

УДК 553.98(55)

Нехаев А.А.ООО «Геопрогноз», Санкт-Петербург, Россия, geoprognoz@rambler.ru

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ БЛОКА ЛАЛИ В МЕСОПОТАМСКОМ КРАЕВОМ МЕГАПРОГИБЕ НА ЮГО-ЗАПАДЕ ИРАНА

Приведены данные по геологическому строению нефтегазоносных толщ блока Лали провинции Дезфул, которая наиболее богата запасами углеводородного сырья в Центральной части восточного борта Месопотамского краевого мегапрогиба на юго-западе Ирана. Описаны основные коллекторы и кратко охарактеризованы месторождения блока Лали. Рекомендованы перспективные для освоения объекты по двум горизонтам – Асмари и Банжестан.

***Ключевые слова:** нефтегазоносность, коллекторы, месторождения, перспективные объекты.*

Исламская Республика Иран является одной из ведущих нефтедобывающих стран мира с доказанными запасами нефти 137,49 млрд. барр. Нефтяные месторождения Ирана относятся к 24 крупнейшим мира с запасами: Ахваз – 17, Марун – 16, Гашаран – 15, Агаджари – 14 млрд. барр.

Крупные нефтяные месторождения внутреннего (складчатого) борта объединяются в Загросский (месторождения Агаджари, Гашаран и др.) и Эрбильский (иракское месторождение Киркук и др.) ареалы зон нефтегазонакопления, охватывающие частично восточный борт Месопотамского прогиба и внешнюю зону Загроса. Зоны нефтегазонакопления этих ареалов представляют собой узкие антиклинальные пояса, простирающие которых соответствует господствующему северо-западному простираению складчатой системы Загрос.

С раннего палеозоя до позднего миоцена была накоплена большая масса осадков, состоящих главным образом из известняков, сланцеватых глин и мергелей, поскольку район являлся областью стабильного шельфа с почти непрерывным отложением осадков. В триасовое время тектоническая деятельность разделила современную территорию Ирана по линии, вдоль которой позднее образовалась надвиговая зона Загрос. К юго-западу от этой зоны тянулся морской трог, а северо-восточнее происходило вздымание территории. Образование крупных складок привело к нескольким длительным периодам субэразальной эрозии, что нашло отражение в несогласиях между третичными и мезозойскими породами. В юго-западном трогe продолжалось непрерывное отложение осадков в морских условиях до резкого вздымания гор Загроса в поздне-третичное время. Накопление переслаивающихся эвапоритов, песчаников, аргиллитов и мергелей в миоцене-плиоцене свидетельствует об

изменении условий осадконакопления вследствие изменения тектонической активности. Позже юго-западная часть бассейна была приподнята и в его пределах образовались синклинали и антиклинали. Сочетание благоприятных условий привело к формированию одной из самых крупных нефтеносных провинций мира, характеризующихся наличием многочисленных нефтематеринских отложений, хороших покровов, мощных пластов-коллекторов, крупных антиклиналей.

Основной генерирующей углеводороды толщей в Загросе являются глинистые сланцы нижнемеловой формации Каждуми (Kazhdumi) и ее возрастного аналога - формации Гарау (Garau). Содержание органического вещества достигает 12 %. Нефти, генерированные формацией Каждуми, характеризуются высоким содержанием серы, тогда как нефти, связываемые с формацией Гарау, малосернистые.

Верхнемеловые, богатые органическими соединениями сланцы Гюрпи (Gurpi) также считаются источником углеводородов. Общее содержание органического вещества в них составляет 6,9 %. Определенным генерационным потенциалом обладают и глины эоцен-палеоценовой свиты Пабдех (Pabdeh). Основными газогенерирующими толщами считаются глины ордовика-силура.

Регионально продуктивные горизонты связаны с отложениями миоцена (нижний Фарс), олигоцен-нижнего миоцена (Асмари), эоцена и мела (неоком, альб, сеноман-турон), юры (Араб) и триаса. Коллекторами в этих стратиграфических подразделениях являются карбонатные породы.

Основные выявленные запасы нефти приурочены к карбонатной толще Асмари. Коллекторы представлены трещиноватыми известняками, доломитами и песчаниками. Строение толщи неоднородно. В зависимости от фациальных условий в одних местах она представлена фораминиферовыми мелкозернистыми известняками с небольшой первичной пористостью, в других - рифовыми известняками со значительной первичной пористостью и проницаемостью. Местами толща Асмари содержит прослойки ангидритов и соли. Общая толщина карбонатной толщи Асмари составляет 300-400 м, достигает 500-800 м. Глубина залегания колеблется от 1200 до 3200 м. Пористость известняков обычно небольшая, в пределах от 5 до 10%, редко достигая 20%. Значения проницаемости достигают примерно 30 мД. Эффективная проницаемость, порой достигает нескольких Дарси.

Коллекторские свойства толщи Асмари зависят от трещиноватости, а также диагенеза и замещения кальцитового цемента ангидритовым. По промысловым данным средневзвешенная пористость продуктивных коллекторов варьирует от 2 до 7%. Наличие

поглощений и нефтегазопроявлений в процессе бурения, а также гидродинамические исследования скважин показывают присутствие высокопроницаемых коллекторов [Смирнов, Жукова, Степанов, 2009]. Именно наличие трещин независимо от их происхождения, по мнению некоторых исследователей, объясняет высокую продуктивность пластов-коллекторов Асмари, причем частота и размеры трещин целиком определяют продуктивность зон [Голф-Рахт, 1986]. Сети трещин разделяют известняки на блоки различных размеров. Из пор этих блоков углеводороды легко переходят в свободно текущие в трещинах потоки, посредством которых осуществляется миграция на глубину и латерально. Таким образом, миграция микроневти, образования скоплений макроневти и возможность ее добычи обусловлены трещиноватостью известняков Асмари [McQuillan, 1973].

Примерно 90% всей нефтедобычи в поясе складок Загрос производятся из коллекторов толщи Асмари. Залежи в толще Асмари характеризуются высокими дебитами. Начальные дебиты скважин составляют 1000-2000 т/сут., нередко достигая 2500-3000 т/сут.

Пористость карбонатов верхнемеловой группы Банжестан (формации Илам и Сарвак) изменяется от 4 до 25%. Максимальные значения пористости наблюдаются в рифовых фациях. Продуктивность коллекторов во многом связана с развитием вертикальной трещиноватости и диагенетическими процессами. В месторождениях Ахваз, Биби Хакимех, Бинак, Гачсаран, Марун, Рамшир и Раг-э-Сафид нефть добывается из коллекторов формации Сарвак. Трещиноватые верхнемеловые карбонаты Илам также считаются потенциальными коллекторами.

Также регионально продуктивными являются карбонатные породы нижнемеловой группы Кхами (Khami), которые насыщены, в основном, легкой нефтью и газом (месторождения провинции Кужестан).

Газонасыщенными являются коллекторы пермско-триасового комплекса.

Региональной крышкой для нефтяных залежей формации Асмари выступает мощная толща эвапоритов свиты Gachsaran (толщина - от 600 до 1200 м); для ловушек в карбонатах группы Банжестан (Сарвак) - глины Гурпи и глинистые карбонаты Илам; для карбонатов группы Кхами - глинистые сланцы формаций Гарау, Гадван и Каждуни. Нижнеюрские глины являются крышкой для пермско-триасовых коллекторов.

Месторождения Юго-Западного Ирана группируются в отдельные зоны нефтегазоаккумуляции, приуроченные к крупным антиклинальным складкам, кулисообразно расположенным по отношению друг к другу вдоль пояса складок Загрос, от провинций

Лурестан и Кужестан до провинции Фарс. Ловушками служат антиклинальные структуры, размеры которых обычно составляют - длина 20-30, реже до 40 км; ширина – 4-6 км, иногда до 8 км. Значительные углы падения горизонтов на крыльях и сравнительно большие амплитуды способствуют формированию крупных ловушек. Высота залежей часто составляет 200-250 м.

На территории блока Лали открыто 6 нефтяных и газонефтяных месторождений: Калех Нар, Лаб-э-Сафид, Паланган, Папилех, Лали, Карун (рис. 1). Геологические запасы нефти наиболее крупных из них составляют: Калех Нар - 350 млн. т, Лали - 330 млн. т и Лаб-э-Сафид - 210 млн. т.

Некоторые сведения по нефтегазоносности месторождений и пробуренных скважин на территории блока Лали приведены в табл. 1, 2.

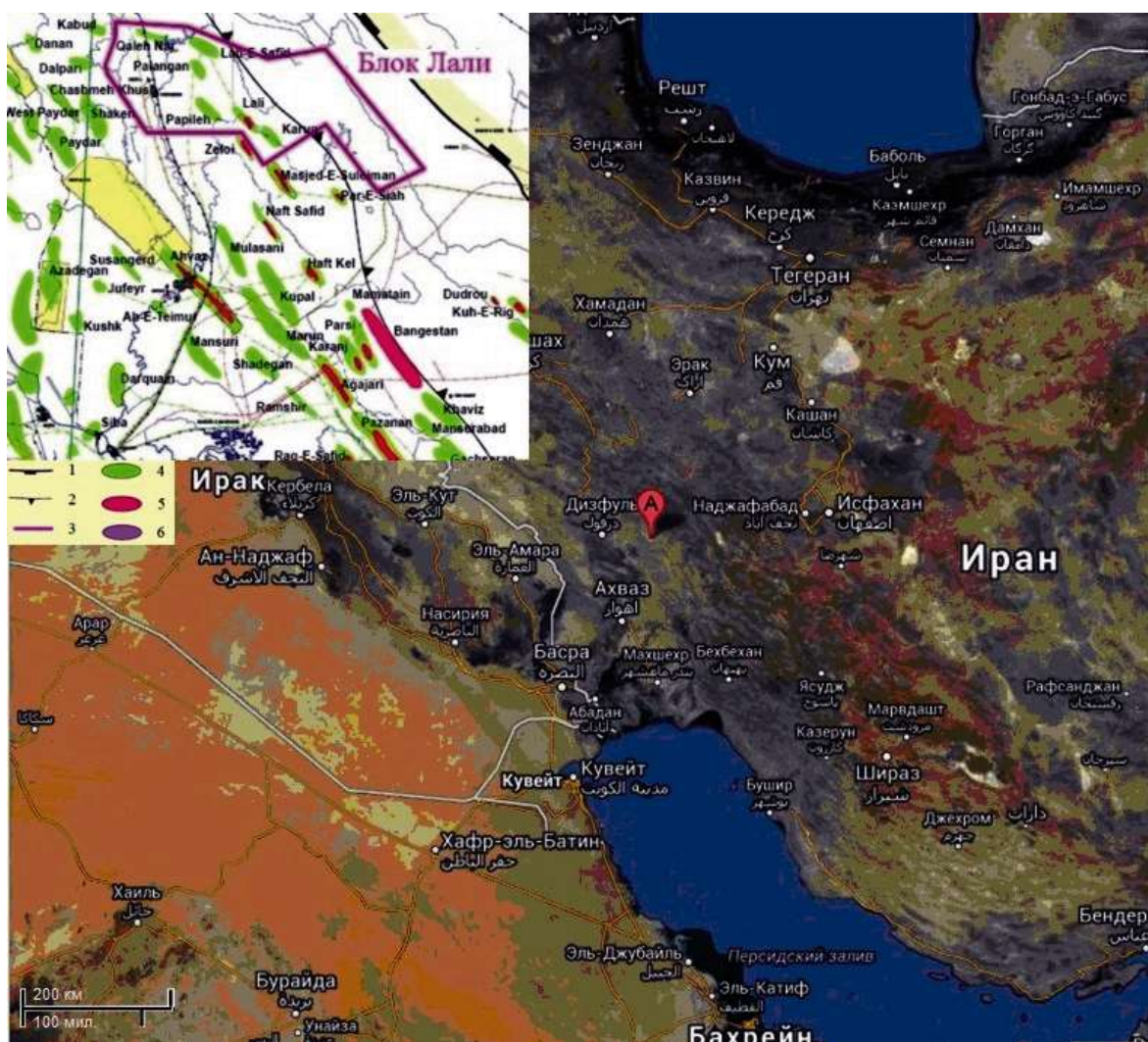


Рис. 1. Карта расположения месторождений блока Лали
(врезка на карте - указатель А)

1 – граница распределения тектонического элемента 1-порядка, 2 - граница распределения тектонического элемента 2-порядка, 3 – граница блока Лали, месторождения: 4 - нефти, 5 – газа, 6 – газоконденсата.

Таблица 1

Запасы нефти и газа на месторождениях блока Лали

Блок	Название месторождения	Тип запасов	Общие начальные	Общие извлекаемые	Общие остаточные, млн. бар. в нефт. экв	Нефть начальные	Коэф. нефтеотдачи, %	Нефть извлекаемые, млн.бар.	Нефть остаточные, млн.бар	Газ начальные, млн куб.футов	Коэф. газоотдачи, %	Газ извлекаемые, млн куб.футов	Газ остаточные, млн. куб.футов
Лали	Карун	ABC1+C2	952,17	189,17	189,17	805	6	78	78	883000	71	667000	667000
	Карун	ABC1	0	154	154		6	50	50	0	68	624000	624000
	Карун	ABC1+C2+C3+Д	0	0	0					0		0	0
	Лаб-э-Сафид	ABC1	0	440	242,64		18	440	242,64	0		0	0
	Лаб-э-Сафид	ABC1+C2	2818,34	741,5	544,14	2400	25	590	392,64	2510000	70	909000	909000
	Лаб-э-Сафид	ABC1+C2+C3+Д	0	620	422,64		26	620	422,64	0		0	0
	Лали	ABC1	0	0	0					0		0	0
	Лали	ABC1+C2	1811,67	319,33	233,71	1500	5,7	86	10,88	1870000	75	1400000	1337000
	Лали	ABC1+C2+C3+Д	0	0	0					0		0	0
	Мажед-э-Сулейман	ABC1	0	0	0					0		0	0
	Мажед-э-Сулейман	ABC1+C2	6821,67	1326,67	1208,06	6580	18	1160	1160	1450000	69	1000000	288342
	Мажед-э-Сулейман	ABC1+C2+C3+Д	0	1432,5	1313,89		18	1260	1260	0	71	1035000	323342
	Паланган 1	ABC1	0	0	0					0		0	0
	Паланган 1	ABC1+C2+C3+Д	0	0	0					0		0	0
	Паланган 1	ABC1+C2	150	53,33	53,33	150	27	40	40	0		80000	80000
	Папилех 1	ABC1+C2+C3+Д	0	0	0					0		0	0
	Папилех 1	ABC1+C2	0	16,67	16,67			10	10	0		40000	40000
	Папилех 1	ABC1	0	0	0					0		0	0
	Калех Нар	ABC1+C2+C3+Д	0	0	0					0		0	0
	Калех Нар	ABC1+C2	1984,17	641,67	628,67	1390	15,47	215	202	3565000	70	2500000	2500000
Калех Нар	ABC1	0	0	0					0		0	0	
Зелон	ABC1	0	736,67	736,67		15	95	95	0	70	3850000	3850000	
Зелон	ABC1+C2	1551,67	872,5	872,5	635	29	185	185	5500000	75	4125000	4125000	
Зелон	ABC1+C2+C3+Д	0	0	0					0		0	0	

Таблица 2

Краткая характеристика месторождений блока Лали

Название месторождения	Резервуар	Тип залежи	Год открытия	Начало разработки	Данные по резервуару, %		Давление газа, МПа		Давление нефти, МПа		Тпл, °С	Общее кол-во пробуренных скв.	Кол-во скв. получивших нефть
					Пористость	Водонасыщенность	начальное	текущее	начальное	текущее			
Кабуд	Асмари	нефтяная насыщенная с газом	1971	2003	13,5	30,6	20		21,26	20,83	53,9	1	1
	Асмари	газовая шапка	1971	2003	13,2	31,5	20		21,26	2,083	52,25		
	Сапвак	нефтяная ненасыщенная	1971		7,3	18,8			35,79		81,4	1	–
Калех Нар	Асмари	нефтяная ненасыщенная	1975	1993	8,8	24,3			45,81	4,063	79,2	6	4
	Пабдех + Банжестан	газовая	1975		4,76	28,3	68,16				118,8	4	–
Лаб-э-Сафид	Асмари	нефтяная насыщенная с газом	1968	1973	7,2	32		2592	30,52	2,636	72,6	18	10
	Банжестан	газовая	1969	1979	4	34	53,88	3050			101,75	2	1
Лали	Асмари	нефтяная насыщенная с газом	1938	1947	6	20	30,33	2668	3,286	2,888	55,0	17	4
	Асмари	газовая шапка	1938	1947	6	20	30,33	2668	3,286	2,888	49,5		
	Банжестан	нефтяная насыщенная с газом	1938	1947	6,9	27,5		3722	4,071	3,83	60,5	4	4
Карун	Асмари	нефтяная ненасыщенная	1970	1989	9,3	26,5			5,804	5,276	92,4	3	3
	Банжестан	газовая	1970		6,24	22,66	87,15				116,05	2	–
Мажед-э-Сулейман	Асмари + Пабдех	нефтяная насыщенная с газом	1908	1921	12	35,9		329	1,078	0,407	38,5	274	6
	Асмари + Пабдех	газовая шапка	1908	1921				329	1,078	0,407	29,15		4
	Гадван	газовая	1963		5,2	16	73				103,4	10	–
	Ј	газовая	1963		6	21	59,94	3231			103,4	10	6
Паланган	Асмари	нефтяная ненасыщенная	1979		4	21			6,734		117,15	1	–
Зелю	верхний Асмари	нефтяная насыщенная с газом	1976	1993	11	31,6	66,2	6375	7,173	6,9	97,35	18	2
	верхний Асмари	газовая шапка	1976	1993	10,7	31,6	66,2	6375	7,173	6,9	82,5		
	нижний Асмари	нефтяная ненасыщенная	1976	1995	8,8	35,5			7,173	6,746	89,1	15	1
	Банжестан	газовая	1977	1994	8,6	28,2	78,76				106,15	3	1
Нафи Сафид	Асмари	нефтяная насыщенная с газом	1938	1938	11,7	29	30,28	2115	3,181	2,122	68,2	35	15
	Асмари	газовая шапка	1938	1938	12	29	30,28	2115	3,181	2,122	64,9		4
	Банжестан	нефтяная ненасыщенная	1963	1963	15	25			2,988	2,856	241,82	2	1

Выделение перспективных нефтегазоносных объектов

Территория блока Лали четко разделяется на две крупные тектонические зоны. Северная и восточная части блока относятся к горному складчато-надвиговому поясу Загрос, а юго-западная его часть – к платформенной области складчато-надвиговых деформаций умеренной интенсивности (провинция Дезфул).

В горной части блока Лали к настоящему времени вся территория блока покрыта геологической съемкой масштаба 1:100000, что позволило выявить систему крупных антиклинальных структур в мел-палеогеновом комплексе горно-складчатой зоны. Однако поисковая значимость выявленных антиклинальных зон и локальных поднятий не оценена. Отсутствуют достоверные структурные карты по перспективным горизонтам, а также сведения о нефтегазоносности.

В равнинной части блока Лали к настоящему времени выполнены значительные объемы сейсмических исследований, что позволило выделить перспективные структуры и оценить их ресурсную базу.

На территории блока Лали были выделены перспективные объекты следующих типов:

- наднадвиговые в антиклиналях выжимания (висячих крыльев разрывных структур), обычно частично ограниченные с юго-запада, а с других сторон ограниченные первой замкнутой стратоизогипсой продуктивного слоя;
- поднадвиговые в лежащих крыльях разрывов, ограничивающих обычно с северо-востока, в антиклиналях смятия перед крупными разломами;
- междвиговые (смешанного типа, ограниченные разломами с двух или более сторон).

Рассмотрим 14 объектов, выделенных в блоке Лали по двум горизонтам – Асмари и Банжестан. Для оценки ресурсов рекомендованы только наиболее уверенно выделенные объекты. Оценка начальных ресурсов выделенных перспективных объектов была выполнена вероятностным методом, так как ни по одному из объектов не существовало достаточного количества данных для подсчета ресурсов (рис. 2).

Оценка начальных ресурсов осуществлялась путем построения модели RMS Uncertainty, позволившая варьировать исходные параметры алгоритмов и получать представительный ансамбль реализаций модели, отражающий ключевые неопределенности.

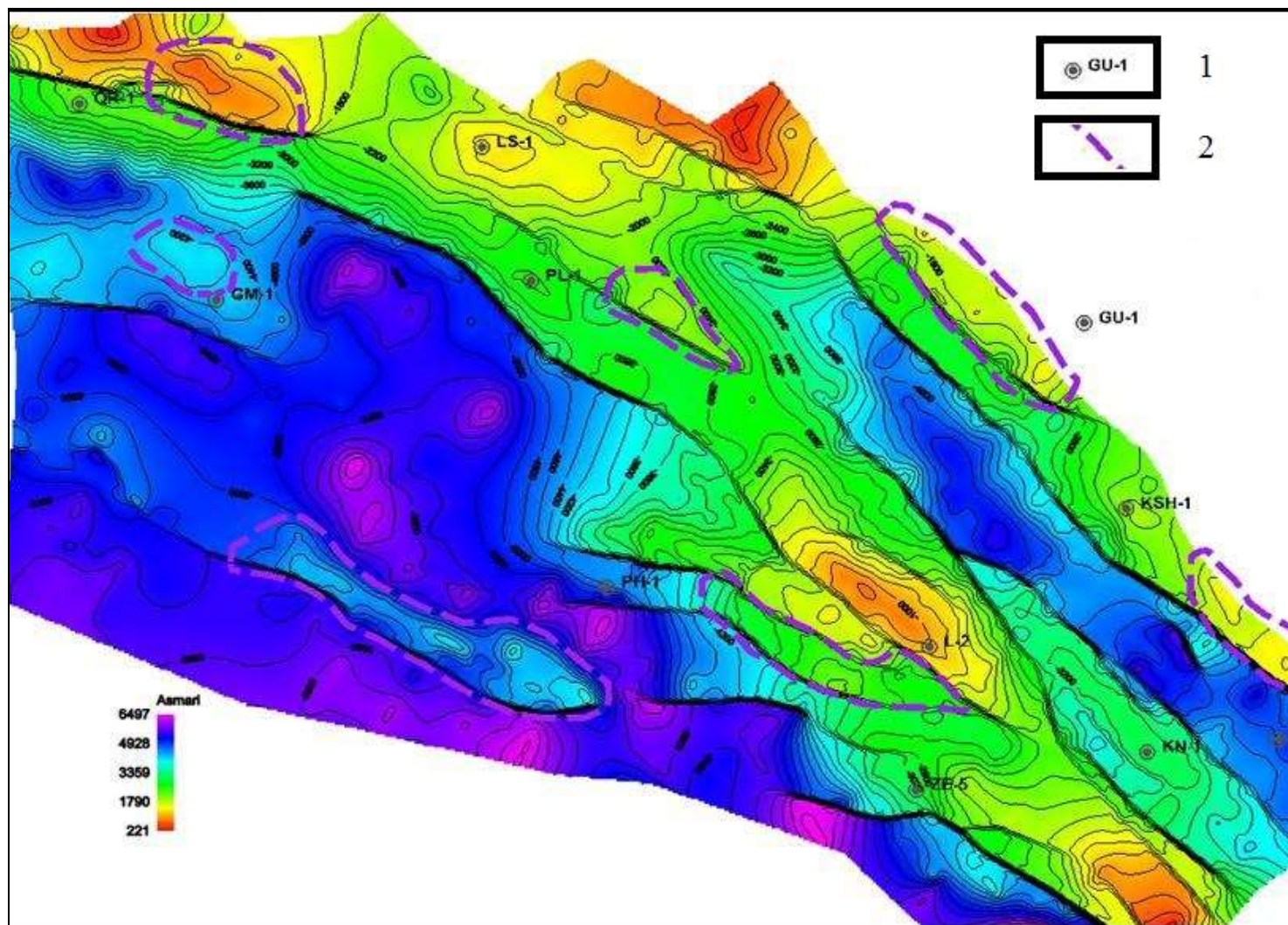


Рис. 2. Схема выделенных перспективных объектов оценки ресурсов по блоку Лали для формации Асмари
1 – номер скважины, 2 – границы перспективного участка. Цветом показана эффективная мощность формации, в усл. ед.

При оценке ресурсов по каждому перспективному объекту были использованы следующие многовариантные данные:

1) Модель литологии по трем основным реализациям для каждого типа коллектора с низким (Low), базовым (Base) и максимальным (High) содержаниями коллекторов.

2) Модель пористости (девять основных реализаций параметра пористости с низким, средним и максимальным значениями средней пористости для каждого типа коллектора, построенные для трёх базовых реализаций литологической модели).

3) Три (минимальное, среднее и максимальное) значения начальной водонасыщенности выше флюидных контактов.

4) Три значения газожидкостных контактов, соответствующие принятому стандартному 30, 70 и 100 процентному заполнению ловушки.

Таким образом, были использованы четыре ключевых параметра, каждый из которых был представлен минимальным, наиболее вероятным и максимальным значениями. Значения параметров неопределённости для всех ловушек отдельно для формации Асмари и группе формаций Банжестан по нефтяным и газовым залежам приведены в табл. 3-5.

Объект 1 Баларуд, выделенный по кровле формации Асмари, является примером ловушки наднадвигового типа, оконтуренной в пределах площади замкнутой изогипсой -900 м. При наличии дополнительных сейсмических исследований, возможно увеличение площади объекта на запад. По кровле формации Илам он представляет небольшую ловушку также наднадвигового типа, с северо-востока оконтуренную по изогипсе -2000 м, а с юго-запада частично ограниченную разломом.

Объект 2 Калех Нар по горизонтам Асмари и Илам представлен ловушками поднадвигового типа, оконтуренными с юго-запада по изогипсам -2800 м по кровле формации Асмари и -3800 м по кровле формации Илам, и замкнутыми с северо-северо-востока разрывным нарушением. Площадь объекта, перекрытая надвигом, весьма значительна, особенно в его восточной части, где разлом существенно выполаживается.

Объект 3 Голмахак представлен двумя смежными наднадвиговыми ловушками: объект 3а ограничен замкнутыми изогипсами -300 м по кровле формации Асмари и -5300 м по кровле формации Илам, а объект 3б – изогипсами соответственно -4100 и -5300 м, а с юго-востока, частично, разломом.

Объект 4 Паланган представлен двумя ловушками разного типа. Объект 4а расположен в висячем крыле крупного пологого надвига. По кровле формации Асмари он оконтурен изогипсой -2700 м, а по кровле формации Илам - это наднадвиговая ловушка, оконтуренная

изогипсой -3900 м, но с юго-запада на небольшом участке она замкнута разрывом. Объект 4b расположен в лежачем крыле надвига, то есть является поднадвиговым. Он выражен по кровле формации Асмари, где оконтурен изогипсой -4600 м, и на небольшом участке с северо-востока замыкается разломом. Большая часть площади данной ловушки перекрыта надвигом, так что объекты 4a и 4b расположены практически один над другим.

Объект 5 Лаб-э-Сафид представлен двумя ловушками разного типа. Объект 5a является междвиговым, связанным с латеральным давлением, направленным со стороны как Фронтального надвига, так и разломной зоны Баларуд. С северо-северо-востока объект ограничен надвиговым сегментом, а с остальных сторон оконтурен изогипсами -2100 м по кровле формации Асмари и -3100 м по кровле формации Илам, и с юго-запада вновь ограничен надвигом следующей тектонической чешуи. Площадь объекта, перекрытая северо-восточным взбросом, невелика из-за его крутого наклона. Объект 5b принадлежит этой же тектонической чешуе, но представлен ловушкой наднадвигового типа. Объект 5b оконтурен изогипсами -2100 м по кровле формации Асмари и -3100 м по кровле формации Илам, а с запад-юго-запада замыкается на небольшом интервале тем же надвигом, что и объект 5a.

Объект 6 Лали имеет сложное строение. В его составе выделяются две главные части, разделенные разломом. Северо-восточная часть (объект 6a), является ловушкой межразломного типа, расположенной в пределах горстообразной структуры, осложняющей юго-восточный склон антиклинальной зоны. Оконтуривается изогипсами -1600 м и -2400 м по кровле формации Илам. Юго-западная часть объекта 6 представлена серией тектонических чешуй, включающих две междвиговые антиклинальные структуры - объекты 6b, 6c и 6d.

Объект 7 Мажед-э-Сулейман расположен преимущественно за пределами блока Лали. Он представляет собой крупную межразломную ловушку, в пределах площади сейсмических исследований оконтуриваемую изогипсами -1400 м по кровле формации Асмари и -2200 м по кровле формации Илам. Вероятно, объект имеет значительно большую площадь и амплитуду.

Объект 8 Карун является ловушкой межразломного типа, расположенной в пределах горстообразной структуры, осложняющей северо-восточный склон антиклинальной зоны, объединяющей в своих пределах объекты 5, 6 и 7. Разрыв ограничивает ловушку как с юго-запада, так и с северо-востока, а на остальных участках объект, вероятно, оконтуривается изогипсами -3500 м по кровле формации Асмари и -4800 м по формации кровле Илам.

Таблица 3

Значения подсчётных параметров и пределы их изменения по нефтяным объектам (формация Асмари)

Номер ловушки	Название по модели	Тип коллектора	Параметры											
			Доля коллекторов, доли ед.			Средняя пористость, доли ед.			ВНК, %			Водонасыщенность, доли ед.		
			Мин.	Сред.	Мах	Мин.	Сред.	Мах	30	70	100	Мин.	Сред.	Мах
объект 1	STR1_AS	поровый	0,06	0,13	0,25	0,040	0,074	0,114	700	810	890	0,5	0,36	0,166
		смешанный	0,1	0,2	0,33	0,0064	0,0139	0,0236	700	810	890	0,1	0,1	0,1
объект 3а	GM3a_AS	поровый	0,05	0,07	0,1	0,040	0,083	0,138	4115	4205	4275	0,4	0,29	0,147
		смешанный	0,04	0,08	0,15	0,064	0,0134	0,0236	4115	4205	4275	0,15	0,1	0,05
объект 4b	PL4b_AS	поровый	0,15	0,199	0,25	0,041	0,066	0,106	4475	4547	4600	0,464	0,271	0,1
		смешанный	0,01	0,014	0,05	0,007	0,0139	0,024	4475	4547	4600	0,15	0,1	0,1
объект 5b	LS5b_AS	поровый	0,17	0,2	0,23	0,040	0,072	0,138	1940	2020	2080	0,5	0,32	0,17
объект 6с	L6c_AS	поровый	0,1	0,15	0,17	0,040	0,082	0,129	2305	2605	2830	0,5	0,4	0,29
объект 9	K9_AS	поровый	0,09	0,12	0,145	0,040	0,091	0,146	4162	4486	4730	0,4	0,3	0,12
		смешанный	0,05	0,07	0,1	0,0077	0,014	0,0219	4162	4486	4730	0,15	0,1	0,05
объект 11	D11_AS	поровый	0,07	0,224	0,39	0,040	0,099	0,307	1560	1810	2000	0,5	0,271	0,1
		смешанный	0,01	0,04	0,07	0,015	0,0264	0,0390	1560	1810	2000	0,15	0,1	0,05
объект 14	S14_AS	поровый	0,25	0,276	0,35	0,040	0,094	0,299	1650	1975	2220	0,5	0,361	0,166

Таблица 4

Значения подсчётных параметров и пределы их изменения по нефтяным объектам (формация Банжестан)

Номер ловушки	Название по модели	Тип коллектора	Параметры														
			Доля коллекторов, доли ед. зона1			Доля коллекторов, доли ед. зона 2			Средняя пористость, доли ед.			ВНК, %			Водонасыщенность, доли ед.		
			Мин.	Сред.	Мах	Мин	Сред	Мах	Мин.	Сред.	Мах.	30	70	100	Мин.	Сред.	Мах
объект 3а	GM3a_BN	поровый	0,13	0,18	0,21	0,04	0,07	0,08	0,041	0,068	0,138	5265	5400	5500	0,5	0,283	0,154
		смешанный	0,06	0,09	0,11	0,16	0,223	0,3	0,0064	0,0134	0,0236	5265	5400	5500	0,15	0,1	0,1
объект бс	L6c_BN	поровый	0,01	0,05	0,1	0,02	0,03	0,04	0,040	0,07	0,190	3508	3846	4100	0,5	0,286	0,07
		смешанный	0,28	0,36	0,41	0,35	0,43	0,5	0,0064	0,0115	0,0236	3508	3846	4100	0,1	0,1	0,05
объект 9	K9_BN	поровый	0,16	0,19	0,23	0,04	0,06	0,08	0,040	0,072	0,190	5254	5646	5940	0,5	0,286	0,07
		смешанный	0,12	0,18	0,24	0,19	0,26	0,38	0,0064	0,0115	0,0240	5254	5646	5940	0,15	0,1	0,05
объект 14	S14_BN	поровый	0,115	0,125	0,13	0,21	0,048	0,075	0,040	0,056	0,171	2895	2804	2684	0,489	0,306	0,128
		смешанный	0,08	0,18	0,29	0,13	0,23	0,33	0,0064	0,010	0,253	2895	2804	2684	0,15	0,1	0,1

Таблица 5

Значения подсчётных параметров и пределы их изменения по газовым объектам блока Лали

Номер ловушки	Название по модели	Тип коллектора	Параметры														
			Доля коллекторов, доли ед. зона 1			Доля коллекторов, доли ед. зона 2			Средняя пористость, доли ед.			ГНК (ГВК), %			Водонасыщенность, доли ед.		
			Мин.	Сред.	Max	Мин.	Сред.	Max	Мин.	Сред.	Max	30	70	100	Мин.	Сред.	Max
объект 1	STR1_BN	поровый	0,05	0,1	0,15	0,02	0,03	0,21	0,041	0,062	0,127	1840	1910	1970	0,466	0,181	0,037
		смешанный	0,03	0,08	0,12	0,15	0,28	0,35	0,0064	0,0110	0,0230	1840	1910	1970	0,1	0,1	0,1
объект 6с	L6с_AS	поровый	0.1	0.15	0.17	-	-	-	0.04	0.082	0.129	2230	2390	2570	0.4	0.3	0.2
объект 5b	LS5b_BN	поровый	0,07	0,09	0,11	0,07	0,075	0,08	0,040	0,056	0,171	3043	3110	3160	0,489	0,189	0,037
		смешанный	0,035	0,075	0,1	0,1	0,135	0,17	0,0090	0,0150	0,0550	3043	3110	3160	0,1	0,1	0,1
объект 11	D11_BN	поровый	0,15	0,167	0,19	0,01	0,02	0,03	0,040	0,053	0,062	3502	3998	4370	0,5	0,35	0,227
		смешанный	0,11	0,117	0,13	0,34	0,35	0,36	0,0130	0,0150	0,0202	3502	3998	4370	0,1	0,1	0,1

Объект 9 Куханак состоит из нескольких элементов разного типа. Объект 9а представляет собой надразломную ловушку, с северо-востока оконтуренную изогипсами - 4900 м по кровле формации Асмари и -6100 м по кровле формации Илам, а с юго-запада ограниченную протяженным, но достаточно пологим и малоамплитудным надвигом. Вблизи северо-западного окончания надвига выделяется еще одна наднадвиговая антиклиналь, объект 9b, которая оконтуривается с северо-востока теми же изогипсами, что и объект 9а, но имеет значительно меньшую площадь.

На северо-востоке блока Лали выделяются три возможных перспективных объекта. Они являются междвиговыми. С северо-востока объекты экранируются региональной зоной Фронтального надвига (или опережающими его разломами), а с юго-запада ограничиваются протяженным взбросом, также относящимся к данной системе разломов.

Объект 10 Камарчак с северо-запада оконтуривается изогипсами -2100 м по кровле формации Асмари и -3300 м по кровле формации Илам.

Объект 11 Дез по кровле формации Асмари оконтуривается с северо-запада и юго-востока изогипсой -1700 м. По кровле формации Илам объект смещается на северо-восток за площадь сейсмической съемки и условно оконтуривается изогипсой -3100 м.

Объект 12 Папилех соответствует ранее выделенной структуре, на которой пробурена скважина PL-1, вскрывшая формацию Асмари. На имеющихся сейсмических разрезах структура не выделяется из-за недостаточной плотности данных.

Объект 13 Зелои является антиклиналью, осложнен горстообразной структурой.

Объект 14 Сурх оконтуривается изогипсами -2900 м по кровле формации Асмари и -4100 м по кровле формации Илам.

Таким образом, в результате выполненных структурных построений:

1) уточнена структурная позиция, внутреннее строение и размеры многих из известных нефтегазоносных структур, таких как Калех Нар (объект 2), Паланган (объект 4а), Лаб-э-Сафид (объект 5а), Лали (объект 6а), Карун (объект 8), Зелои (объект 13);

2) выявлены области значительного перекрытия по разломам над- и поднадвиговых структур, в которых возможны скопления углеводородов. Особенно ярко это отмечается на структуре 4, где выделен значительный по площади новый объект 4b;

3) уточнена конфигурация объектов 8, 13, а также 6 и 7, как антиклинальных поднятий, в пределах которых ожидается наибольшая продуктивность;

4) выявлены дополнительные перспективные объекты, входящие в парагенезис названных структур, такие как Баларуд (объект 1) в наднадвиговой части структуры Калех

Нар, объект 5b, продолжающий на юго-восток крупную межнадвиговую антиклиналь Лаб-э-Сафид, и объекты 6b и 6с, осложняющие структуру Лали. Область развития последних объектов является одной из наиболее перспективных в блоке.

5) выявлен ряд новых ловушек в областях блока Лали еще не опробованных в достаточной степени бурением: в пределах юго-западной слабо эродированной области, а также на северо-востоке в непосредственной близости от зоны Фронтального надвига. Так, в пределах структуры Грлмахак выделены два обособленных куполообразных наднадвиговых поднятия. При этом скважина GM-1 оказалась пробурена практически за пределами объекта 3а. Это же относится и к структуре Зелои (объект 13), где разбурена далеко не самая приподнятая часть перспективного блока.

б) выделена не опробованная бурением крупная по площади и амплитуде структура Куханак (объекты 9а и 9b). Для уточнения ее конфигурации пока объем сейсмической информации недостаточен.

7) на северо-востоке блока Лали выявлены новые объекты 11 и 14, из которых более перспективным представляется последний, вследствие большей мощности экранирующей толщи эвапоритов формации Гачсаран, меньшей степени деформированности, а также более отчетливо выраженной антиклинальной формы. К сожалению, практически все сейсмические профили не доходят до линии пересечения кровли продуктивных горизонтов с плоскостью Фронтального надвига, что не позволяет с необходимой степенью достоверности оценить его морфологию и амплитуду. При получении дополнительных сейсмических данных по этой перспективной зоне следует ожидать существенного уточнения структурной позиции и деталей строения выявленных объектов, а также обнаружения ряда новых потенциально весьма значительных, учитывая предполагаемую амплитуду надвигания по Фронтальной зоне перспективных структур.

Используя, таким образом, нетрадиционную методику оценки ресурсов, было получено достаточное количество данных для статистического анализа.

По результатам оценки начальных ресурсов нефти и газа для ансамбля реализаций были рассчитаны распределения начальных и извлекаемых ресурсов для каждого перспективного объекта. Всего оценено шестнадцать перспективных объектов в отложениях Асмари и Банжестана блока Лали. В формации Асмари семь объектов (1, 3а, 4b, 5b, 9, 11 и 14) оценены как нефтяные, объект 6с - как нефтяной с газовой шапкой. В группе формаций Банжестан четыре объекта оценены как нефтяные (3а, 6с, 9 и 14) и три объекта – газовые (1, 5b, 6с, 11).

Классификация объектов по характеру насыщения была принята по результатам испытания скважин на близлежащих месторождениях и по данным ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть».

Литература

Голф-Рахт Т.Д. Основы нефтепромысловой геологии и разработки трещиноватых коллекторов: Пер. с англ. Н.А. Бардиной, П.К. Голованова, В.В. Власенко, В.В. Покровского / Под ред. А.Г. Ковалева. - М.: Недра, 1986. - 608 с.

Смирнов В.Е., Жукова Е.О., Степанов А.Н. Петрофизическая характеристика сеноманско-миоценовых отложений северо-восточного борта Месопотамского краевого прогиба // Каротажник, 2009. – Вып. 7(184). – С. 18-30.

McQuillan H., 1973. Small-scale fracture density in Asmari Formation of southwest Iran and its relation to bed thickness and structural setting. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. vol. 57, No. 12. 2367-2385.

Nekhaev A.A.

LLC «Geoprognoz», St. Petersburg, Russia, geoprognoz@rambler.ru

**PETROLEUM POTENTIAL OF LALI BLOCK
(MESOPOTAMIAN FOREDEEP, SOUTH-WESTERN IRAN)**

The data on the geological structure of oil and gas bearing strata of Lali Block (Dezful province), which contains the richest hydrocarbon reserves in the central part of the eastern Mesopotamian foredeep in the south-west of Iran is presented. The key reservoirs and fields of Lali Block are characterized. The two formations - Asmari and Banzhestan – are recommended for development.

Key words: *petroleum potential, reservoirs, fields, perspective objects.*

References

Golf-Rakht T.D. *Osnovy neftepromyslovoy geologii i razrabotki treshchinovatykh kollektorov* [Basics of geology and development of fractured reservoirs]. Translated from English by N.A. Bardina, P.K. Golovanov, V.V. Vlasenko, V.V. Pokrovskiy. Editor A.G. Kovalev. Moscow: Nedra, 1986, 608 p.

McQuillan H. Small-scale fracture density in Asmari Formation of southwest Iran and its relation to bed thickness and structural setting. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 1973, vol. 57, no. 12, p. 2367-2385.

Smirnov V.E., Zhukova E.O., Stepanov A.N. *Petrofizicheskaya kharakteristika senomansko-miotsenovykh otlozheniy severo-vostochnogo borta Mesopotamskogo kraevogo progiba* [Petrophysical characteristics of Senomanian-Miocene deposits of north-eastern Mesopotamian foredeep]. *Karotazhnik*, 2009, vol. 7(184), p. 18-30.

© Нехаев А.А., 2013