу и планирование разработки (Clayton et al., 1997).

*Iranian Offshore Oil Company, Iran

о Поздний третичный (Альпийский) орогенез, вызвавший образование СВ-ЮЗ тренда, узких протяженных складок, параллельных подвижному альпийскому поясу.

Выклинивание пермских осадков говорит о наличии возвышенности на северо-востоке Загрос (Загрос), ориентированном горсте в фундаменте, известном как катарский свод. Свод отмечает примерное положение северо-восточного края древнего докембрийского – кембрийского морского бассейна (Kashfi, 1992). Считается, что он претерпел правосторонний сдвиг (Falcon, 1969), и является проявлением древнего структурного плана позднего докембрия на поверхности, что отделяет восточный бассейн позднего кембрия от западной провинции третичных отложений соли

(Kashfi, 1983). Свод имел заметное воздействие на разделение двух различных, но связанных бассейнов, вызвав крутое выклинивание и смену фаций в большей части мезозойских и третичных отложений в Персидском заливе и прилегающих областях.

После активности в раннем и среднем мелу происходили лишь малые и локальные тектонические движения вплоть до альпийского орогенеза в позднем миоцене-плиоцене. К этому времени складчатость Загрос уже сформировалась, и, к сожалению, некоторые из уже существующих отдельных структур около зоны интенсивной складчатости испытали ускоренный рост, хотя и не подвергались прямому воздействию. Более удаленные структуры на аравийской стороне Персидского залива были не затронуты и почти не подверглись эффекту орогенеза.

Ближе к Ирану, помимо, возможно, солевых палеоструктур, область Канган

характеризуется большими складками, параллельно «главной оси» Загрос (Stocklin, 1974). Эта альпийская тектоническая активность отражается в сближении Африки и Азии, столкновении двух континентальных плит (Comby et al., 1977), и до сих пор активна. Это видно по выходам складок формации Бахтиари (Bakhtiari) (плиоценовые отложения) к северу от Нара (Nar), по недавно образованным речным террасам и сейсмической активности в регионе (Khasfi, 1984).

Аравийская плита отдалается от Африки в СВ направлении вдоль Красного моря, которое расширяется со скоростью 1.2 см в год. Это приводит к сближению Аравийской плиты с Ираном (Edgill, 1992), складчатость и образование сбросов в осадках Загроса будут продолжаться, пока осадки не погрузятся под Иранскую плиту вдоль главного взброса. Также существуют данные, что Аравийская плита простирается под южным Ираном (Mortis, 1977).

Геологическое образование формации Хуфф

Формация Хуфф была выделена Steineke в 1937 и включает самые глубокозалегающие карбонатные породы в Центральной Аравии (Al-Aswad, 1997). Формация была названа в честь города Хуфф, ее возраст определяется как позднепермский и раннетриасовый. Формация Хуфф представляет собой самый сложнопостроенный коллектор на Ближнем Востоке. Сложное строение карбонатов может быть вызвано изменениями в осадочной обстановке, в которой они формировались, и критическим диагенезом. Отложения возраста поздней перми и раннего триаса, состоят из карбонатов и эвапоритов. Типы горных пород – известковый доломит, ангидрит и в меньшей степени глины – почти одинаковы на всей территории Персидского залива. Тем не менее, Хуфф часто разделяют на верхнюю и нижнюю части по распространению слоя ангидритов по названию Средний Ангидрит (Szabo and Kheradpir, 1978). Локальные литологические корреляции удобно проводить по реперным горизонтам ангидритов.

Осадочная обстановка формации Хуфф в провинции Южный Парс, Катар.

Катарский купол представляет собой карбонатную платформу, образованную в средней перми. Во время

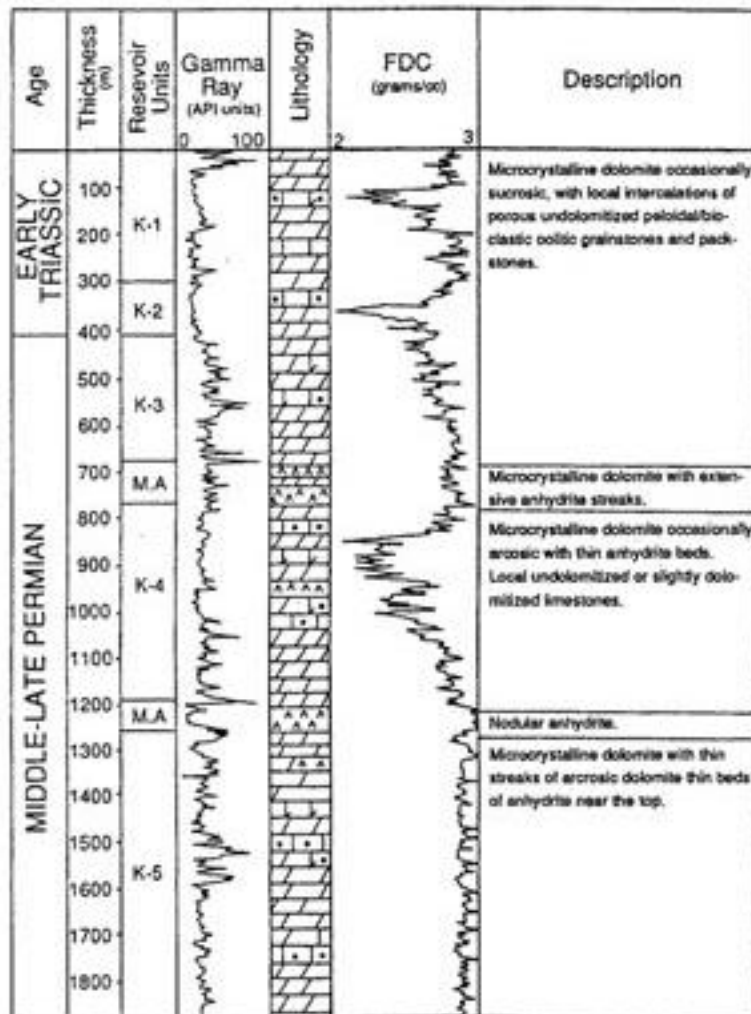


Рис. 2 Пять мегациклов в карбонатном коллекторе Хуфф.

пермского периода климат постепенно стал более теплым и влажным, поэтому большая часть эвапоритов была отложена в области Катара. Платформа описывается как дифференцированный карбонатный шельф (Muglis, 1980). В период заводнения платформы и высокого уровня моря, отложения формировались с малым привнесом терригенных осадков, или вообще его отсутствием. В более мелководных частях платформы откладывались чистые карбонаты, их тип зависел от окружающей обстановки, но типичны оолитовые пеллитозернистые известняки. На глубокой части платформы осадков было мало, откладывались только слабые известково-глинистые. В периоды низкого уровня моря отложились эвапориты, и обстановка была подходящей для доломитизации.

Формация Хуфф имеет мощность порядка 854 м (Alshahrhan and Nairn, 1997). Средняя мощность верхнего Хуффа на Северном месторождении 385 м, а общая мощность в NWD1 874 м (Рис. 2), он состоит из массивных приливных и надприливных доломитизированных аргиллитов и ангидритов (Schlumberger, 1981).

Цикличность

В карбонатном коллекторе верхний Хуфф выделяется пять мегациклов (K1-5), два из которых имеют триасовый возраст (Рис. 2). Самый нижний цикл (K-5) состоит из слабо глинистых доломитов и случайных пропластков ангидрита, перекрываемых мощным срединным ангидритом. Каждый из последующих четырех

циклов (K1-4) могут быть разбиты на подциклы и, в основном, имеют одинаковую литологию.

Диагенез и развитие коллектора

Порода-коллектор Хуфф претерпела много диагенетических последовательностей. Во время накопления осадков, большая часть Хуффа состояла из арагонита, но после захоронения, арагонит изменился до кальцита.

Петрографическое изучение коллектора Хуфф говорит о том, что некоторая часть арагонита была выщелочена после отложения, до того, как проявилось значительное уплотнение. В то же время, некоторые оолитовые частички также подверглись выщелачиванию, при этом образовались каверны, изолированные от межзерновой пористости. Интервалы зернистого известняка имеют связанную систему пор с хорошей эффективной пористостью (Рис.3, 4). Тем не менее, некоторая часть пор абсолютно зацементирована либо ангидритами, либо доломитами или кальцитом (Рис.5, 6), что понижает проницаемость и нефтеотдачу.

Коллектор Хуфф в течение геологического времени претерпел доломитизацию. Такие изменения при выщелачивании кальцита могут привести к образованию более пористого и проницаемого коллектора. Если кальцит выщелачивается после формирования кристаллической решетки доломита, то свойства коллектора определяются размером кристаллов доломита и пор. Чем больше кристаллы доломита, тем выше проницаемость и меньше остаточная водонасыщенность. Такой тип пористости называется межкристаллическим.

Случайно получилось так, что доломитизация привела к образованию отличного коллектора с высокой емкостью и проницаемостью. Напротив, известняки характеризуются очень низкой проницаемостью. Разница обусловлена межкристаллическими порами. Это позволяет сообщаться большим порам с межзерновыми порами (Middle East Well Evaluation Review, 1989).

Эта работа была основана на интеграции большого числа методов. Данные ГИС использовались для корреляции между пробуренными скважинами в Персидском заливе и близлежащих областях (Рис. 7). Хроностратиграфия проводилась по палеонтологическим характеристикам керна. Свойства коллектора определялись по статистическому анализу керна коллектора Хуфф.

Фундамент и нижележащие формации

Формация песчаников Фарагхан (Faraghan) залегает сразу над массивными карбонатами, оолитовые и/или пеллитовые известняки (формация Далан (Dalan)), которые содержат ангидритовые доломиты и оолитовые доломиты в средней части формации (Рис. 7). Комплекс Nag является самой разработанной областью в Персидском заливе и центральном Иране, он замещается ангидритовым доломитом скважине Khabier-Khu (Рис. 3). Толщина Nag уменьшается в скважине O-4 Bis в Персидском заливе до 80 м (Szabo & Kheradpir, 1978). Эта мощность и дальше уменьшается до 6 м на месторождении Фатех (Fateh) в Дубае (Alshahrhan, 1993).

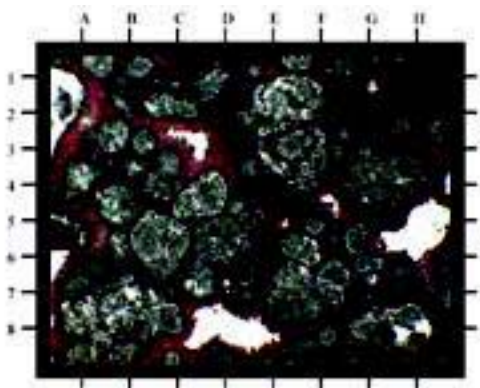


Рис. 3 Микритовый доломитовый песчаник с межчастичной пористостью (K4).

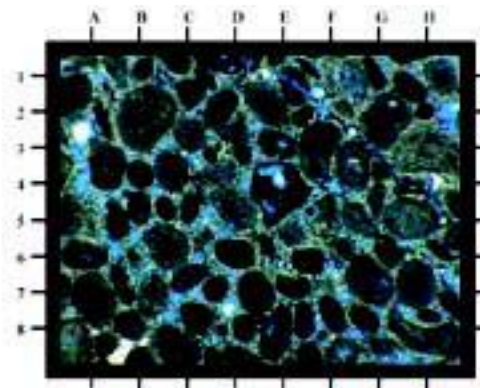


Рис. 4 Пористость доломитового песчаника с кальцитом (розовый цвет), межзерновая пористость (K4).

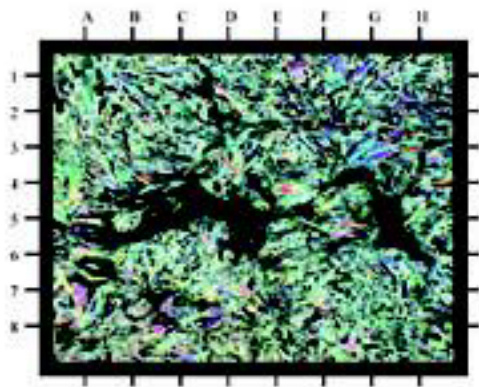


Рис. 5 Ангидритовые зерна с доломитовыми аргиллитами и мелкозернистым кристаллическим строением.

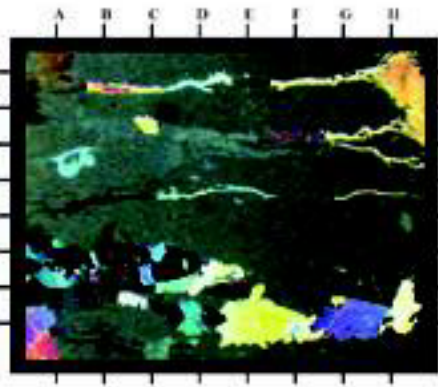


Рис. 6 Грубозернистый скелет, песчаник с межчастичной (B3) и межзерновой (B5) пористостью (K2).

Палеонтологические образцы

Angiolini et al., 1998 получили доказательства гвадалупского возраста формации Хуфф юго-восточного Омана. Rosen (1979) предложил, что Nag из Dalan и нижележащие карбонаты также гвадалупского возраста (Рис. 8). Дьюлфианская фауна (Djulfian) в основании формации Канган (Рис. 9) свидетельствует о том, что не было больших эрозионных циклов за время от перми до триаса. Только короткий

перерыв в осадконакоплении карбонатов был на юго-западе. Опять была регрессия, которая привела к отложению горизонтов сабха (sabkha) в формации Даштак (Dashtak). Морская обстановка так и не установилась до поздне триасового времени. Rosen (1979) обнаружил наличие верхнепермских (Djulfian) скоплений фораминиферов сразу ниже триасового (Scythian) скопления моллюсков. На обстановку регрессии на протяжении триаса

указывают в основном прибрежные отложения в формации Даштак.

Палеонтологические исследования в скважине O-4 Bis показали, что точно определить положение границы пермь-триас в этой скважине невозможно из-за доломитизации осадков. Образцы с глубины 8950 фт, 8970 фт и 8990 фт (агхарские глины) состоят из красно-коричневых глин и окаменелых доломитов и содержат микрогастроподы и немного

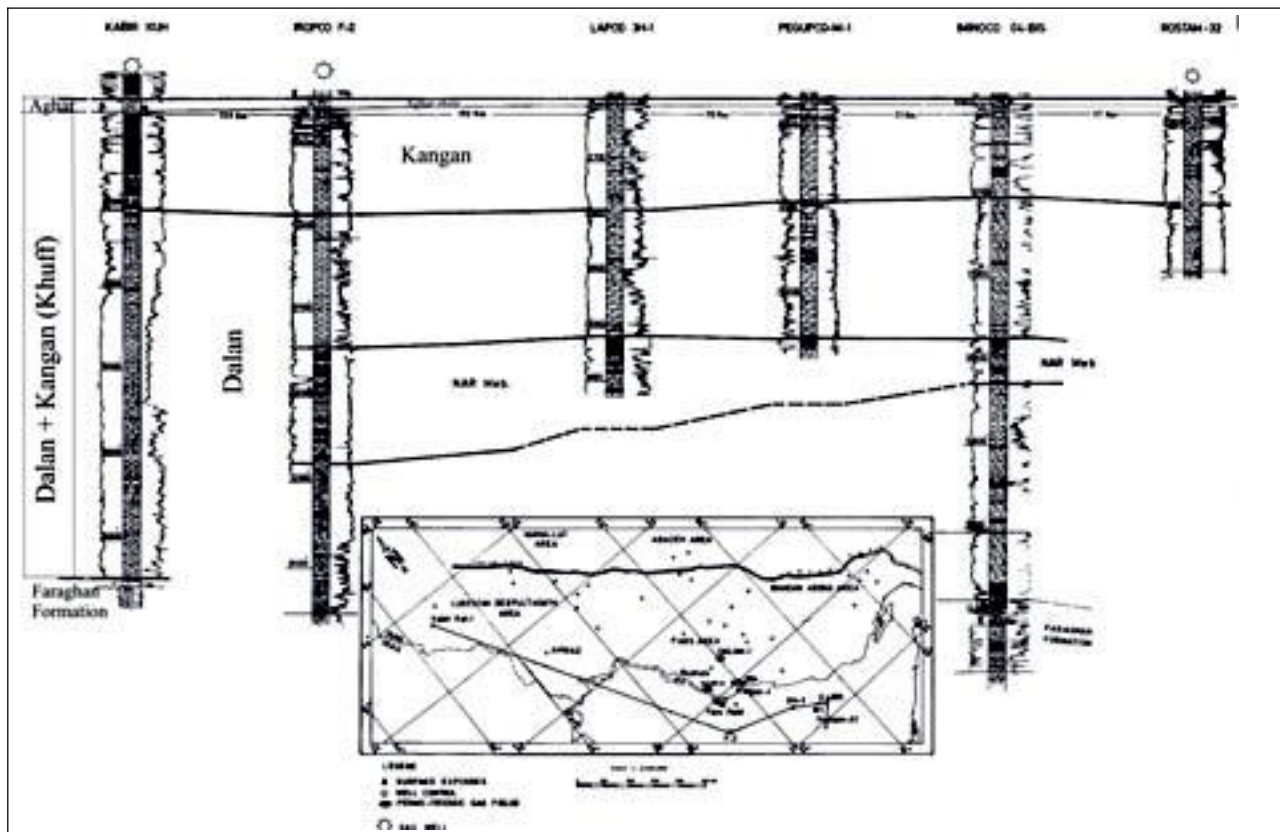


Рис. 7 Стратиграфическая корреляция между различными скважинами в Персидском заливе рядом с Кабир Кук (Kabir Kuk).

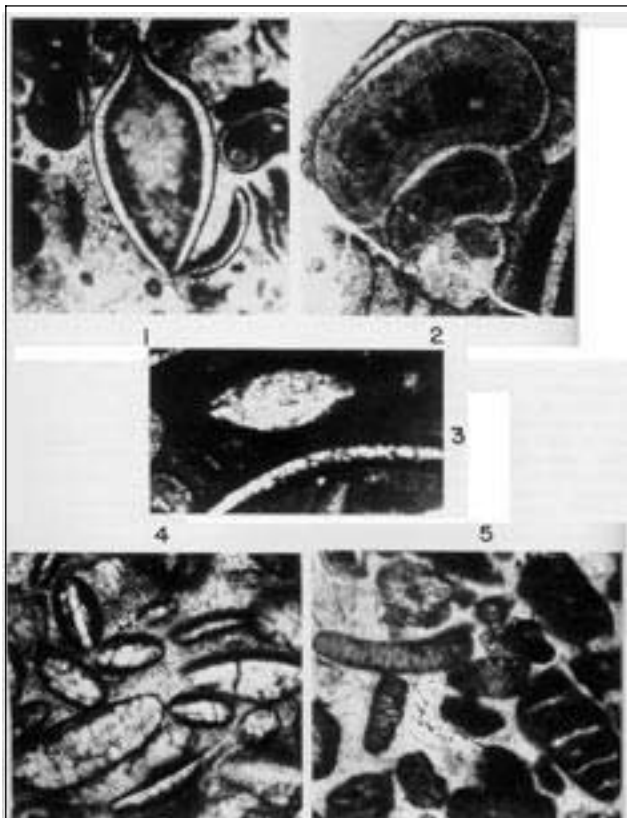


Рис. 8 Формация Далан. 8.1 формация Дьюфьян (Djulfian), содержит *Dagmarita chanakchiensis*, (x87); 8.2 Дьюфьян Dalan содержит *Paraglobivalvulina mira* (x35); 8.3 Дьюфьян Далан - *Frondia* (x 87), фауна на Рис. 8.1-3 говорит о прибрежной обстановке осадконакопления; 8.4 формация Guadaulupian Dalan - зернистый песчаник, содержит *Langella* и морские водоросли (x35), фауна свидетельствует о прибрежной и переходной зоне осадконакопления; 8.5 допермские мелкозернистые песчаники с менее тяжелыми минералами и многочисленными остатками растений (x35), Rosen (1979).

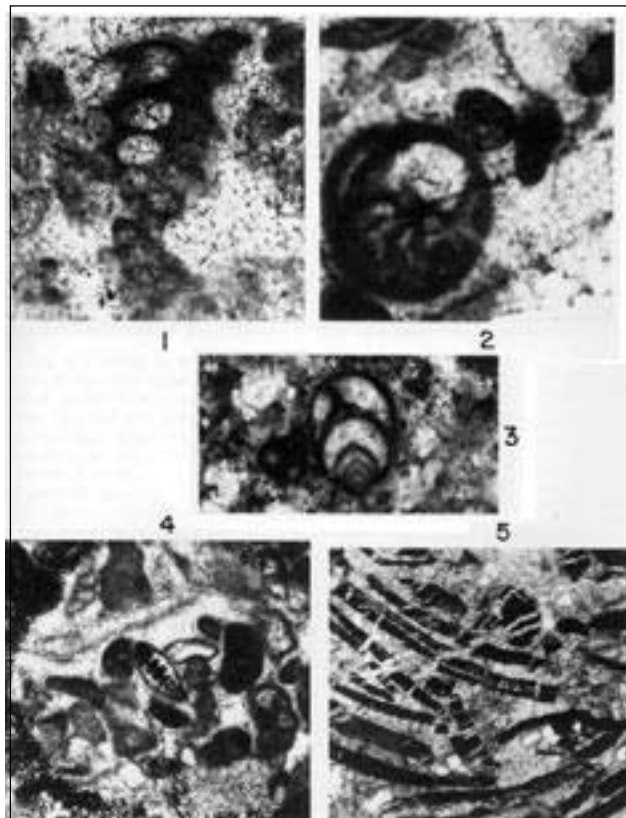


Рис. 9 Фауна формации Канган (все x35). 9.1 - песчаник верхнего Кангана, многочисленные пелециподы и гастроподы в микритовом матриксе, частично кристаллизованы. Две створки раковины пелециподов до сих пор сохранились, что говорит о спокойной, малоглубинной обстановке; 9.2 - песчаники верхнего Кангана, гастроподы; 9.3 - песчаники верхнего Кангана, содержат многочисленные останки остракодов и пелециподов; 9.4/9.5 - нижний Канган, псевдо-оолитовые/пеллитовые водорослевые песчаники с сильно перекристаллизованным матриксом. Эти фацции характеризуются интенсивной, малоглубинной, прибрежной или переходной осадочной обстановкой (Rosen (1979).

биогенные иероглифы. Именно такая фауна была обнаружена в базальных триасовых слоях скифского (Scythian) возраста в горах Алборз (Alborz) и также в центральном Иране. Следовательно, выше упомянутые образцы могут быть отнесены к раннетриасовому возрасту (Bronnemann et al., 1972).

Наличие *Ichthyolaria primitive*, *Paraglobivalvulina*, *Globivalvulina*, *Gymnocodium* и *Pachyphloia cukurkoyi* в интервале 9570 фт - 9890 фт свидетельствуют о позднепермском возрасте этого интервала (Djulfian, unpublished report, 1974).

Граница Пермь-триас

В свое время были ожесточенные споры о положении и состоянии пермско-триасовых отложений в регионе.

Reyer (1972) показал, что существует несогласие между формациями Хуфф и Судэр (Sudair) в некоторых скважинах в Персидском заливе. Сзабо и Хердапир (1978) (Рис. 7) сделали вывод о том, что пермские (формация Далан) и триасовые (формация Канган) в горной части Загроса разделены большим несогласием, отсутствует ярус Djulfian. Напротив, Rosen (1979) выделил фауну Djulfian и считает, что, по крайней мере, часть яруса Djulfian присутствует. Красновато-зеленоватые глины и глинистые известняки и доломиты (Szabo and Kheradpir, 1978), которые, по всей видимости, разделяют формации Далан и Канган, имеют ограниченное распространение. Считается, что были лишь временные перерывы в осадконакоплении карбонатов, а не угловое несогласие.

Djulfian на месторождении Салман был выделен и считается коррелятом (граница сиквенции второго типа) по отсутствию дорашамьянского яруса (Dorashamian) (Lotfpoor et al., 2000). Палеонтологические останки в Персидском заливе говорят об отсутствии несогласия между формациями Канган и Далан, или другими словами, в формации Хуфф (Bashari, 1988).

Литостратиграфическая корреляция

Сильно радиоактивные глины Агхар формации Даштак наиболее распространены и легко выделяются как стратиграфическая единица по всему Персидскому заливу

и в близлежащих областях (Рис.7), они обозначают верхнюю границу формации Хуфф в этой области. Основные региональные вариации мощности формации Даштак выделяются по карте изопахит (Рис.10). Эта карта также показывает тренд пост-триасового несогласия, которое смыло верхнюю часть триасовых осадков. В некоторых областях Персидского залива эрозионная поверхность интенсивно срезает формацию Даштак. В результате, триасовые отложения (Даштак) тоньше на антиклинальных структурах, где на них больше всего действовала пост-триасовая эрозия.

Граница триас-юра в области Загрос обозначена крупным несогласием. Загрос после относительно устойчивого периода во время перми и среднего триаса снова стала активной, и эрозия разрушила большую часть триасовых отложений в некоторых областях. В Персидском заливе исследования показывают, что поднятие и последующая эрозия в некоторых скважинах (04-Bis и R-32) привела к смыву формации Даштак триасового возраста (Bashari, 1990). Рис. 11 изображает структурную карту по кровле формации Хуфф в этом регионе.

около 55% начальных запасов газа в Северном месторождении. Этот слой самый мощный и богатый в терминах концентрации конденсатов. К-2 самый распространенный во всем Северном месторождении. Коллектора К-2 и К-3 содержат около 37% оцененных запасов газа. Начальная добыча будет вестись из купола коллектора К-4 (Рис. 12). Это самый большой и богатый из четырех слоев, концентрация конденсата оценивается в 40 bbl/MMscf. Он также содержит наименьший процент H_2S 0.6 mol % (Al- Marri and Al-Bader, 1989).

Нижний Хуфф иногда делят на три коллектора, разделенных тремя непроницаемыми слоями. Коллекторы в Хуфф богатые, обычно, с высокой пористостью и проницаемостью, вероятно, осложнены трещиноватостью. Пеллитовые биогенные и оолитовые известняки, что обнаружены в NWD-6 и QMD-1A, являются хорошими коллекторами. Низкая проницаемость связана с ангидритовыми доломитами, они образуют отличные покрывки для карбонатной платформы.

и минерализацию, но сложно получить хороший образец из сильно трещиноватых интервалов. Более того, так как Хуфф часто имеет мощность более 750 м, редко берут керн со всей формации. Это значит, что трещиноватость необходимо дополнительно оценивать по данным ГИС, помимо исследований керна.

Электрометрия скважин говорит о том, что в формации Хуфф в Абу Дабби 81% открытых трещин находится в доломитах, только 18% в известняках. 1% всех открытых трещин находится в породах с ангидритовым цементом (Loutfi et al., 1989). Тонкослоистое исследование текстурных особенностей горных пород говорит о том, что большая часть трещин появляется в глинистых породах, гораздо реже трещины встречаются в пористых известняках. Области с низкой пористостью обладают немного большей трещиноватостью из-за большей хрупкости при меньшей пористости. Трещины обычно лучше развиты и более интенсивны в массивных интервалах (Middle East Well Evaluation Review, 1989).

Трещины

Трещины увеличивают добычу на многих месторождениях Хуффа, особенно в областях с низкой пористостью. На Северном месторождении обнаружено, что интервалы с низкой пористостью значительно осложнены трещинами. Системы трещин часто сложно оценить, потому что они сконцентрированы в зонах с низкой пористостью, где редко берут образцы керна. Исследования керна являются отличным способом оценить плотность трещиноватости

Изображения скважин и керна говорят о том, что трещины в формации Хуфф вертикальные или очень крутые, обычно больше 70°. Большая часть трещин ориентирована параллельно структурным осям месторождений. Напряжение сжатия, что сформировало горы Загрос на севере, возможно, способствовало сохранению скважин открытыми и/или раскрыло трещины, прежде сцементированные (Loutfi et al., 1989).

Свойства коллекторов

Коллектор верхнего Хуффа в Северном месторождении содержит мало цемента. В основном можно выделить четыре главные пористые зоны. К-4, самая нижняя зона верхнего Хуффа, содержит

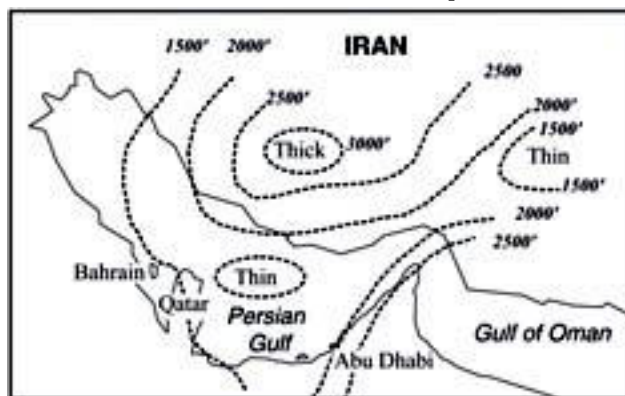


Рис. 10 Карта изопахит триаса: формация Даштак (Bashari, 1990).

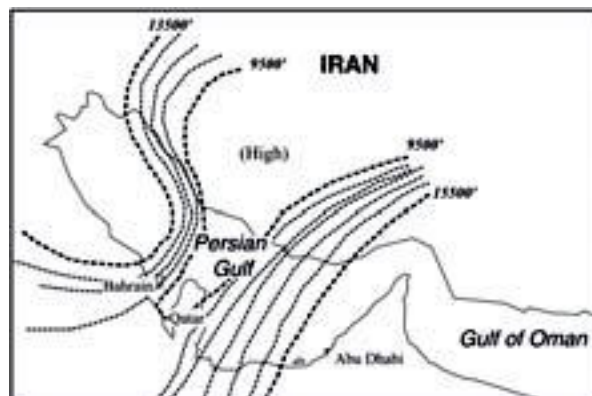


Рис. 11 Структурная карта кровли формации Канган (Хуфф) в Персидском заливе (Bashari, 1990).

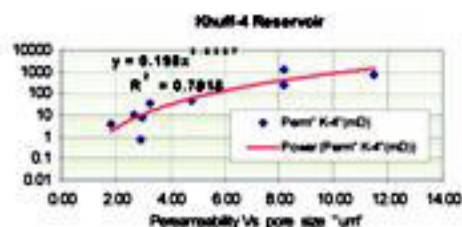
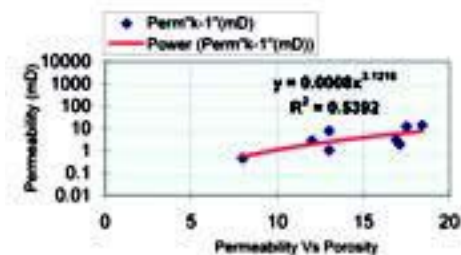
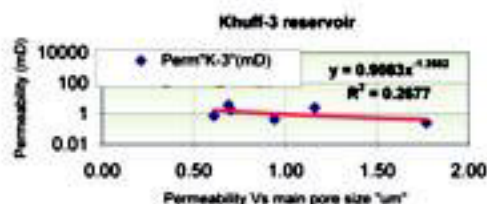
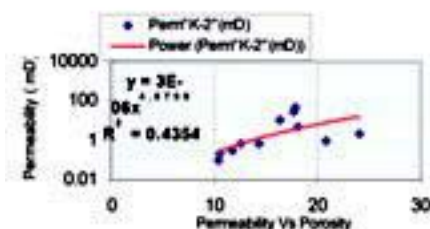
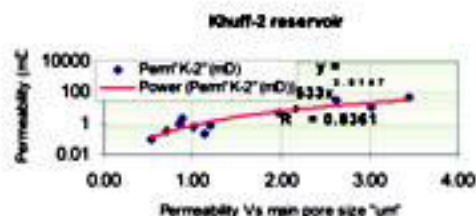
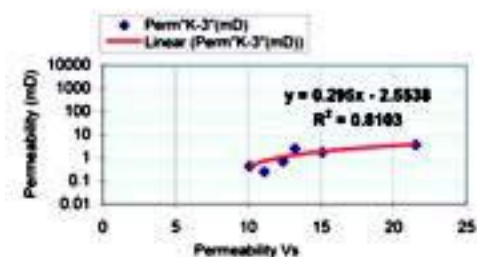
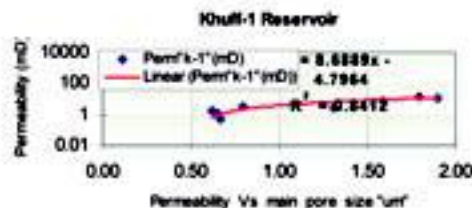
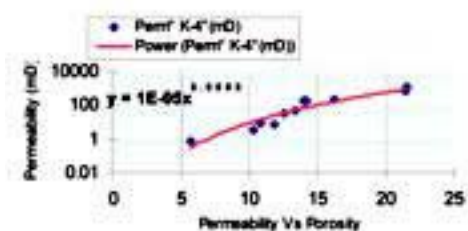


Рис. 12 Проницаемость-пористость для различных коллекторов формации Хуфф.

Рис. 13 Проницаемость - средний размер пор для различных коллекторов формации Хуфф.

Ориентации некоторых скважин имеет отношение к близлежащим разломам, и как разломы, так и трещины могут служить путями для вертикальной миграции углеводородов.

Пористость и проницаемость

Оценка коллектора показывает, что пористость распределена неравномерно. Петрографические исследования и кросс-плоты петрофизических характеристик говорят о важных соотношениях между различными типами горных пород в коллекторе Хуфф. При связанной пористости наблюдается максимальная проницаемость. Проницаемость некоторых из этих пород превышает 1000 мД (Рис. 12). Также высокая пористость обнаружена в малоглубинных зернистых отложениях в

в верхней части верхнего Хуффа. Тем не менее, большая часть этой пористости состоит из несвязанных пор. Хотя такие породы часто имеют высокую пористость, их проницаемость мала. Кросс-плот проницаемость-пористость для коллектора К-3 говорит о линейном тренде (Рис. 12); Диаграмма проницаемость-пористость для коллектора К-2 по доступным образцам более разбросана, что обычно говорит о смешанной литофациальной природе (Рис. 12).

Кросс-плот проницаемость - средний размер пор для всех четырех коллекторов Хуффа показывает линейное соотношение с ожидаемой дисперсией для малых пор и низкой проницаемости (Fig 13).

Заключение

Свод Фарс в южной части Катара является одним из наиболее перспективных геологических объектов в мире, он объединяет более 15 гигантских месторождений газа. Также существует вероятность, что осталось много неоткрытых коллекторов с газом в этом регионе.

○ Осадочная обстановка и постседиментационные изменения (диагенез) играли одинаково важную роль при образовании коллектора Хуфф, и как результат свойства коллектора изменяются как по вертикали, так и по горизонтали.

○ Коллектор Хуфф в этой провинции широко распространен и в основном обладает высокой пористостью и проницаемостью, повышенной за счет трещин. Пеллитовые биогенные мелкозернистые песчаники

и оолитовые песчаники, обнаруженные в формации Хуфф, в большинстве своем хорошие коллектора. Массивные ангидриты и ангидритовые доломиты формации Даштак обладают низкой проницаемостью и образуют идеальную покрывку для коллекторов Хуфф.

О Наличие главных несогласий, разделяющих пермскую формацию Далан, не было установлено по ограниченному числу скважин в Персидском заливе. Прослеживание реперных горизонтов пермско-триасовых осадков и палеонтологические останки свидетельствуют в пользу согласного залегания этих осадков.

Благодарности

Выражается большая благодарность P.F. Ballance (Geology Department, University of Auckland) за комментарии к статье.

Ссылки

Aalund, L. R. [1998] Sizzling Qatar boom sparked by foreign money, technology, and gas. *Oil & Gas Journal*, **96**, 17, 33-51.
 Al-Aswad, A.A. [1997] Stratigraphy, sedimentary environment and depositional evolution of the Khuff Formation in the south-central Saudi Arabia.: *Journ. Petrol. Geol.*, **20**, 3., 307-326.
 Al-Marri, A. and Al-Bader, A. [1989] Qatar North field target 1990 completion. *Oil & Gas Journal*, **74**, 22, 64-74.
 Alshahrhan, A. S. [1993] Facies sedimentary environment of Permian Carbonates (Khuff Formation) in the United Arab Emirates. *Sedimentary Geology*, **84**, 89-99.
 Alshahrhan, A. S. and Nairn, A. E.M. [1997] *Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East*. Angiolini, L., Nicora, A. Bucher, H., Vachard, D., Pillevuit, A.; Platel, J.P.; Kack, R.; Baud, A.; Broutin, J.; Al-Hashmi, H. and Marcoux, J. [1998] Evidence of Guadalupian age for the Khuff Formation of southern Oman: Preliminary report (with palentological appendix by Nicora, A). *Rivista italiana di Palenontologia e Stratigrafia*, **104**, 3, 329-340.

Bashari, A. [1988] Occurrence of heavy crude oil in the Persian Gulf. In: Myer, R.F. and Wiggins, E.J. (Eds) *Fourth International UNITAR/UNDP Conference on Heavy Crude and Tar Sands*, 204-214.
 Bashari, A. [1988] Permian-Triassic boundary of Carbonate sediments in the Persian Gulf. *6th Geological Symposium of Iran*.
 Bashari, A. [1990] Distribution of Khuff Gas Reservoirs in the Persian Gulf. *3rd National Conference on Oil, Gas and Petrochemical*.
 Bashari, A. [2005] Permian-Triassic Carbonate, Kangan & Dalan formations in the hydrocarbon province of the Qatar- South Fapc Arch in the Persian Gulf, *6th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE Europe*.
 Bronnimann, P., Zaninetti, L., and Bozorgnia, F. [1972] Triassic (Scythian) smaller foraminifera from the Elik Formation of the Central Alborz, northern Iran, and from the Siusi Formation of Dolomites, northern Italy. *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud*, **21**, 861-884.
 Clayton, C., Cook, R., and Hyde, T. [1997] Multiple 3D Scenario Modelling of Reservoir Heterogeneity in the Khuff Carbonate of the South Pars Field, Offshore Iran. *AAPG Bulletin* (abstract), **81** (8), 1366-1367.
 Comby, O., Lambert, C.L., and Coajou, A. [1977] An approach to the structural studies of the Zagros fold belt in the EGGO agreement area. *Second Geological Symposium of Iran*, Proceedings, Iranian Petroleum Institute, Edgell, H.S. [1992] Basement Tectonics of Saudi Arabia as related to oil field structures. In: M. J. Rickard et al. (Eds) *Basement Tectonics*, 9, 169-193. Kluwer Academic Publishers.
 Falcon, N.L., [1969] Problems of the relationship between surface structures and deep displacements, illustrated by the Zagros Range. In: Kent, P.E., Statherwaite, G.E., and Spencer, A.M. (Eds). Time and place in orogeny. *Geo.Soc. Lond. Spec. Pub.*, 3, 9-22;
Journal of Paleontology, **53**, 1, 92-97.
 Kashfi, M.S. [1983] Variations in tectonic styles in Zagros geosyncline and their relation to the diapirism of salt in

southern Iran. *Journ. Petrol. Geol.*, **6**, 195-206.
 Kashfi, M.S. [1984] Source bed study of the Oligo-Miocene Asmari limestone, SW Iran. *Journ. Petrol. Geol.*, **7**, 419-428.
 Kashfi, M.S. [1992] Geology of the Permian super-giant gas reservoir in the greater Persian Gulf, : *Journ. Petrol. Geol.*, **15** (4), 465-480.
 Loutfi, G. and Abul Hamd, M. [1989] Permian Khuff in Abu Dhabi: Geological re-evaluation using well logs, cores, testing, and seismic data. *SPE Middle East Oil Technical and Exhibition, Bahrain*.
 Loutfpour, M. and Moallemi, A. [2000] Biostratigraphic and Lithostratigraphic studies of the Khuff Formation in the Salman Field in the Persian Gulf, *4th Symposium Geological Society of Iran (Abstract)*; *Middle East Evaluation Review*, 7, 1989.
 Murris, P. 1977. Basement structure as suggested by aeromagnetic survey in SW. Iran. Second Geological Symposium of Iran, Proceeding Iranian Petroleum Institute, pp. 294-307, Tehran.
 Murris, P. 1980. Middle East, Stratigraphic Evaluation and Oil Habit. *AAPG, Bulletin* **64** (5), 597-618.
 Petropars, 2005, www.offshore-technology.com/projects/southpars.html
 Petroconsultants. S.A. 1990. Plate of map, Qatar, May 1990.
 Reyer, D. 1972. Element pour La Stratigraphie Du Permo-Trias Arabo-Persique. Societe elf Pour La Recherche Et L'exploration des Hydracarbonnes p.46.
 Rosen, R. 1979. Permo-Triassic Boundary of Fapc-Persian Gulf area of Iran. *Journal of Paleontology*, **53**, (1) 92-97.
 Schlumberger, 1980. North West Dome Khuff Gas Reservoir Qatar. Schlumberger, 1981. Well Evaluation Conference- Arab Emirates/Qatar. Schlumberger Service Tech. Paris, France, 271p.
 Stocklin, J., 1974. Possible ancient continental margins in Iran: Geology of the Continantal margins, Springer Verlag, New York, 873-887
 Szabo, F. and Kheradpir, A., 1978. Permian and Triassic Stratigraphy Zagros Basin, South Iran. *Journ. Petrol. Geol.*, **1** (2), 57-82.