

УДК 552.54:552.578.061.4(55)

**Макаревич В.Н.**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, [ins@vnigri.ru](mailto:ins@vnigri.ru)

**Нехаев А.А.**

НК «Лукойл Оверсиз ХолдингЛтд.», Москва, Россия

## ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СЕДИМЕНТАЦИИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ПРОВИНЦИИ DEZFUL (ИРАН)

*Приведены литолого-стратиграфические данные верхней части осадочного чехла провинции Dezful, где расположен изучаемый нефтегазоперспективный блок Lali. Рассмотрены два этапа формирования осадочного чехла провинции Dezful Embayment, включающих ряд циклов разных тектонических режимов. В осадочном чехле выделяются 7 формаций палеозойского возраста, 18 – мезозойского и 12 кайнозойского. Наличие мощных карбонатных коллекторов, нефтематеринских свит, глинистых и эвапоритовых пород-покрышек, отсутствие длительных периодов размыва создали условия для генерации, миграции, аккумуляции и сохранения огромных скоплений углеводородов в регионе.*

***Ключевые слова:** осадочный чехол, карбонатные коллекторы, литолого-стратиграфические исследования, нефтегазоносность, провинция Dezful, Иран.*

Провинция Dezful, в пределах которой расположен блок Lali, является наиболее богатой углеводородным сырьем территорией на юго-западе Ирана [Lali block..., 2007]. Здесь были открыты многочисленные месторождения нефти и газа, в том числе гигантские. Обзорная карта района исследований представлена на рис. 1. На территории блока Лали на шести из десяти разбуренных структурах открыты нефтяные и газовые месторождения в отложениях формации Асмари - нижнемиоценовых карбонатных отложениях, а также в верхнемеловых карбонатах формации Сарвак.

Значительный объем работ выполнен с участием одного из авторов, работавшего в составе группы специалистов НК ЛУКОЙЛ (2004-2010 гг.), полученные в результате этих работ данные легли в основу настоящей статьи [Тоос Earth..., 2004]. Представления о строении рассматриваемого региона выполнены на основании изучения литературных источников, а также данных предыдущих и авторских исследований [Gill, Ala, 1972; Setudehnia, 1978; Szabo, Kheradpir, 1978; Berberian, 1981; Savostin et al., 1986; Berberian, 1995; Sepehr, Cosgrove, 2003; Sherkati et al., 2005].

Геологически провинция Dezful представляет собой структурный залив Месопотамского (Предзагросского) прогиба и в силу единого генезиса с прогибом имеет с ним общие черты строения осадочного чехла.

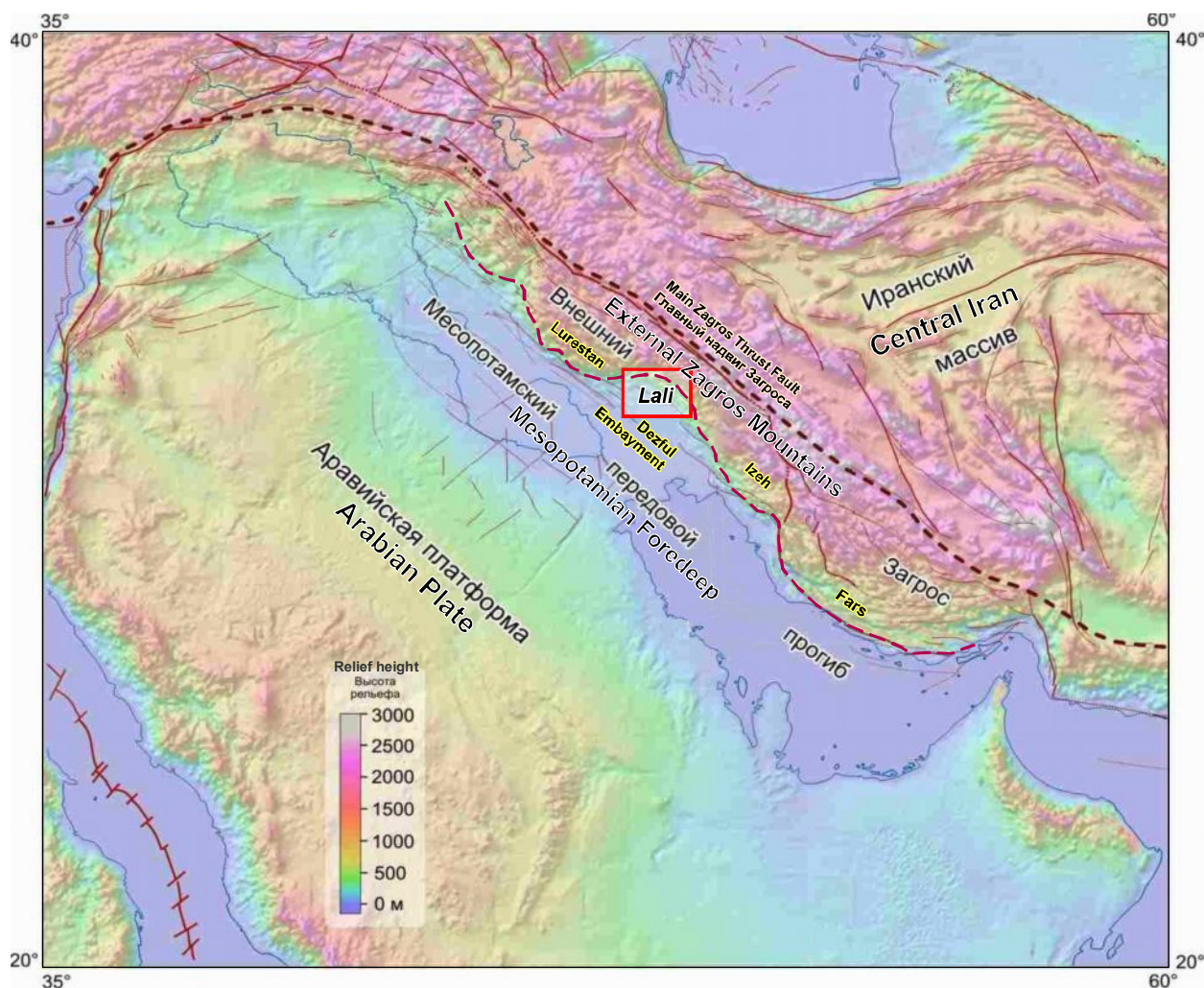


Рис. 1. Обзорная карта района исследований

Верхняя, наиболее изученная часть разреза осадочного чехла, представляющая наибольший интерес в отношении нефтегазоносности, сложена отложениями неогена, палеогена и мела, представлена в табл. 1.

Докембрийские породы фундамента архейско-протерозойского возраста в регионе встречаются в горных цепях Senendej-Sirjan. Они представлены метаморфизованными осадочными разностями и гранитными интрузивами. Осадочный чехол сложен отложениями от венд-кембрийского(?) до четвертичного возраста. Максимальная мощность его оценивается в наиболее прогнутой части прогиба до 10-12 км, на пологом склоне Аравийской плиты в районах, примыкающих к Аравийско-Нубийскому щиту, она уменьшается до сотен метров и менее.

Палеозойский разрез представлен отложениями кембрия, ордовика и перми, последние залегают на поверхности ордовикского стратиграфического несогласия. Отложения кембрия и ордовика преимущественно песчано-глинистые, общая толщина их более 3000 м. В

пермском разрезе преобладают карбонатные разности, его толщина около 1000 м. В базальной части палеозоя залегают эвапоритовые (галитовые) отложения формации Normus.

Таблица 1

**Стратиграфия и литология перспективных и продуктивных отложений осадочного чехла**

Система	Отдел, подотдел	Ярус	Серия	Свита (формация)	Основной состав, переслаивающихся пород
Неогенская	Верхний миоцен		Фарс	Ага-Джари	Мергели, песчаники
				Мишан	Мергели, глинистые известняки
	Средний миоцен			Гячсаран	Ангидриты, соль, глинистые известняки, мергели
	Нижний миоцен			Асмари	Доломитизированные известняки, доломиты
Палеогеновая	Олигоцен				
	Эоцен-палеоцен			Джахрум	Известняки
				Пабдех	Известняки, глинистые известняки
Меловая	Верхний	Маастрихт	Бангестан	Гупри	Глинистые известняки, мергели
		Кампан		Илам	Известняки
		Турон-сеноман		Сарвак	Известняки, глинистые известняки
	Нижний	Альб	Хамн	Куждуми	Глинистые известняки, аргиллиты, песчаники
		Апт		Дарьян	Глины, известняки
		Неоком		Гадван	Известняки, аргиллиты, песчаники
				Фахлиян	Глинистые известняки

В разрезе отсутствуют отложения силура, девона и карбона (последние изредка идентифицируются). Мезозойские, палеогеновые и миоценовые отложения имеют в своем составе существенную карбонатную составляющую. В неоген-четвертичных отложениях преобладают терригенные разности, среди которых выделяется мощная эвапоритовая толща среднего миоцена мощностью до 1500 м. В отложениях других возрастов также присутствуют пластичные отложения эвапоритов, сыгравшие существенную роль в формировании современных структурных планов, поскольку с ними в первую очередь связаны уровни срывов литоформационных пластин. Это верхнетриасовая формация Dashtak, верхнеюрские – Hith и Gotnia, миоцен-плиоценовая – Gachsaran.

В целом осадочный комплекс составляют 7 формаций палеозоя, 18 – мезозоя и 12 – кайнозоя. Породы в обнажениях исследуемой части складчатого пояса Zagros от провинции Lurestan до провинции Fars имеют возраст от раннеюрского до четвертичного. Стратиграфия этих районов является очень схожей, а главные отличия связаны, в основном, с тектоническим строением.

В регионе скважинами вскрыты только верхи пермских отложений, сложенные карбонатными породами. В районе Lali скважины достигают лишь отложений меловой группы Bangestan.

Осадочный чехол провинции Dezful Embayment формировался на протяжении двух этапов, включающих ряд циклов разных тектонических режимов.

**Платформенный и континентальный рифтогенный этапы (PZ – K<sub>1</sub>).** В течение венда и всего палеозоя палеообстановка изучаемой территории определялась спокойным, платформенным тектоническим режимом. Непосредственно на несогласной рифейской поверхности фундамента отложились эвапориты формации Nogruz венд-кембрийского(?) возраста, которые, обладая высокопластичными свойствами, стали в дальнейшем базальным слоем аллохтона, включающего вышележающую толщу осадочного чехла. Область распространения эвапоритов ограничивается на северо-востоке коллизионным швом Main Zagros Thrust Fault, а на юго-востоке - предположительно зоной разломов Kazerun. Возможно, это и обусловило существенные отличия в характере деформаций в провинциях Fars и Dezful.

Залегающие выше палеозойские отложения также представлены типично платформенными образованиями, отложившимися в относительно замкнутых бассейнах Гондваны, удаленных от океана Тетис. Для них характерно чередование пластов незначительной мощности преимущественного терригенного состава. Каледонско-герцинские тектонические события проявились в образовании крупного перерыва в осадконакоплении девон-каменноугольного времени и в формировании стратиграфического несогласия. Можно предположить, что эти тектонические события связаны с начальными стадиями рифтогенеза, приведшего в последующем к расколу суперконтинентов Пангеи и Гондваны.

Начиная с перми, в условиях континентального, а затем океанического рифтогенеза на пассивной окраине Африкано-Аравийского континента, отлагаются мощные (юра - поздний мел) толщи морских осадков. Тенденция компенсированного погружения сохраняется весь мезозой и палеоген (до начала коллизии), в результате на территории нынешнего складчатого пояса Zagros преобладают карбонатные и глинисто-карбонатные породы. В поздней юре накопилась пластичная эвапоритовая толща (формации Nith, Gotnia), общей мощностью около двух сотен метров, которая в процессе последующей эволюции стала подошвой мобильной литоформационной пластины. Меловая система сложена осадочными образованиями нижнего и верхнего отделов. Выявленные внутрисистемные

стратиграфические несогласия связаны с поверхностями отложений апта, турона и маастрихта. Нижнемеловой отдел, формировавшийся преимущественно в глубоких частях континентального шельфа, включает две формации (Garau и Kazhdumi), сложенные в основном нефтематеринскими породами хорошего качества смешанного состава с преобладанием сапропелевого ОВ и явившимися важными источниками генерации углеводородов. Формации Kazhdumi, Sarvak, Surgah (последняя в предгорной части блока Lali в пробуренных скважинах не установлена), Pam и Gurpi образуют группу (серию) формаций Bangestan.

Нефтематеринские отложения Kazhdumi согласно перекрыты шельфовыми темноцветными и пестроцветными, оолитовыми, органогенными, хемогенными кристаллическими, массивными и слоистыми, битуминозными известняками формации Sarvak, являющейся второй по продуктивности толщей в регионе. Она вскрыта скважинами на глубины порядка 600 м. По геофизическим данным ее мощность оценивается в 250-1500 м. Перекрыта формация со стратиграфическим несогласием отложениями формаций Surgah и Pam.

**Конвергентный (K<sub>2</sub> - P<sub>1</sub>) и коллизионный (N - Q) этапы.** С туронского века тектонический режим рифтогенеза начал меняться на компрессионный. Северная часть блока Lali поднялась, что определило отсутствие отложений формации Surgah (это было установлено в скважинах, пробуренных в его северной предгорной части). Данная формация присутствует только на юге блока в виде маломощной (до 20 м) пачки глинистых сланцев.

Тектоно-седиментационный цикл верхнемелового-палеоценового времени, в период которого сформировались верхнемеловые формации Pam, Gurpi, Tarbur и палеоценовая Amiran, составившие проградационную и ретроградационную последовательность слоев, ограниченную двумя основными несогласиями. Подтверждением компрессионного режима формирования бассейна является последовательное увеличение надвигов офиолитов Тетиса на пассивный склон континентальной окраины Аравийской платформы и последующей коллизией данной окраины с Евразийским континентом. Хотя общая конфигурация бассейна и обширная седиментация, полностью контролировались новым тектоническим режимом, значительные эвстатические флуктуации все же повлияли на условия осадконакопления. Палеогеографическая ситуация при этом изменилась существенно.

Коньякский век был временем, когда накопившиеся отложения находились в субаридных условиях над базисом седиментации. Условия перерыва в осадконакоплении сменились постепенной трансгрессией моря, приведшей к накоплению сначала мелководных

платформенных, а затем склоновых осадков формации Ilam в местах расположения структур Gurpi, Mahalbakh, Keynow, Karun, Zeloj, Qaleh Nar, Palangan. В коньякском и сантонском веках бассейн постепенно приобретал новую ориентацию благодаря образованию обдукционных тел вдоль восточной окраины Аравийской плиты.

Региональная трансгрессия в кампанском веке изменила условия осадконакопления. Глубоководные глинистые, глинисто-карбонатные отложения формации Gurpi завершили формирование группы Bangestan.

Цикл в целом закончился предпалеоценовым перерывом в осадконакоплении практически на всей площади исследований. Лишь на северо-востоке присутствует палеоценовая формация Amigan в виде силикластических турбидитных фаций.

Орогенный комплекс представлен молассовыми формациями: нижней - морской терригенно-глинистой, с эвапоритами в ее основании, и континентальной грубообломочной в верхней части. Закрытие океана Неотетиса происходило неравномерно. Вдоль северного обрамления Аравийской плиты поглощение океанической коры в зоне субдукции прекратилось уже в конце позднего мела. На северо-восточном фланге, в пределах складчатого пояса Zagros, субдукция продолжалась вплоть до палеоцена и даже эоцена, о чём свидетельствует наличие пояса эоценовых вулканитов субдукционного типа - Urmia-Dohtar к северо-востоку от складчатого пояса Zagros. Тогда же последние участки океанической коры Нео-Тетиса были поглощены в сутурной зоне Main Zagros Thrust Fault, а ее фрагменты в виде офиолитов выведены на поверхность в северо-восточной части орогена.

Для палеоцен-эоценового седиментационного цикла, осадочные образования которого ограничены как сверху, так и снизу несогласиями, характерна значительная латеральная дифференциация фаций. Наряду с повсеместно развитой глинистой нефтематеринской формацией Pabdeh, толщиной около 800 м, особенно на северо-западе и юго-востоке района, выделяются резко фациально изменчивые формации карбонатного, карбонатно-глинистого и обломочного состава, известные под названиями: Taleh Zang, Kashkan, Shahbazan, и Jahrum. Суммарные толщины отложений цикла изменяются в широких пределах и могут достигать 500-700 м. Основное осадконакопление происходило в неглубоком форландском бассейне в периоды трансгрессий при незначительных изменениях уровня моря.

Накопление отложений олигоцен-миоценового цикла начинается в период трансгрессии моря, при этом мелководно-карбонатные фациальные обстановки были характерны для всего бассейна и существовали весь поздний олигоцен - ранний миоцен. Эвапоритовая формация Kalhar отлагалась лишь в южной части бассейна блока Lali, что

говорит о перестройке структурного плана. Карбонатно-глинистые формации палеоцена - эоцена, а севернее рассматриваемого района и офиолитовые аллохтоны, перекрыты олигоцен-миоценовыми рифогенными карбонатами формации Asmari. Накопление формации происходило в условиях мелководного шельфа внутренней платформы. В настоящее время она рассматривается в качестве главного резервуара нефти и газа блока Lali.

С конца раннего миоцена на территориях Dezful Embayment и провинции Fars в полузамкнутом бассейне во время регрессивной фазы седиментации в мелководных морских условиях накопились отложения группы Fars, представленные эвапоритами формации Gachsaran и морской песчано-глинисто-мергелистой молассовой формацией Mishan и силикластическими отложениями формации Aghajari. В основании и верхней части формации Gachsaran преобладает переслаивание пестроцветных мергелей (реже известняков) и ангидритов, в средней части формации выделяются галоидные соли и ангидриты. Предполагается, что гипоцентр эвапоритового бассейна тяготеет к зоне Mountain Front Fault. Формация Gachsaran, перекрыта двумя формациями: морской песчано-глинистой формацией Mishan и более мелководными кремниево-обломочными осадочными породами формации Aghajari. Песчаные фракции формации Bahtiyari плиоцен - плейстоценового возраста отлагались перед орогеном, а более грубые конгломераты заполняли межгорные впадины. Существенная перестройка в региональном поле напряжений с раннего плиоцена привела к резкой активизации коллизионных процессов: интенсивному росту горного сооружения Zagros, быстрому расширению на юго-запад области деформирования передового прогиба, и переходу к континентальному типу осадконакопления. Четвертичные голоценовые аллювиальные породы покрывают большую часть формации Bahtiyari и более ранних отложений.

На основе результатов изучения литофациальных особенностей и палеогеографических обстановок осадконакопления сделаны выводы о существовании в течение длительного времени (от мелового до неогенового) шельфовых и лагунных водоемов на большей части рассматриваемого региона. Все это свидетельствует о компенсированном седиментогенезе.

Накопление больших объемов отложений в морских преимущественно мелководных субтропических условиях, благоприятное распределение и сочетание в разрезе нефтематеринских свит и мощных коллекторских толщ известняков с хорошей пористостью, а также региональных мощных глинистых и эвапоритовых пород-покрышек, отсутствие

длительных периодов эрозии, создало благоприятные условия, для последующей генерации, миграции, аккумуляции и сохранения огромных скоплений углеводородов.

### Литература

Berberian, M., 1981. Active faulting and tectonics of Iran. In: Gupta, H. K., and Deiany, F. M., (eds.) Zagros-Hindu Kush - Himalaya geodynamic evolution. American Geophysics Union, Geodynamics 3, 33-69.

Berberian, M., 1995. Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. Tectonophysics, 241, 193-224.

Gill, W. D., & Ala, M. A., 1972. Sedimentology of Gachsaran Formation (Lower Fars series), Southwest Iran. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 56(10), 1965-1974.

Lali block. Joint study project. Final report. GRZ, January, 2007.

M. Sepehr, J.W.Cosgrove, 2003. Structural framework of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. Marine and Petroleum Geology 21, 2004. c 829-843.

Savostin, L. A., Sibuet, J. C, Zonenshain, L, P., Le Pichon, X. & Roulet, M. J., 1986. Kinematic evolution of the Tethys belt from the Atlantic Ocean to the Pamirs since the Triassic. Tectonophysics, 123, 1-35.

Setudehnia, A., 1978. The Mesozoic sequence in Southwest Iran and adjacent area. Journal of Petroleum Geology, 1(1), 3-42.

Sherkati S., Molinaro M., Frizon de Lamotte D., Letouzey J. Detachment folding in the Central and Eastern Zagros Fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachments and late basement control. Journal of Structural Geology, 2005.

Szabo, F. & Kheradpir, A., 1978. Permian and Triassic stratigraphy, Zagros basin, Southwest Iran. Journal of Petroleum Geology, 1(2), 57-82.

Toos Earth Science Technology Ltd., Lukoil Overseas Ltd., 2004 / Petroleum Potential Evaluation Report. Kuhdasht and Khoramabad Blocks.



**Makarevich V.N.**

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), Saint Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

**Nekhaev A.A.**

LUKOIL Overseas Holding Ltd, Moscow, Russia

## **SEDIMENTARY COVER OF DEZFUL PROVINCE (IRAN) – LITHO-STRATIGRAPHIC FEATURES AND PALEO GEOGRAPHIC SEDIMENTATION CONDITIONS**

*The article deals with the litho-stratigraphic data of the top of Dezful province sedimentary cover, where the studied Lali petroleum-perspective block is situated. Two stages of formation of the sedimentary cover of the Dezful Embayment province, which include several cycles of different tectonic regimes, are analyzed. Seven Paleozoic formations, eighteen Mesozoic and twelve Cenozoic are allocated in the sedimentary cover. The presence of carbonate reservoirs, oil source rocks, clay and evaporite clays, the absence of long periods of erosion, have created the conditions for generation, migration, accumulation and preservation of large hydrocarbon accumulations in the region.*

**Key words:** *sedimentary cover, carbonate reservoirs, litho-stratigraphic studies, petroleum potential, Dezful province, Iran.*

### **References**

Berberian, M., 1981. Active faulting and tectonics of Iran. In: Gupta, H. K., and Deiany, F. M., (eds.) Zagros-Hindu Kush - Himalaya geodynamic evolution. American Geophysics Union, Geodynamics 3, 33-69.

Berberian, M., 1995. Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. Tectonophysics, 241, 193-224.

Gill, W. D., & Ala, M. A., 1972. Sedimentology of Gachsaran Formation (Lower Fars series), Southwest Iran. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 56(10), 1965-1974.

Lali block. Joint study project. Final report. GRZ, January, 2007.

M. Sepehr, J.W.Cosgrove, 2003. Structural framework of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. Marine and Petroleum Geology 21, 2004. c 829-843.

Savostin, L. A., Sibuet, J. C., Zonenshain, L. P., Le Pichon, X. & Roulet, M. J., 1986. Kinematic evolution of the Tethys belt from the Atlantic Ocean to the Pamirs since the Triassic. Tectonophysics, 123, 1-35.

Setudehnia, A., 1978. The Mesozoic sequence in Southwest Iran and adjacent area. Journal of Petroleum Geology, 1(1), 3-42.

Sherkati S., Molinaro M., Frizon de Lamotte D., Letouzey J. Detachment folding in the Central and Eastern Zagros Fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachments and late basement control. Journal of Structural Geology, 2005.

Szabo, F. & Kheradpir, A., 1978. Permian and Triassic stratigraphy, Zagros basin, Southwest Iran. Journal of Petroleum Geology, 1(2), 57-82.

Toos Earth Science Technology Ltd., Lukoil Overseas Ltd., 2004 / Petroleum Potential Evaluation Report. Kuhdasht and Khoramabad Blocks.