

**СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НИЖНЕМИОЦЕНОВЫХ
КОЛЛЕКТОРОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО УЧАСТКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ДРАКОН (ВЬЕТНАМ)**

LOWER MIOCENE RESERVOIRS STRUCTURE AND DEPOSITIONAL
ENVIRONMENTS OF THE CENTRAL PART OF DRAGON OILFIELD (VIETNAM)

Е. В. Фролова

E. V. Frolova

НИПИморнефтегаз СП «Вьетсовпетро», г. Вунгтау, Вьетнам

*Ключевые слова: фации; обстановки осадконакопления; литолого-фациальный анализ;
электрометрические модели фаций; сейсмofации*

*Key words: facies; depositional environments; litho-facial analysis; electrometric facies model;
seismic facies*

Особый интерес к нижнемиоценовым отложениям в зоне деятельности СП «Вьетсовпетро» (блок 09-1) вызван постепенным истощением уникальных залежей нефти в трещиноватых породах фундамента, возможностью перевода добывающих скважин на вышележащие объекты залежей в терригенных породах осадочного чехла и ввода новых залежей в разработку. В настоящее время ведутся не только разведочные работы на малоизученных площадях, уделяется огромное внимание малоамплитудным, неструктурным, литологическим ловушкам, но также проводится тщательный анализ материалов пробуренных скважин с целью повышения эффективности эксплуатации месторождений, которая связана с реализацией определенных технологических схем разработки залежей в соответствии с построенными геологическими моделями пластов.

Имеющаяся на сегодняшний день геологическая модель Центрального участка месторождения Дракон не в полной мере учитывает значительную литологическую неоднородность нижнемиоценовых коллекторов. Причина ее образования — это локальные изменения условий синхронного осадконакопления, приводящие к образованию сложно построенных геологических тел. Подавляющее большинство ассоциаций терригенных пород участка было сформировано в условиях мелководного бассейна при значительных колебаниях объемов и фракционного состава осадков. В таких условиях невозможно представить образование однородных, выдержанных на расстоянии сотен и десятков километров, пластообразующих толщ.

Детальная литологическая модель пласта представляет собой мощный инструмент для изучения закономерностей распределения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС), так как в большинстве пластов фации и петрофизические характеристики тесно взаимосвязаны.

Литологическую изменчивость возможно предсказать на основании достоверно подобранной седиментационной и построенной литолого-фациальной модели, а значит и спрогнозировать распределение фильтрационно-емкостных параметров на участках, не выявленных бурением [1]. В связи с этим возникает необходимость в изучении строения и условий формирования нижнемиоценовых коллекторов Центрального участка месторождения Дракон, что позволит спрогнозировать закономерности распределения ФЕС, провести более корректную оценку запасов участка и повысить эффективность извлечения запасов нефти.

Центральный участок месторождения Дракон расположен в центральной части Кыулонгского бассейна на шельфе южного Вьетнама. Залежи нефти рассматриваемого участка приурочены к нижнемиоценовой толще терригенных пород, которая относится к свите Батьхо и выделяется между сейсмогоризонтами СГ-7 и СГ-3. Нижнемиоценовый комплекс включает 4 продуктивных пласта (21, 22, 23, 24), представляющих из себя самостоятельные залежи (21А, 21В, 22А, 22В, 22С, 22D, 22Е, 23А, 23В), и характеризуется значительной литологической и фациальной неоднородностью по площади и разрезу.

Процесс изучения строения и условий формирования нижнемиоценовых коллекторов базируется на следующих этапах: 1) детальное изучение керна на основе литолого-фациального анализа, определение основных признаков, необходимых для идентифи-

кации обстановок осадконакопления (гранулометрический состав, сортированность материала, текстура (слоистость), наличие и количество органики, контакты и переходы) [2], выделение фациальных обстановок по керновому материалу; 2) привязка фациальных обстановок к электрометрическим моделям фаций с применением электрофациального анализа, в основу которого положено изучение по данным радиоактивного каротажа (ГК) и самопроизвольной поляризации (ПС) особенностей распределения гранулометрической неоднородности пласта по разрезу, характеризующей гидродинамику процесса осадконакопления [3, 4, 5, 6]; 3) проведение сейсмофациального анализа, детальной интерпретации сейсмических материалов на основе анализа сейсмических толщ, контроля моделей отражений и анализа последовательности отложений сейсмических толщ; 4) интерпретация данных биостратиграфического изучения и анализа толщин отложений; 5) интеграция результатов и комплексная интерпретация обстановок осадконакопления, построение корреляционных профилей и литолого-фациальных карт.

Сложное строение отложений нижнемиоценового комплекса обусловлено особенностями условий накопления осадков. Исследованиями предыдущих лет выделены три основных взгляда на механизм осадконакопления отложений: приливно-отливной с неустойчивым положением береговой линии и мангровым типом растительности; аллювиально-речной или дельтовый (СГ-5, СГ-7), равнинно-дельтовый, мелководно-морской (СГ-3, СГ-5); и трансгрессивный.

Результаты проведенных фациальных реконструкций на основе сейсмических материалов, данных геофизических исследований скважин (ГИС) 38 и керна материала 5 разведочных скважин (скв. R-15, R-17, R-19, R-28, R-29) показали, что породы нижнемиоценовой толщи формировались в условиях приливно-отливной зоны с образованием прибрежных отмелей, вдольбереговых баров, барьерных островов и дельтовых конусов выноса с преобладанием приливно-отливного режима над волновым.

В целом для отложений нижнемиоценовой толщи отмечаются следующие литологические признаки: пестроцветная седиментационная и синседиментационная окраска в зеленоватых и красноватых тонах с резким преобладанием последних; резко выраженная разномасштабная структурная неоднородность практически всех разновидностей пород; преобладание линзовидной (флазерной, желваковидной, комковатой) текстуры, широкое развитие биотурбационных текстур, наличие текстур синседиментационного дробления (растрескивания), оползания и смятия; наличие в прослоях различной структуры извилистых субвертикальных каналов корневой системы крупных растений, заполненных крупнозернистым материалом; вертикальная и латеральная изменчивость пестроцветных пород, при этом выдержанность или плавная изменчивость общих толщин пачек по площади и надежная корреляция их границ. Все вышеперечисленные признаки соответствуют характеру отложений приливно-отливной зоны с развитием обильной растительности.

Верхняя часть нижнемиоценовой толщи сложена ритмичным чередованием пород двух литологических типов – песчаников и смешанных песчано-алевро-глинистых пород, образующих пачки толщиной ~ 1–7 м. Пачки имеют однородное строение или в различной степени дифференцированы по структурному признаку. Границы между пачками отчетливо выраженные, резкие, часто эрозионные.

Песчаники бурые, буровато-серые и серые в зависимости от наличия и интенсивности нефтенасыщения, полимиктовые аркозовые, преимущественно крупнозернистые и разнотекстурные с примесью гравийного материала, средней и плохой сортировки. Реже песчаники имеют мелкозернистую или средне-мелкозернистую структуру и среднюю до хорошей сортировку.

Текстура песчаников массивная и неясно выраженная крупнослоистая. Локально, в разрезах отдельных скважин (R-17), развиты песчаники тонкослоистой ровной и линзовидно-косо-волнистой текстуры с изменяющимися по разрезу углами падения прослоев. Песчаники слабо заилены, по разным скважинам среднее содержание глинистого материала составляет 4–7 %, что, учитывая незначительную степень уплотнения зернистого каркаса, обеспечивает довольно слабую связь зерен с цементом контактово-плечного типа и сохраняет их первичную межзерновую пористость.

Смешанные песчано-алевро-глинистые породы имеют пестроцветные окраски, изменяющиеся от равномерных красновато-коричневых, зеленовато-серых, интенсивно насыщенных вишнево-коричневых, участками с фиолетовым оттенком до резко неравномерных, различного рисунка пятнистых пестроцветных с преобладанием красноватых тонов при подчиненном и резко подчиненном значении зеленовато-серых пятен и прожилков. Смешанные породы характеризуются существенной структурно-вещественной неоднородностью, которая проявляется в разнообразных сочетаниях песчаной, алевритовой и пелитовой составляющих, ни одна из которых не превышает 50 %. Тектурные признаки смешанных пород, подчеркнутые окраской, четко выражены и разнообразны.

Преимущественное развитие по разрезу и площади среди пестроцветов имеют глинисто-песчано-алевритовые породы с узловатой, комковатой (флазерной или желваковидной) текстурой. Довольно часто встречается пятнистая текстура глинистых алевро-песчаников, реже — однородная и пятнисто-линзовидно-слоистая текстура алевритов глинистых и песчаников глинистых алевритистых. В единичных случаях непосредственно в керне установлена текстура синседиментационного брекчирования и оползания, во фрагментах таких брекчий отмечается микро-тонкослоистая текстура с элементами пластической деформации серий слоев (скв. R-28).

Текстуры поверхности слоя не установлены, нижнемиоценовый разрез почти «немой». Однако в нем отмечаются биогенные текстуры и другие следы жизнедеятельности растений и организмов, которые, как правило, приурочены к пестроцветным породам. Крупно- и мелкопятнистые текстуры алевро-песчаных пород в большинстве случаев можно интерпретировать как биотурбационные текстуры. Также к биогенным текстурам можно отнести каналы корневой системы растений. Кроме того, в породах отмечаются четкие биогенные структурные образования в виде мелких глинистых фекальных пеллет, часто образующих групповые скопления.

Для отложений нижнемиоценового комплекса участка обломки пород преобладают в составе песчаного и гравийно-галечного материала, среди них в большей мере распространены гранитоиды, что свидетельствует о преобладающем кислом и среднем составе пород области сноса. Учитывая слабую степень окатанности зерен кварца и полевых шпатов, среднюю, иногда плохую степень сортированности обломочного материала, можно допустить транспортировку материала на близкие расстояния при быстром захоронении. При таких условиях источником сноса обломочного материала могли служить гранитные, диоритовые и габбродиоритовые интрузивные массивы поднятия Коншон и в меньшей степени континентальной части Вьетнама.

Ввиду относительно невысокого отбора кернового материала для фациальных реконструкций находит широкое применение электрофациальный анализ, в основу которого положено изучение по данным радиоактивного каротажа (ГК) и самопроизвольной поляризации (ПС) особенностей распределения гранулометрической неоднородности пласта по разрезу, характеризующей гидродинамику процесса осадконакопления [3, 4, 5, 6]. На основе определенных по керновому материалу фаций проведена привязка обстановок к формам ГК (рисунок) и выбрана схема фациального расчленения отложений нижнемиоценовой толщи (таблица).

Применение данных ГИС для фациальной диагностики электрометрических моделей фаций предоставляет возможность получать непрерывную информацию о разрезе вдоль всей скважины [5], однако следует учитывать многообразие фациальных обстановок и ограниченное число форм кривых ПС и ГК. Следующим этапом исследований являлось прослеживание фациальных тел с обязательным учетом цикличности по разрезу и площади при помощи построения корреляционных профилей. Объективность построений проконтролирована подбором соответствующих седиментационных моделей, отражающих пространственное распределение фациальных обстановок [4] для каждого продуктивного горизонта.

В использованном для фациальных реконструкций сейсмофациальном анализе выделение сейсмофаций по результатам изменения волновой картины является основой для определения и картирования перспективных нефтеносных участков. В настоящее время эта технология наиболее широко применяется при интерпретации данных сейс-

моразведки [7]. Целями сейсмофациальных исследований являются восстановление обстановок осадконакопления и прогноз литофаций по данным сейсморазведки. Результаты анализа характеристик отражений (частота, амплитуда, фаза) в комплексе с данными геофизических исследований скважин, изучения керна позволили выделить условия осадконакопления в составе макрофаций (переходные/прибрежные, дельтовые, мелководно-морские) и проследить их распространение по площади и разрезу.

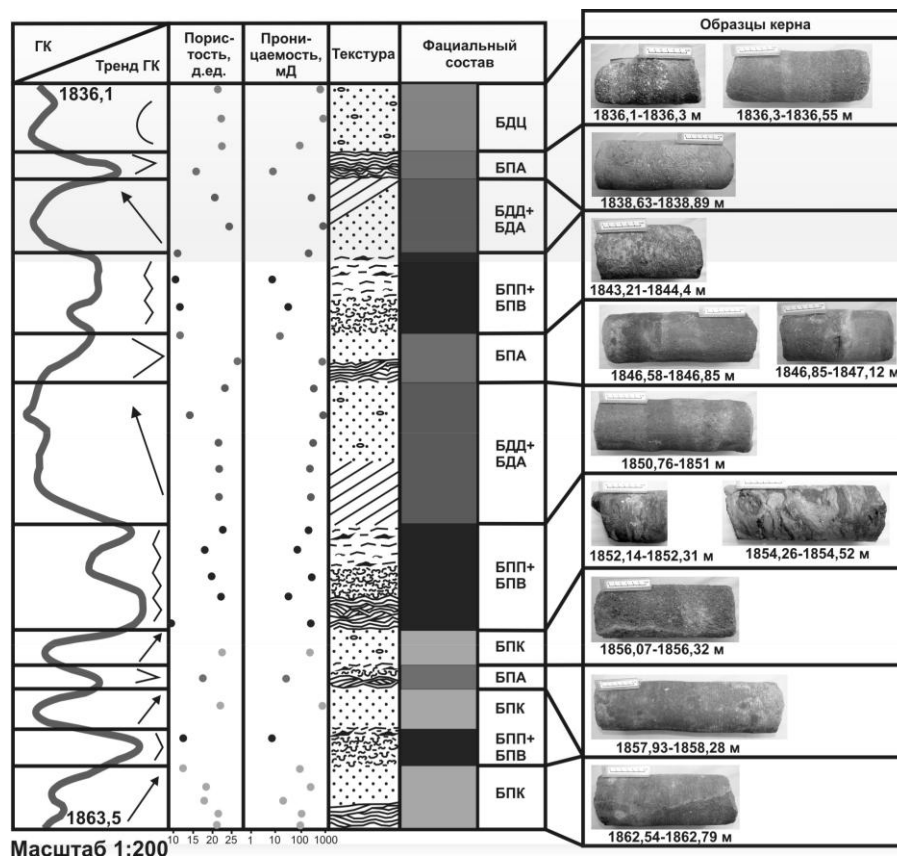


Рисунок. Литолого-геофизическая колонка по скважине R-28 с типизацией формы ГК для различных фаций, текстура: — массивная с гравийными включениями, — массивная, — косая однонаправленная, — узловатая с элементами фазерной, — комковатая, желваковидная, — полого-косо-линзовидно-волнистая, — полого-волнистая

По данным анализа толщин и результатов биостратиграфического изучения отложений нижней части нижнемиоценового комплекса (СГ-7, СГ-5) фиксируется наличие поднятия и размыв пород юго-восточной части месторождения Дракон. Центральный участок представлял собой прибрежную дельтовую зону, переходную от аллювиально-озерной равнины в юго-западной части к мелководно-морскому бассейну в северо-западной части месторождения.

Споро-пыльцевые отложения аллювиального комплекса, закартированные в северной части участка (район выше RP-1), возможно, являются результатом транзита аллювиальных отложений с зоны размыва. Верхняя часть нижнемиоценового комплекса характеризуется расширением площади мелководного бассейна на север, в юго-восточной части месторождения Дракон сохранились элементы аллювиальной равнины, район Центрального участка представлял собой переходную прибрежную дельтовую зону.

*Схема фациального расчленения отложений нижнемиоценовой толщи
Центрального участка месторождения Дракон*

Группа	Макрофашия	Фашия	Тренд ГК	Глинистость по ГК*
Континентальная	Отложения мелких прибрежных водотоков	Гравийно-песчаные осадки русел мелких прибрежных водотоков		0,1–0,6
Переходная	Отложения подводной части дельты	Гравийно-песчаные осадки центральных частей конусов выноса рек		0,4–0,9
		Песчаные осадки конусов выноса рек + алевроито-песчаные осадки передовой части дельты		0,2–0,9
		Приустьевые бары дельтовых протоков		0,1–0,5
Бассейновая (мелководно-бассейновая подгруппа)	Отложения полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья	Глинисто-алевритовые осадки приливно-отливной зоны + песчано-алеврито-глинистые и карбонатные осадки малоподвижного мелководья		0,1–0,5
		Алевритопесчаные осадки малых аккумулятивных форм (косы, пересыпи)		0,2–0,9
		Песчано-алевритовые осадки малоподвижного мелководья		0,3–0,8
	Отложения открытого подвижного бассейнового мелководья	Песчаные осадки сильноподвижного мелководья (аккумулятивные формы: бары, косы, пересыпи) и алевроито-песчаные осадки подвижного мелководья		0,1–0,8

**Двойной разностный параметр кривой ГК*

Финальный этап исследований представлял собой интеграцию результатов проведенных исследований (литолого-фациальный, электрофациальный, сейсмофациальный и других анализов), на основании чего построены корреляционные профили и литолого-фациальные карты для каждого продуктивного горизонта.

Таким образом, по результатам фациальных реконструкций практически во всех продуктивных горизонтах (21А, 22А, 22В, 22Д, 22Е, 23А, 23В) в северо-западной части участка развито активное подвижное баровое мелководье. Дельтовые конусы выноса слагают вытянутые в западном, юго-западном, южном направлениях тела обломочного материала почти всех пластов, за исключением 24 горизонта. Приливно-отливная отмель, рассеченная дельтовыми (приливыми) каналами и приустьевыми барами дельтовых протоков, встречается исключительно в верхней части разреза (горизонты 21А, 21В) в северной части участка, что находит отражение в ухудшении фильтрационно-емкостных свойств. Все продуктивные пласты характеризуются преобладающим влиянием в их строении отложений малоподвижного мелководья. Для всех продуктивных горизонтов отмечено наличие аккумулятивных островно-отмельных форм, сменяющихся их конфигурацией в зависимости от направления береговой линии.

Ввиду того, что в последнее время наблюдается отход от традиционных представлений об однородной структуре коллекторов, представляемых в виде параллельно-слоистых геологических тел, акцентирование внимания делается на сложно построенные объекты, слагаемые разнофациальными отложениями, важное практическое значение приобретают фациальные реконструкции. Для прогноза распространения обста-

новок осадконакопления Центрального участка месторождения Дракон были использованы данные литолого-фациального, сейсмофациального, биостратиграфического анализов, коротажные модели фаций, позволяющие получать прогноз фациальной диагностики вдоль ствола скважины при малочисленном отборе керна и результаты анализа карт толщин (изопахит). Коллекторы нижнемиоценового комплекса были образованы в условиях приливно-отливной зоны с формированием прибрежных отмелей, вдольбереговых баров, барьерных островов и дельтовых конусов выноса с преобладанием приливно-отливного режима над волновым. Интеграция данных позволила не только построить литолого-фациальные карты продуктивных горизонтов, но и подобрать локальные, учитывающие детали и особенности геологического строения исследуемого участка седиментационные модели, предоставляющие возможности: прогноза обстановок осадконакопления и их фильтрационно-емкостных свойств на территориях, не вскрытых бурением; уточнения оценки запасов участка и повышения эффективности извлечения запасов нефти.

Список литературы

1. Косентино Л. Системные подходы к изучению пластов. – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. – 400 с.
2. Алексеев В. П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 209 с.
3. Белозеров В. Б. Роль седиментационных моделей в электрофациальном анализе терригенных отложений // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 1. – С. 116-123.
4. Муромцев В. С. Электрометрическая геология песчаных тел — литологических ловушек нефти и газа. – Л.: Недра, 1984. – 260 с.
5. Чернова О. С. Седиментология резервуара. Учебное пособие по короткому курсу. – Томск, 2004. – 453 с.
6. Seta O. Sedimentary environments from wireline logs. Schlumberger, 1985. – 211 p.
7. Роль сейсмофациального анализа при выявлении литологических залежей неокма по данным пространственной съемки 3D / Е. Б. Топычанова, А. В. Матаев // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 9. – С. 87-89.

Сведения об авторе

Фролова Елена Васильевна, к. г.-м. н. кафедры «Промысловая геология», Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина, специалист отдела разведочной геологии НИПИморнефтегаз СП «Вьетсовпетро», соискатель ученой степени, г. Вунгтау, Вьетнам, e-mail: frolovaev88@mail.ru

Information about the author

Frolova E. V., applicant for a scientific degree in geology and mineralogy of the chair «Field geology», Russia State University of Oil and Gas named after I. M. Gubkin, expert of the Department for exploration geology, NIPImor-neftegas, JV «Vietsovpetro», the town of Vung Tau, Vietnam, e-mail: frolovaev88@mail.ru