

## Литолого-фациальные модели меловых карбонатных резервуаров Месопотамского прогиба: особенности строения и закономерности размещения

В.В. Пошибаев<sup>1,2\*</sup>, А.П. Прибуш<sup>2</sup>, Э.Р. Гатаулина<sup>2</sup>

1 – РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия

2 – ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», г. Москва, Россия

E-mail: \*vladimir.poshibaev@lukoil.com

**Аннотация.** В статье приводятся результаты комплексных разномасштабных исследований карбонатных природных резервуаров крупных и супергигантских месторождений нефти и газа Месопотамского прогиба. В верхнемеловых отложениях свиты Мишриф выявлены разнообразные фациальные обстановки. На одном из месторождений впервые выделены и обоснованы литофации приливно-отливных каналов. Показано, что высокие значения продуктивности связаны с зонами их распространения. Принципиально другой тип резервуара отмечается в одновозрастных отложениях на другом крупном месторождении в регионе. Здесь основная продуктивность связана с фациями кораллово-рудистовых органогенных построек и отмелей. В результате детальных седиментологических исследований и реконструкции палеобиоценозов организмов-рифостроителей выявлены основные закономерности строения резервуара. В нижнемеловых отложениях свиты Ямама выявлены и околонтурены фации кораллово-строматопорово-водорослевых органогенных построек и отмелей, распространение которых объясняет наличие отдельных изолированных залежей, а также разные положения водонефтяных контактов.

**Ключевые слова:** природные резервуары, приливно-отливные каналы, органогенные постройки, породы-коллекторы, сейсмофациальный анализ, сиквенс-стратиграфия, седиментология, свита Мишриф, свита Ямама, Месопотамский прогиб.

**Для цитирования:** Пошибаев В.В., Прибуш А.П., Гатаулина Э.Р. Литолого-фациальные модели меловых карбонатных резервуаров Месопотамского прогиба: особенности строения и закономерности размещения // Актуальные проблемы нефти и газа. 2022. Вып. 2(37). С. 186–201. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2022-37.art14>

### Введение

Нефтегазоносный бассейн Месопотамского прогиба представляет собой область уникальной концентрации нефти и газа и уже длительное время занимает лидирующее положение среди нефтедобывающих регионов мира. Основными нефтегазоносными резервуарами являются юрско-меловые карбонатные комплексы.

Поиск и разведка в юрско-меловых карбонатных отложениях Месопотамского

прогиба традиционно сосредоточены в структурных ловушках. Между тем непрерывно развивающиеся за последние десятилетия технологии сейсморазведки МОГТ-3D/2D, исследований скважин, а также методы отбора и детального изучения керна позволяют существенно детализировать представления о строении, вещественном составе и неоднородности природных резервуаров нефти и газа.

Так, в результате комплексных разномасштабных геолого-геофизических и литолого-петрофизических исследований даже относительно хорошо изученных нефтегазовых месторождений, появляются принципиально новые представления о более сложной архитектуре резервуара, его составе и физико-химических свойствах. Довольно часто оказывается, что многие ловушки, которые ранее считались структурными, более корректно относить к ловушкам комбинированного типа. Их конфигурация, как правило, бывает обусловлена, с одной стороны, структурным фактором, с другой – изменчивостью вещественного состава – литолого-фаціальными замещениями, а также изменчивостью качества резервуара, связанного с постседиментационными – диа- и катагенетическими преобразованиями.

Объектом настоящих исследований являются меловые карбонатные природные резервуары нефти и газа Месопотамского прогиба. В работе показано, что даже в пределах месторождений-супергигантов, характеризующихся высокими значениями фильтрационно-емкостных свойств, современными геолого-геофизическими методами диагностируется крайне высокая степень неоднородности, во многом определяющей стратегию промышленного освоения месторождения. Это обстоятельство позволяет расширить представления о поисковых признаках при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ в регионе.

### **Материалы и методы**

Работа основана на результатах детального литологического описания и интерпретации кернового материала скважин нескольких нефтяных залежей и месторождений Месопотамского прогиба.

Были привлечены данные геофизических исследований скважин (ГИС), сейсморазведки МОГТ-3D/2D, результаты интерпретации промыслово-геофизических исследований, анализа физико-химических свойств керна и флюидов.

Детальные литологические анализы керна и стандартных петрографических шлифов позволили охарактеризовать состав и строение изучаемых продуктивных интервалов.

Выполнен анализ типов строения разреза, проведены циклостратиграфический (сиквенс-стратиграфический) и сейсмостратиграфический анализы; осуществлена корреляция разрезов скважин; одновременно была проведена интерпретация данных сейсморазведки МОГТ-3D/2D. Анализ микропалеонтологических остатков и, в целом, реконструированных палеобиоценозов организмов-рифостроителей, сделал возможным выделение основных этапов и закономерностей формирования изучаемых карбонатных осадочных комплексов.

В результате работы были выявлены закономерности вертикального и латерального распределения литофаций и сейсмофаций, что в конечном итоге позволило осуществить прогноз зон распространения пород-коллекторов.

### **Геологическая характеристика**

В тектоническом отношении исследуемый регион приурочен к крупной ассиметричной впадине, которая была сформирована в результате длительного прогибания в области сочленения Африкано-Аравийской платформы с Альпийско-Гималайским горно-складчатым поясом.

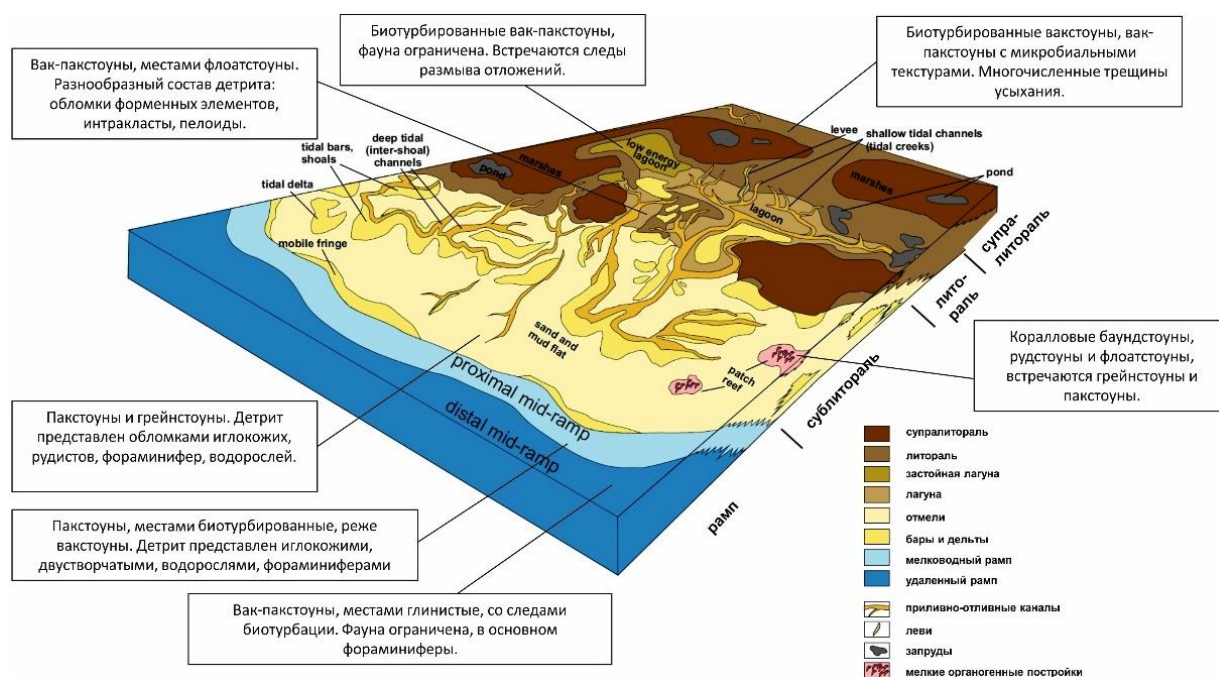
В истории геологического развития бассейна выделяется несколько основных крупных тектоно-стратиграфических этапов, соответствующих 11 мегасеквенциям (или мегациклам), которые представляют собой закономерное чередование определенных типов осадочных комплексов. В плитотектоническом отношении исследуемый регион находился в различных геодинамических обстановках, от внутриконтинентальных рифтов до пассивной и активной окраин.

Позднеюрско-позднемеловая тектоно-стратиграфическая мегасеквенция AP8 длилась порядка 57 млн лет. Она характеризуется осадконакоплением в пределах обширного карбонатного рампа и участками терригенного мелководного шельфа. Верхняя граница мегасеквенции AP8 связана с обдукцией офиолитовых комплексов на северо-восточной окраине плиты, и, по-видимому, глобальным понижением уровня моря. Основными продуктивными толщами мегасеквенции

являются свиты Ямама (берриас-валанжин) и свиты Румайла-Мишриф (сеноман-турон).

### Модель верхнемелового резервуара в отложениях приливно-отливной равнины (свита Мишриф)

Одним из основных нефтеносных уровней в пределах бассейна Персидского залива являются карбонатные отложения свиты Мишриф [1]. В регионе было детально изучено два месторождения, продуктивные толщи которых хоть и являются одновозрастными, но существенно отличаются друг от друга по литологическому составу, фациальным характеристикам, а также фильтрационно-емкостным свойствам. Одни карбонатные толщи формировались в условиях преимущественного распространения обширной приливно-отливной равнины (рис. 1), другие связаны с органогенными постройками относительно мелководного шельфа.



**Рис. 1.** Принципиальная модель седиментации для отложений свиты Мишриф, сеноманский-туронский ярусы, Месопотамский прогиб [2] с дополнениями

В пределах одного из исследуемых месторождений-супергигантов бассейна Персидского залива продуктивные отложения свиты Мишриф представлены циклическим переслаиванием органогенно-детритовых рудистовых и криноидных известняков (руд-, флоат-, грейнстоунов, пак-, вакстоунов), пелоидных известняков, в меньшей степени биогермных водорослевых, коралловых и рудистовых известняков, известняков микрокристаллических. С постепенными переходами отложения свиты Мишриф залегают на микрокристаллических известняках относительно более удаленного шельфа свиты Румайла.

Циклическое строение свиты Мишриф определяет основные закономерности распределения пород-коллекторов в разрезе. Высокие значения фильтрационно-емкостных свойств отмечаются в верхних частях выделенных циклитов. По латерали также отмечаются закономерные фациальные переходы, определяющие изменчивость фильтрационно-емкостных свойств: мелководный открытый шельф – отмели – лагуна – верхняя часть приливно-отливной равнины.

В целом формирование отложений свиты Мишриф происходило на фоне постепенного обмеления морского бассейна. Мелководно-морские отложения нижней части свиты Мишриф постепенно сменяются отложениями карбонатных отмелей в средней части разреза, а затем переходят в крайне мелководные отложения – верхнюю часть литорали. Наиболее продуктивные отложения связаны с отложениями карбонатных отмелей, широко развитыми в пределах средней части разреза.

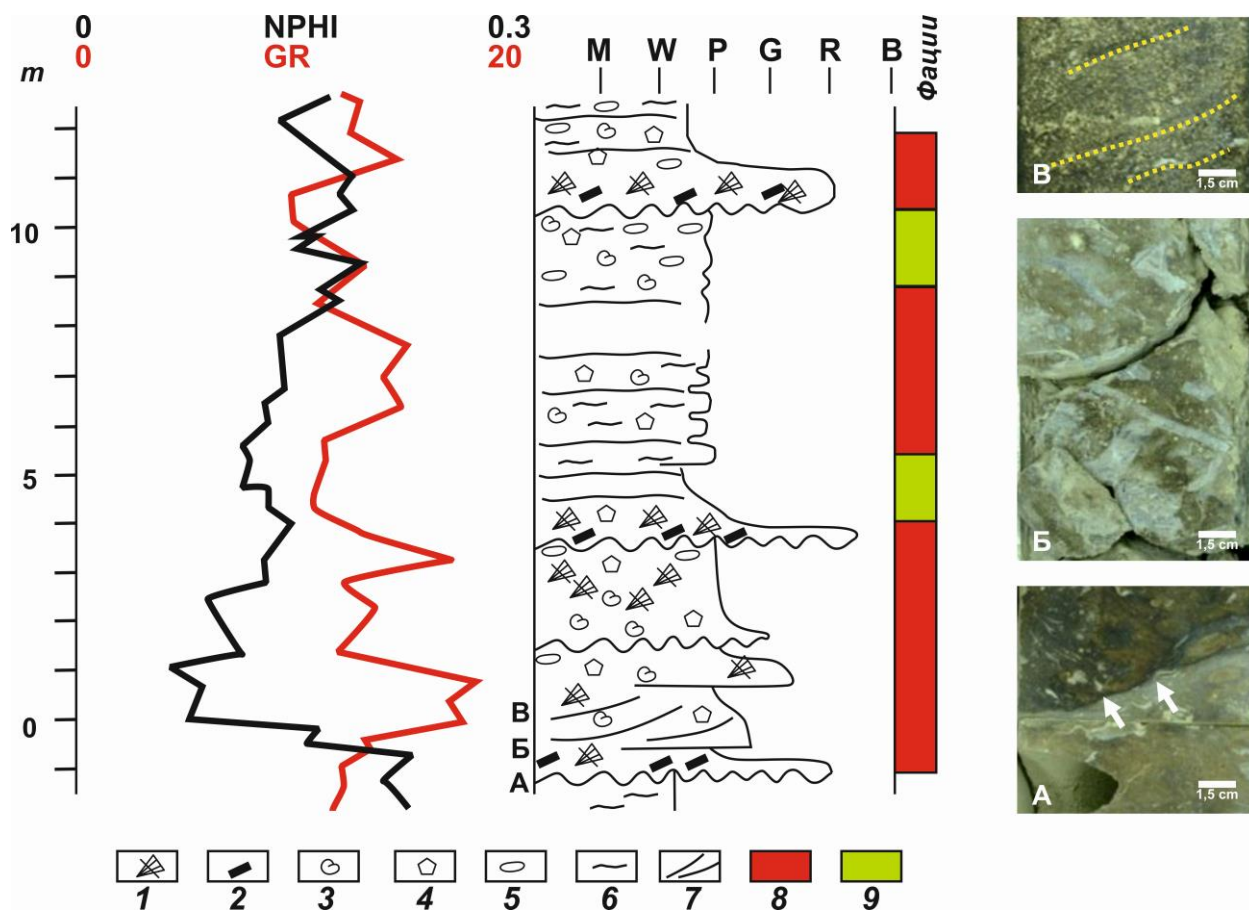
Необходимо отметить, что предыдущие фациальные реконструкции, выполненные без учета результатов сейсмофациального анализа, не всегда объясняли резко различную степень

продуктивности скважин, зачастую расположенных рядом. В результате более детального седиментологического изучения разрезов скважин по керну и анализа результатов интерпретации сейсморазведки МОГТ-2D/3D, в том числе атрибутивного анализа, было установлено, что выделенные фации отмелей, лагуны, верхней части литорали в отложениях свиты Мишриф «изрезаны» фациями многочисленных извилистых приливно-отливных каналов [2].

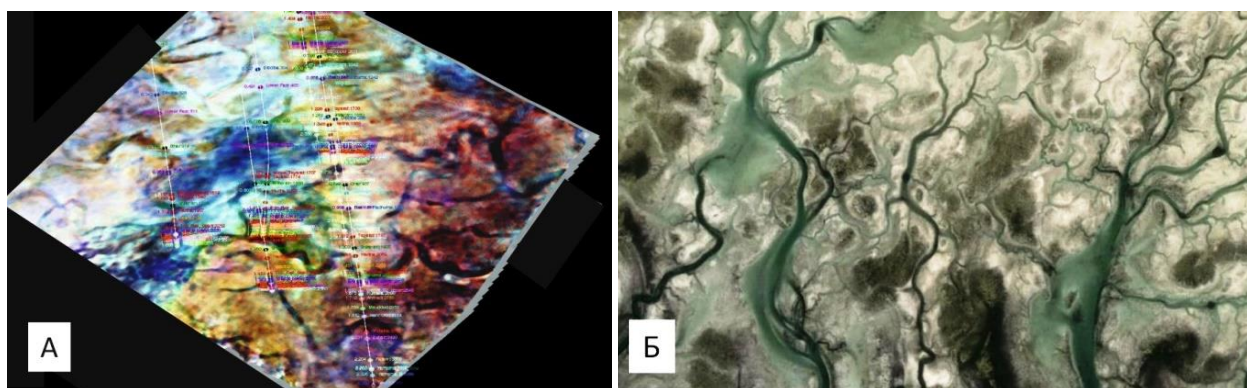
Эти фации отличаются от вмещающих отложений специфической обстановкой их формирования и динамикой водной среды. Мощность осадков, заполняющих единичные приливно-отливные каналы, составляет от 0 до 3–5 м (рис. 2), ширина колеблется в большом диапазоне: от 0,1 до 1 км. При выполнении фациальных реконструкций было установлено, что по направлению в сторону предполагаемой суши все каналы постепенно мелеют и в самой мелководной зоне (верхняя литораль) исчезают. На картах сейсмических атрибутов это хорошо отражено в виде извилистых переплетающихся аномалий (рис. 3). Наиболее отчетливо выделяющиеся каналы – более глубокие и соответственно более мощные.

Для приливно-отливных каналов также характерно их латеральное смещение подобно смещениям речных каналов, переносящих терригенный материал. Переплетающиеся многочисленные каналы можно сопоставить с терригенными дельтовыми комплексами, только ориентированными наоборот.

Установлено, что во время латеральных смещений и меандрирования приливно-отливные каналы сформировали многочисленные аккумулятивные тела (прирусловые отмели, косы), которые часто были переработаны в результате дальнейших боковых перемещений русел.



**Рис. 2.** Форма каротажных кривых, фрагмент литологической колонки и структурно-текстурные особенности фаций карбонатных приливо-отливных каналов в отложениях свиты Мишриф, сеноман-турон, Месопотамский прогиб:  
А – эрозийные контакты в основании канала, Б – многочисленные неокатанные интракласты, В – косая слоистость



**Рис. 3.** Приливо-отливные каналы:  
А – свита Мишриф, Месопотамский прогиб, на картах сейсмических атрибутов;  
Б – современные приливо-отливные каналы, Багамы, фрагмент снимка Google Earth [2]

Как правило, в основании канала расположен наиболее грубозернистый плохо сортированный органогенный детрит с интракластами и крупными обломками (рудстоуны и грейнстоуны). В этой части развиты отложения с улучшенными значениями пористости и проницаемости. Грейнстоуны оснований русел постепенно сменяются пак-вакстоунами прирусловых отмелей. Во время максимального затопления каналы заполнялись илистым материалом с органогенным детритом (вак-пакстоуны, часто пелоидные).

Литологический состав отложений, заполняющих каналы, во многом отражает гидродинамику среды осадконакопления. Наиболее грубозернистые (и соответственно высокопористые) карбонатные отложения были сформированы в каналах с высокой гидродинамикой. В этой связи при прогнозе коллекторов с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами первоочередными являются морские побережья, «изрезанные» крупными каналами.

Выявление фаций каналов в отложениях свиты Мишриф позволяет объяснить высокую степень неоднородности распределения коллекторов с улучшенными значениями фильтрационно-емкостных свойств, а также резко различную продуктивность в пределах одного из месторождений супергигантов Месопотамского прогиба. Дебиты скважин в основном существенно выше в скважинах, разбуренных в пределах распространения приливо-отливных каналов, выявленных по результатам анализа карт атрибутов. Распределение приливо-отливных каналов и прирусловых валов определяет, по-видимому, не только неоднородность распределения коллекторов, но и анизотропию их проницаемости.

Изучение и выявление приливо-отливных карбонатных отложений в осадочных толщах является достаточно

сложной задачей, несмотря на то, что за последнее время появились многочисленные, хотя и разрозненные представления о палеогеографии этих областей, геометрии формируемых здесь осадочных тел, типах ловушек и закономерностях строения природных резервуаров. Выделение и прослеживание в древних осадочных толщах палеоканалов карбонатного состава является практически неосуществимой задачей без применения данных сейсморазведки 3D, в частности, атрибутного анализа.

В исследуемом регионе приливо-отливные каналы в карбонатных отложениях были детально изучены в стратиграфических аналогах свиты Натих как в скважинах глубокого бурения, так и в обнажениях [3]. Специалисты из компании Exxon Mobil при изучении южной части исследуемого месторождения-супергиганта также пришли к выводам о существовании системы приливо-отливных каналов в верхнемеловых карбонатах, аналогами которых они считают современные приливо-отливные системы побережья Абу-Даби и Флориды.

#### **Модель верхнемелового резервуара, приуроченная к отложениям органогенных построек и отмелей (свита Мишриф)**

Принципиально иное строение имеет природный резервуар в отложениях свиты Мишриф на другом крупном нефтяном месторождении, расположенном в зоне сочленения Месопотамского прогиба и зоны Салмана (Аравийская плита). Относительно недавно в этой зоне была выявлена крупная линейно вытянутая органогенная постройка, ориентированная в северо-восточном – юго-западном направлении, протяженностью более 20 км. Мощность продуктивных отложений составляет более 120 м.

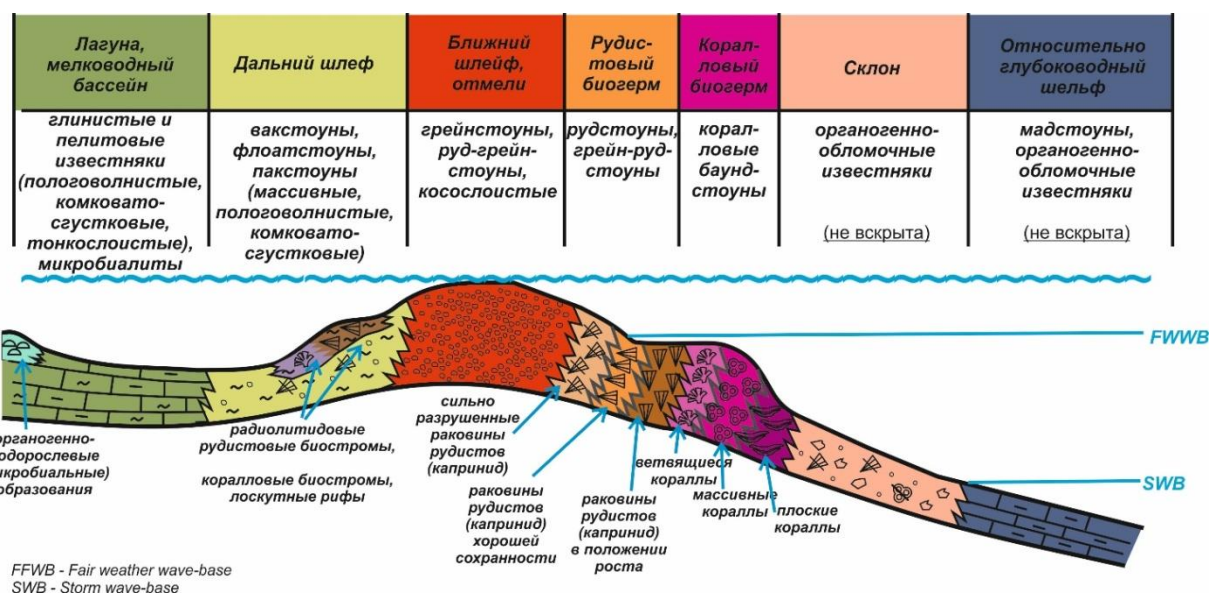


Существенный вклад в понимание строения резервуара внесли детальные седиментологические исследования, сиквенс-стратиграфический и сейсмофациальный анализы, а также анализ палеобиоценозов организмов-рифостроителей [4].

Наличие качественно отобранного и обработанного кернового материала позволило провести детальные литологические исследования в разрезах 9-ти разведочных скважин. Полученные

результаты хорошо сопоставляются с результатами интерпретации сейсморазведки МОГТ-3D/2D.

В разрезах исследуемых скважин выявлено и охарактеризовано около 28 литологических типов пород. К основным литологическим разностям были отнесены: вакстоуны, пакстоуны, грейнстоуны, рудстоуны, флоатстоуны, баундстоуны (рис. 4). Также выделены переходные разности: вакпакстоуны, пак-грейнстоуны и др.



**Рис. 4.** Схематический профиль, иллюстрирующий основные ассоциации литофаций и обстановки седиментации, свита Миширф, Месопотамский прогиб [4]

Существенную роль при литолого-фациальных реконструкциях сыграли микропалеонтологические исследования. В результате анализа палеобиоценозов было установлено, что основными организмами-рифостроителями являлись рудисты (или двустворчатые моллюски), массивные и ветвящиеся кораллы (типа *Porites*, *Pocillopora*, *Heliopora* и др.). Выявлено, что для зоны органогенной (рифовой) постройки было также типично обилие организмов-

инкрустаторов. В зоне «рифа-зарифа» широкое распространение получили зеленые и филоидные водоросли, гастроподы, брахиоподы, иглокожие, фораминиферы (милиолиды, фузулины, орбитолины и др.). В зарифовой зоне широко распространены следы роющих организмов *Ophiomorpha*. В зоне лагуны первичные осадочные структуры часто изменены следами биотурбации, среди них наиболее часто встречается *Rhizocorallium*.

Выделенные литологические типы были объединены в комплексы литофаций, последовательности которых в разрезе и по площади образуют, как правило, закономерные переходы (рис. 5): литофации открытого относительно глубоководного шельфа, склона постройки, коралловой постройки, рудистой постройки и рудистовых отмелей, литофации отмелей, литофации биостромов и одиночных рифов, мелководного открытого морского бассейна (зарифовая зона), полуизолированного мелководного морского бассейна (лагуны) [5].

В текстурном отношении рудстоуны были разделены на подтипы, имеющие важное значение для реконструкции условий осадконакопления и прогноза зон улучшенных коллекторов. Так, например, рудстоуны с многочисленными крупными, хорошо сохранившимися раковинами (более 3–5 см) и их фрагментами, а также незначительной примесью пелитового материала характеризуются самыми высокими значениями фильтрационно-емкостных свойств. Предполагается, что они были сформированы в непосредственной близости от органогенной постройки. Рудстоуны с мелкими, сильно раздробленными обломками, вероятно, могли быть перенесены на более дальние расстояния, что было учтено при фациальных реконструкциях.

В разрезах исследуемого месторождения было выявлено два вида ископаемых рудистов: *Caprinidae* и *Radiolitidae*. Самые продуктивные нефтеносные интервалы выявлены в пачках рудстоунов, сложенных рудистами *Caprinidae*. *Caprinidae* формировали, по-видимому, умеренно крупные постройки в

пределах мелководных участков непосредственно за коралловыми рифами.

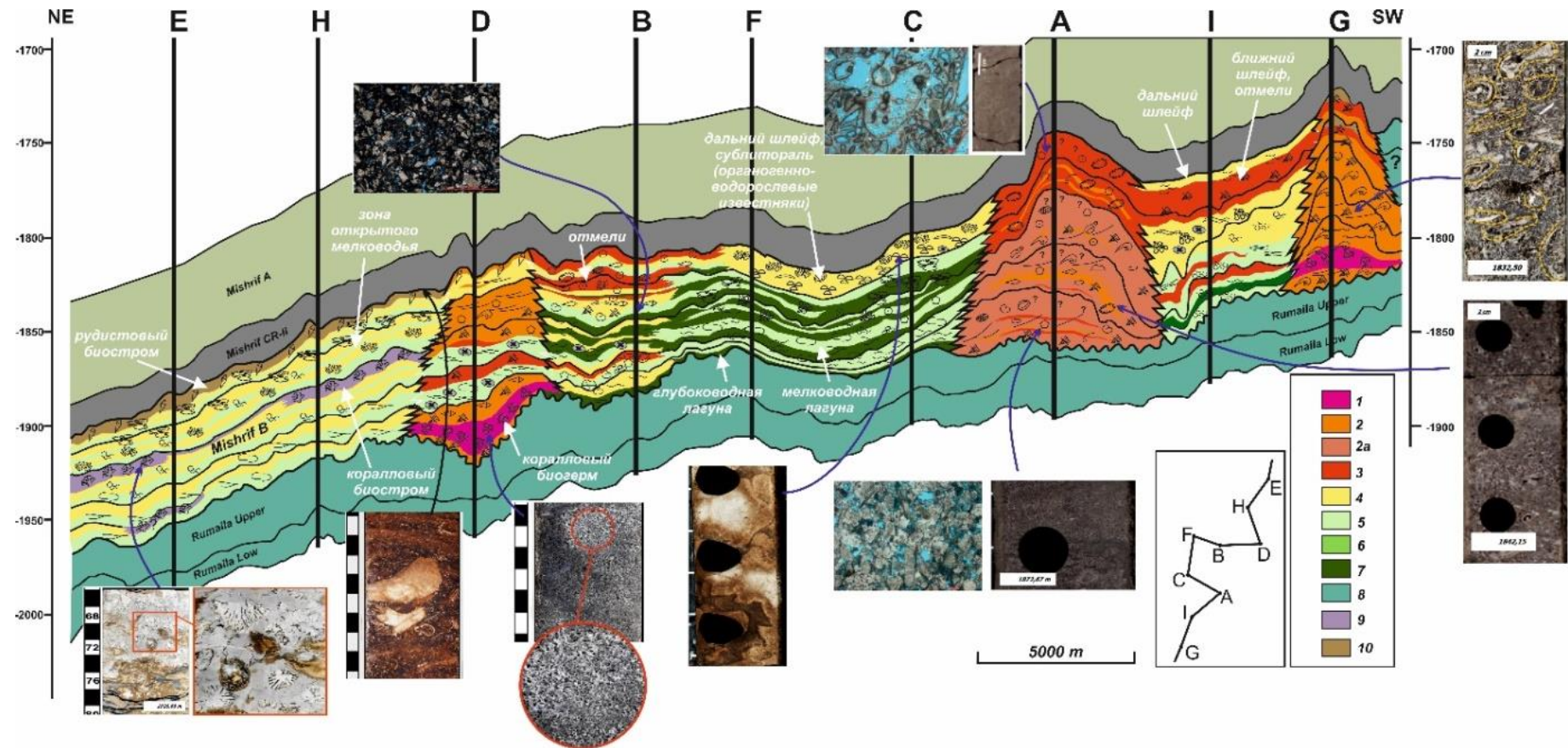
Литофации коралловой постройки встречаются в нижнем циклите свиты Мишриф и имеют ограниченное распространение по латерали. Литофации коралловых колоний связаны, по-видимому, с относительно более глубоководными условиями, высокой степенью прозрачности морской воды и нормальной соленостью, характеризуются высокими значениями фильтрационно-емкостных свойств.

Выполненный детальный седиментологический анализ позволил выделить в разрезах исследуемых скважин секвенции (циклиты) меньших порядков. Всего выявлено пять асимметричных трансгрессивно-регрессивных секвенций. Самая нижняя, первая, секвенция залегает на отложениях свиты Румайла с размывом в зоне рифовой постройки и без следов явных несогласий в зарифовой зоне и лагуне. Мощности трех нижних секвенций достаточно резко меняются по площади, в то время как верхние две секвенции являются относительно выдержанными по толщине.

Для секвенций характерна асимметричная структура, трансгрессивная часть резко сокращена. Самые пористые карбонатные разности приурочены к верхним ее частям.

Установлена отчетливая зависимость между мощностями секвенций, фациальными зонами и эффективными толщинами коллекторов. Наибольшие мощности отложений и суммарные эффективные толщины коллекторов наблюдаются в зоне рифовой постройки, минимальные – в лагуне. Две верхние секвенции относительно выдержаны по площади и связаны с фациями карбонатных отмелей.





Условные обозначения: 1 – массивные коралловые баундстоуны, 2 – рудстоуны; 2a – грейстоуны;  
 3 – руд-грейнстоуны; 4 – пак-грейнстоуны; 5 – пакстоуны; 6 – вак-пакстоуны; 7 – вакстоуны; 8 – отложения свиты Румайла;  
 9 – коралловый биостром; 10 – радиолитидовый биостром

**Рис. 5.** Профиль месторождения Свита Мишриф, Месопотамский прогиб, с нанесенными границами секвенций и литофациями [4]

В результате выполненных исследований было установлено, что органогенная постройка характеризуется отчетливым асимметричным и зональным распределением литофаций, связанным с комплексом факторов, ключевыми из которых являлись, вероятно, преобладающее направление течений и волнений, а также относительная глубина морского дна.

Постепенное обмеление бассейна седиментации во время формирования свиты Мишриф привело к исчезновению массивных коралловых построек и масштабному расцвету рудистовых колоний. Дальнейшее обмеление привело к исчезновению рудистовых построек и появлению обширных отмельных зон и водорослевых лагун.

Наиболее высокие значения фильтрационно-емкостных свойств характерны для рудстоунов, грейнстоунов, руд-грейнстоунов, коралловых баундстоунов.

Таким образом, в результате проведенных исследований было показано, что неоднородность резервуара во многом связана с многообразием фациальных обстановок. Изменчивость качества природного резервуара во многом определяется закономерной сменой литофаций, образованных в определенные этапы (циклы) колебаний уровня моря. Наиболее высокие значения фильтрационно-емкостных показателей связаны с фациями органогенных построек и отмелей. Детальный седиментологический и микропалеонтологический анализ керн показал, что ископаемые рифы как природные резервуары нефти и газа могут хранить в себе крайне важную информацию об обстановках осадконакопления и ее изменчивости даже за относительно короткие промежутки времени. Трудность изучения

нефтегазоносных рифовых построек связана как с их неоднородным внутренним строением, так и со сложной внешней конфигурацией.

#### **Модель нижнемелового резервуара, приуроченная к отложениям органогенных построек и отмелей (свита Ямама)**

В пределах бассейна Месопотамского прогиба были также изучены более глубоко залегающие берриасско-валанжинские отложения свиты Ямама. Мощность свиты в пределах района исследований составляет 250–300 м [6]. В этих отложениях была начата пробная эксплуатация. Результаты бурения новых скважин, анализа замеров пластового давления и PVT-свойств пластовых флюидов показали, что существующие представления о пластовом и однородном строении резервуара являются крайне упрощенными и увеличивают риски выбора неэффективной системы разработки месторождения, числа проектных скважин.

В этой связи были проведены комплексные литологические и геолого-геофизические исследования и построена новая концептуальная модель строения нижнемелового резервуара свиты Ямама. Предложено геологическое обоснование наличия отдельных изолированных залежей и разных уровней водонефтяных контактов в интервале свиты Ямама. Установлено, что неравномерное распределение фильтрационно-емкостных свойств обусловлено высокой степенью латеральной и вертикальной неоднородности, связанной с фациальной изменчивостью продуктивных отложений, а также интенсивностью и направленностью вторичных преобразований пород, в том числе трещиноватости.

В результате проведенных литологических исследований было установлено, что в разрезах исследуемых скважин отложения свиты Ямама представлены известняками биогермными кораллово-строматопорово-водорослевыми, органогенно-водорослевыми, органогенно-обломочными, комковато-сгустковыми, известняками полого-волнистыми органогенно-обломочными и глинистыми, известняками массивными пелитовыми (мадстоунами).

Известняки биогермные характеризуются каркасным строением. Органогенный каркас, как правило, сложен реликтами строматопороидей, кораллов, микробиально-водорослевых образований. Органогенно-обломочные известняки

представлены оолитовыми и пелоидными грейнстоунами, пак- и вакстоунами, а также переходными разностями. Для мадстоунов характерно обилие пелитового, часто глинистого, материала.

Одной из отличительных особенностей отложений формации Ямама является обилие в биогермных известняках организмов-инкrustаторов *Lithocodium–Bacinella*. *Lithocodium aggregatum* и *Bacinella correctis* – представителей вымерших известковых организмов-инкrustаторов, таксономическое положение которых является дискуссионным и неоднозначным [7]. Их наличие, как правило, указывает на рифовые или лагунные обстановки субтропических мелководных условий (рис. 6).

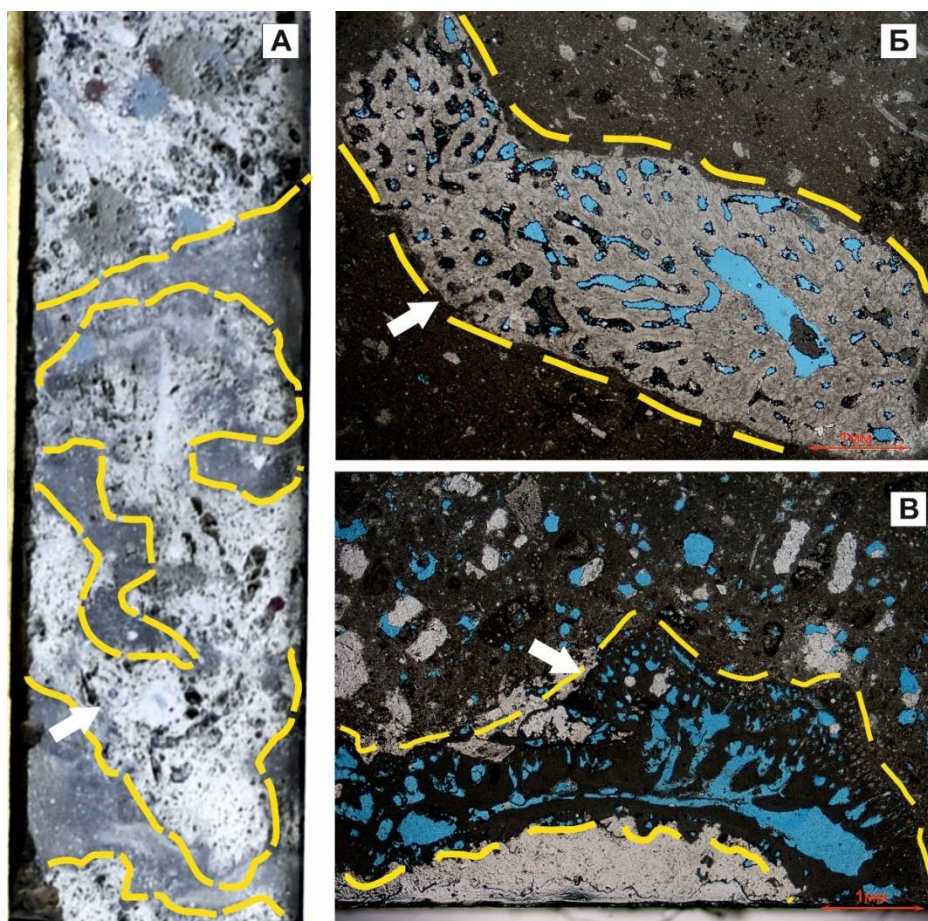


Рис. 6. Организмы-рифостроители в отложениях свиты Ямама, Месопотамский прогиб:

А – строматопорово-кораллово-водорослевый баундстоун (фрагмент фотографии распиленного керна);

Б – фрагменты склероспонгий (губок), без анализатора; В – фрагменты организмов-инкrustаторов *Lithocodium–Bacinella*, без анализатора (фото Е.Е. Винокурова)



Микроинкрустаторы имеют важное значение при восстановлении палеогеографии и палеоэкологии. *Lithocodium aggregatum*, *Bacinella irregularis* и их ассоциации служат показателями мелководных олиготрофных условий (развивающиеся в среде с низким содержанием питательных веществ) внутренней платформы и ее края при небольшой скорости седиментации.

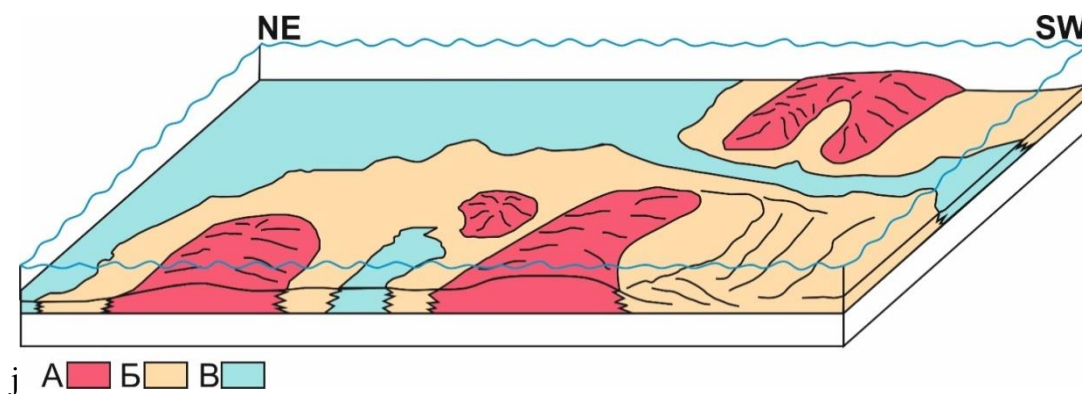
Известняки, содержащие реликты *Lithocodium–Bacinella*, характеризуются хорошими коллекторскими свойствами, образуют крупные (до нескольких км) холмовидные постройки высотой до нескольких десятков метров.

По итогам проведенных исследований было предложено выделить в разрезе 4 крупных ассиметричных трансгрессивно-регрессивных циклита (секвенции): B2, B1, A2, A1. Было показано, что регрессивная часть циклитов преобладает над трансгрессивной, циклиты (секвенции) характеризуются ассиметричным строением. Секвенции B2 и B1 представлены в основном

известняками глинистыми и известняками биогермными. Секвенции A2 и A1 сложены преимущественно органогенно-обломочными известняками. В целом, нижние части секвенций представлены, как правило, глинистыми известняками, верхние – известняками биогермными и органогенно-обломочными. Уровень Ямама В характеризуется преобладанием биогермных известняков, Ямама А – органогенно-обломочных известняков. Высокие значения фильтрационно-емкостных свойств отмечаются в верхних частях выделенных циклитов.

На основе проведенных литологических исследований, а также анализа карт толщин выделенных секвенций и карт эффективных толщин, было предложено выделить трех основных фациальных зон (рис. 7):

- 1) преимущественного развития органогенных построек;
- 2) преимущественного распространения карбонатных отмелей и лагун;
- 3) открытого шельфа.



**Рис. 7.** Концептуальная модель строения продуктивных отложений свиты Ямама, Месопотамский прогиб: А – фации органогенных построек; Б – зона преимущественного распространения отмелей; В – фации открытого шельфа, [8] с дополнениями

Для выделенных секвенций была установлена приемлемая корреляция между характеристиками коллекторов (эффективные толщины) и результатами

атрибутного анализа, а также интерпретации сейсморазведки МОГТ-3D/2D. Построены детальные карты распределения основных групп сейсмофаций.

Результаты проведенного динамического анализа в комплексе с седиментологическими исследованиями ядра существенно повлияли на структуру итоговых геологической и гидродинамических моделей месторождения, а также изменение запасов углеводородов.

### Заключение

Отличительной особенностью продуктивных меловых карбонатных отложений Месопотамского прогиба является наличие высокопористых и высокопроницаемых пород-коллекторов. Несмотря на это, отложения характеризуются высокой степенью вертикальной и латеральной неоднородностей.

В пределах одного из месторождений-супергигантов Месопотамского прогиба в результате детального анализа ядра, промыслово-геофизических исследований и, главным образом, данных сейсморазведки МОГТ-2D/3D, в отложениях свиты Мишриф (сеноман-турон) были закартированы аномалии в виде сети многочисленных извилистых переплетающихся каналов. Показано, что выявленные аномалии соответствуют системе переплетающихся каналов в пределах обширной приливно-отливной карбонатной равнины.

Установлено что отложения, заполняющие каналы, характеризуются более высокими значениями фильтрационно-емкостных свойств. Распределение

приливно-отливных каналов и прирусловых валов определяет, по-видимому, не только неоднородность распределения коллекторов, но и анизотропию проницаемости природного резервуара.

В пределах другого крупного месторождения отложения свиты Мишриф имеют принципиально иное строение и связаны с фациями органогенных рудистовых и коралловых построек, а также фациями отмелей. Проведенный комплексный анализ распределения литофаций и палеобиоценозов организмов-рифостроителей позволил существенно детализировать представления о неоднородности выявленной органогенной постройки и повысить достоверность прогноза зон коллекторов с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами.

Для нижнемеловых продуктивных отложений свиты Ямама предложена новая концептуальная геологическая модель одного из крупнейших месторождений Месопотамского прогиба. В центральной части месторождения обнаружена и околонуена крупная аномалия, соответствующая органогенной кораллово-строматопорово-водорослевой постройке. Установлено, что залежи в отложениях свиты Ямама приурочены к ловушкам комбинированного типа. Их конфигурация обусловлена, с одной стороны, структурным фактором, с другой – изменчивостью вещественного состава – литологическими замещениями.

### Литература

1. *Mahdi T.A., Aqrabi A.A.M., Horbury A.D., Sherwani G.H.* Sedimentological characterization of the mid-Cretaceous Mishrif reservoir in southern Mesopotamian Basin, Iraq // *GeoArabia*. 2013. Vol. 18, No. 1. P. 139–174. <https://doi.org/10.2113/geoarabia1801139>
2. *Пошибаев В.В., Прибуш А.П., Хупели Р.В.* Система приливно-отливных каналов в верхнемеловых карбонатных отложениях Месопотамского прогиба (на примере одного из

месторождений-супергигантов) // ГеоЕвразия-2020. Современные технологии изучения и освоения недр Евразии: Материалы III Международной геолого-геофизической конференции и выставки. Т. I. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2020. С. 89–92.

3. *Grélaud C., Razin P., Homewood P.* Channelized systems in an inner carbonate platform setting: Differentiation between incisions and tidal channels (Natih Formation, Late Cretaceous, Oman) // Geological Society, London, Special Publications. 2010. Vol. 329. P. 163–186. <https://doi.org/10.1144/SP329.8>

4. *Пошибаев В.В., Семянов М.А., Делия П.С.* и др. Фациальный анализ и палеоэкология позднемеловых органогенных построек южной части Ирака (на примере одного из нефтяных месторождений) // ГеоЕвразия-2021. Геологоразведка в современных реалиях: Материалы IV Международной геолого-геофизической конференции и выставки. Т. I. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2021. С. 286–290.

5. *Hattori K.E., Kerans C., Martindale R.C.* Sequence stratigraphic and paleoecologic analysis of an Albian coral-rudist patch reef, Arizona, USA // *Palaios*. 2019. Vol. 34, No. 12. P. 600–615. <https://doi.org/10.2110/palo.2019.052>

6. *Chafeet H.A.* Yamama reservoir characterization in the West Qurna oil field, Southern Iraq // *Iraqi Journal of Science*. 2016. Vol. 57, No. 24. P. 938–947.

7. *Rameil N., Immenhauser A., Warrlich G.* et al. Morphological patterns of Aptian *Lithocodium–Bacinella* geobodies: Relation to environment and scale // *Sedimentology*. 2010. Vol. 57, No. 3. P. 883–911. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2009.01124.x>

8. *Brigaud B., Vincent B., Carpentier C.* et al. Growth and demise of the Jurassic carbonate platform in the intracratonic Paris Basin (France): Interplay of climate change, eustasy and tectonics // *Marine and Petroleum Geology*. 2014. Vol. 53. P. 3–29. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2013.09.008>



## Lithofacies models of cretaceous reservoirs of the Mesopotamian trough: structural features and distribution patterns

V.V. Poshibaev<sup>1,2\*</sup>, A.P. Pribush<sup>2</sup>, E.R. Gataulina<sup>2</sup>

1 – National University of Oil and Gas “Gubkin University”, Moscow, Russia

2 – LUKOIL-Engineering LLC, Moscow, Russia

E-mail: \*vladimir.poshibaev@lukoil.com

**Abstract.** The article presents the results of complex multi-scale studies of carbonate natural reservoirs of large and supergiant oil and gas fields of the Mesopotamian trough. Various depositional environments have been identified in the Upper Cretaceous sediments of the Mishrif formation. Facies of tidal channels have been identified and substantiated for the first time at one of the deposits. It is shown that high productivity values are associated with their distribution zones. A fundamentally different type of reservoir is noted in the same-age deposits at another deposit. Here, the main productivity is associated with facies of coral-rudist buildups and shoals. As a result of detailed sedimentological studies and reconstruction of paleobiocenoses of reef-building organisms, the main patterns of the reservoir architecture were revealed. In the Lower Cretaceous deposits of the Yamama formation, coral-stromatoporoid-algae facies and peloid-oolitic shoals have been identified and contoured. Their distribution explains the presence of separate isolated deposits, as well as different positions of water-oil contacts.

**Keywords:** natural reservoirs, tidal channels, buildups, reservoir rocks, seismic facies analysis, sequence stratigraphy, sedimentology, Mishrif formation, Yamama formation, Mesopotamian trough.

**Citation:** Poshibaev V.V., Pribush A.P., Gataulina E.R. Lithofacies models of cretaceous reservoirs of the Mesopotamian trough: structural features and distribution patterns // Actual Problems of Oil and Gas. 2022. Iss. 2(37). P. 186–201. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2022-37.art14> (In Russ.).

### References

1. Mahdi T.A., Aqrabi A.A.M., Horbury A.D., Sherwani G.H. Sedimentological characterization of the mid-Cretaceous Mishrif reservoir in southern Mesopotamian Basin, Iraq // *GeoArabia*. 2013. Vol. 18, No. 1. P. 139–174. <https://doi.org/10.2113/geoarabia1801139>
2. Poshibaev V.V., Pribush A.P., Khipele R.V. Tidal channels system in the Upper Cretaceous carbonates of the Mesopotamia Foredeep (evidence from one of the super-giant oil fields) // *GeoEurasia 2020. Modern Technologies for the Study and Development of the Mineral Resources of Eurasia: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference and Exhibition*. Vol. I. Tver: PolyPRESS LLC, 2020. P. 89–92. (In Russ.).
3. Grélaud C., Razin P., Homewood P. Channelized systems in an inner carbonate platform setting: Differentiation between incisions and tidal channels (Natih Formation, Late Cretaceous, Oman) // *Geological Society, London, Special Publications*. 2010. Vol. 329. P. 163–186. <https://doi.org/10.1144/SP329.8>
4. Poshibaev V.V., Semyanov M.A., Deliya P.S. et al. Facies analysis and paleoecology of Late Cretaceous organogenic structures in the southern part of Iraq (on the example of one of the oil fields) // *GeoEurasia-2021. Geological Exploration in Modern Realities: Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference and Exhibition*. Vol. I. Tver: PolyPRESS LLC, 2021. P. 286–290. (In Russ.).

5. *Hattori K.E., Kerans C., Martindale R.C.* Sequence stratigraphic and paleoecologic analysis of an Albian coral-rudist patch reef, Arizona, USA // *Palaios*. 2019. Vol. 34, No. 12. P. 600–615. <https://doi.org/10.2110/palo.2019.052>
6. *Chafeet H.A.* Yamama reservoir characterization in the West Qurna oil field, Southern Iraq // *Iraqi Journal of Science*. 2016. Vol. 57, No. 24. P. 938–947.
7. *Rameil N., Immenhauser A., Warrlich G.* et al. Morphological patterns of Aptian *Lithocodium–Bacinella* geobodies: Relation to environment and scale // *Sedimentology*. 2010. Vol. 57, No. 3. P. 883–911. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2009.01124.x>
8. *Brigaud B., Vincent B., Carpentier C.* et al. Growth and demise of the Jurassic carbonate platform in the intracratonic Paris Basin (France): Interplay of climate change, eustasy and tectonics // *Marine and Petroleum Geology*. 2014. Vol. 53. P. 3–29. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2013.09.008>