Геологическая модель рифового комплекса в верхнедевонских карбонатных отложениях

О.А. Атанова

начальник отдела подсчета запасов <u>OAAtanova@cge.ru</u>

Т.Ф. Дьяконова

д. г-м. н.,профессор, начальник ОГТ <u>tfdyakonova@cge.ru</u>

Р.Я. Рафиков главный геолог ryrafikov@cge.ru

И.А. Воцалевская

ведущий геофизик inna.votsalevskaya@petrotraceglobal.com

Т.Г. Исакова

главный специалист по петрофизике и подсчету запасов tgisakova@cge.ru

А.Е. Постников

геолог <u>aepostnikov@cge.ru</u>

АО «ЦГЭ», Москва, Россия

По результатам анализа данных керна, ГИС, промысловых исследований, сейсморазведочных работ 3D на отдельном месторождении Башкирского свода установлены геолого-геофизические критерии для выделения рифового комплекса в карбонатном разрезе отложений верхнего девона. Выявлены разновозрастные рифовые массивы. Предложена геологическая модель франкофаменских отложений верхнего девона с детализацией зон размещения и характера насыщенности рифовых резервуаров.

Материалы и методы

Данные керна, ГИС и сейсморазведочных работ 3Д.

Ключевые слова

керн, ГИС, сейсморазведочные работы, органогенные постройки, этапы рифообразования

Построение геологической модели месторождения, содержащего рифогенные отложения, достаточно трудная и не тривиальная задача. Только комплексируя керн, ГИС, промысловые исследования и сейсморазведку 3D высокого качества, можно создать модель палеокомплекса, отражающую особенности осадконакопления в рифогенных зонах. При этом надо понимать, что стандартные методические подходы построения геологических моделей в данном случае практически не приемлемы. Адекватные геологические модели рифогенных отложений создают основу для повышения достоверности подсчета запасов и разработки оптимальной системы эксплуатации месторождения.

В рифогенных зонах процесс осадконакопления имеет свои особенности, которые заключаются в отсутствии субгоризонтальной закономерности накопления осадков, что приводит к невозможности отслеживания временных или стратиграфических границ роста рифов.

В данной статье, на примере одного из месторождений республики Башкортостан, изложены принципы выделения в разрезе и оконтуривания органогенных построек, которые существенно отличаются от стандартного подхода создания геологических моделей.

Из региональных геологических данных [1] и по результатам исследования керна известно, что в районе изучаемого месторождения, в верхнем отделе девонской системы, выделен барьерный риф, сложенный органогенными известняками из остатков известковых водорослей и таких организмов, как мшанки и брахиоподы. По керну встречены образцы с чередованием рифовых и межрифовых отложений. Коллекторы в рифовых палеокомплексах, как правило, имеют высокие проницаемости и пористости. характеризуются значительными дебитами нефти при испытаниях и добыче, что отличает их от межрифовых отложений. В России и во многих странах мира рифогенные образования содержат многочисленные залежи углеводородов. Доля запасов нефтяных залежей в палеорифах Волго-Уральской провинции достаточно высокая и продолжает расти. В связи с этим, наиболее пристальное внимание в данной работе было уделено поискам признаков наличия рифовых (органогенных) построек в отложениях верхнего девона.

Комплексирование сведений из описания керна с данными ГИС позволило выделить рифовые постройки в франко-фаменских отложениях верхнего девона (рис. 1). В разрезе скважин для рифов характерны следующие признаки:



Рис. 1 — Выделение рифовых и межрифовых пород в разрезе скважин по методам ГИС

Рис. 2 — Типы разреза в рифовом комплексе

- низкие значения и слабая дифференцированность кривой ГК;
- наличие значительных отрицательных аномалий и слабая дифференцированность кривой ПС;
- низкие значения и слабая дифференцированность кривой НГК соответствуют высокопористым коллекторам чистых рифов.

Основным результатом анализа показаний ГИС стало выделение рифов в разрезе скважин. Весь процесс образования положительных структурных поднятий рифового генезиса в верхнем девоне ограничен определенным временным периодом: начало роста рифов отмечается после мендымского времени франского яруса (D3md) и завершение роста — в елецком горизонте нижнефаменского яруса (D3el). Более поздние, средне и верхнефаменские карбонатные отложения, залегают покровно и имеют выдержанные по площади толщины.

По скважинам изучаемого месторождения в рифовом комплексе выделено 4 типа разреза (рис. 1, 2).

Для первого типа разреза характерно, что рост рифов начался практически сразу на отложениях мендымского горизонта, а после завершения роста рифов и до конца елецкого времени откладывались *пострифовые отложения*. Такой тип разреза относится к раннему этапу рифообразования на изучаемой площади (рис. 2).

Для второго типа разреза характерно, что до начала роста рифов на карбонатной платформе мендымского возраста отложилась мощная предрифовая карбонатно-глинистая толща. Рифообразование завершилось в конце елецкого времени. Этот тип разреза относится к позднему этапому рифообразования (рис. 2).

К третьему типу разреза с рифовым комплексом относятся отложения, в которых рост рифов был постоянным — начался в раннем этапе и продолжался вплоть до окончания рифообразования (рис. 2).

Четвертый тип разреза — отсутствие рифовых построек (рис. 2).

Вся площадь месторождения изучена сейсмической съемкой 3D высокого качества. Следующим этапом выделения рифовых построек было совмещение результатов интерпретации 3D сейсморазведки (ООО «ПетроТрейсГлобал», И.А. Воцалевская) с данными ГИС. О наличии рифов в разрезе, установленных по керну и ГИС, свидетельствуют следующие особенности рисунка волнового поля (рис. 3):

- наблюдается хаотичность записи в разрезе между ОГ мендымского горизонта и ниже ОГ елецкого горизонта, при этом можно отметить, что ниже ОГ мендымского горизонта и выше ОГ елецкого горизонта сейсмическая запись соответствует субпараллельному напластованию отложений;
- в области рифа отмечаются локальные антиклинальные перегибы по отражающим горизонтам в надрифовой толще;
- проявляются угловые несогласия между поверхностями, обрисовывающими структуры облекания рифов;
- структуры облекания выполаживаются вверх по разрезу и этому соответствуют изменения временных толщин над рифом;
- на временных разрезах четко отмечается начало появления рифовых построек, их развитие, перерывы в рифообразовании и, наконец, завершение этапов образования рифов.

По данным сейсморазведки 3D совместно с ГИС видна этапность рифообразования на площади. На рис. 4 слева показана зона отсутствия построек, как на сейсмическом разрезе, так и по каротажной записи в скважине. Затем показан разрез, в котором рифы начали рост на раннем этапе, справа на более позднем и продолжали рост до конца нижнего фамена. В центре показан разновременный этап, когда рифы росли в разное время, перекрывая друг друга.

В результате интерпретации данных 3D сейсморазведки и ГИС была получена карта сейсмофаций в интервале от кровли мендымского горизонта франского яруса до кровли елецкого горизонта фаменского яруса (рис. 5). Карта сейсмофаций отражает наличие разновременных этапов рифообразования в разрезе и свидетельствует об изменении геологических условий, необходимых для образования рифов в морском бассейне [2], и о постепенном перемещении со временем рифового комплекса с юго-восточной части площади в северо-западном направлении. На юго-востоке (рис. 5) выделяется зона раннего роста рифов — сразу на мендымском горизонте. На севере и северо-востоке зона, в которой рост рифов продолжался до наиболее позднего времени. На западе рифы начали расти только в поздний период на мощной глинисто-карбонатной толще депрессионной впадины, заполнявшейся во время раннего роста рифов на юго-востоке. Отдельные биогермы большой мошности наблюдаются в центральной части, и они четко



Рис. 3 — Аномалии сейсмического волнового поля в карбонатно-рифовом разрезе



Рис. 4 — Поэтапность рифообразования по данным ГИС и сейсморазведки



Рис. 5 — Карта сейсмофаций, полученная в интервале от кровли мендымского горизонта франского яруса (D3md) до кровли елецкого горизонта фаменского яруса (D3el), отражающая наличие разновременных этапов рифообразования в разрезе



Рис. 6— Схематическое представление развития рифовых построек в разрезе франко-фаменских отложений



Рис. 7 — Локализация залежей нефти в ловушках рифовых построек

локализуются на карте сейсмофаций. Схема распространения рифовых тел в разрезе изучаемого участка представлена на рис. 6.

Нефтеносность рифового разреза имеет свои особенности, которые заключаются в том, что притоки нефти по результатам испытаний получены только из рифовых построек и из положительных структур над этими рифами, а в межрифовых зонах во всех испытанных скважинах получены притоки воды, зачастую на одних и тех же абсолютных отметках, что и нефть в рифах (рис. 7). Гидродинамическим барьером для продуктивных и водонасыщенных коллекторов является фациальная граница между рифами и межрифовой зоной.

Итоги

Результатом комплексного изучения карбонатного разреза при совместной интерпретации данных каротажа и сейсморазведочных работ 3D стало создание геологической модели карбонатно-рифового комплекса верхнего девона.

Выводы

Установлены положения рифовых тел в разрезе и границы распространения их по площади. Полученная модель рифового комплекса позволила устранить противоречия между данными испытаний и оконтурить залежи нефти.

Список литературы

- Алиев М.М., Батанова Г.П., Хачатрян Р.О и др. Девонские отложения Волго-Уральской нефтеносносной провинции. М.: Недра, 1975. 262 с.
- Жемчугова В.А. Резервуарная седиментология карбонатных отложений. М.: ЕАГЕ Геомодель, 2014. 232 с.

GEOLOGY

UDC 551

ENGLISH

Geological model of the reef complex in the upper Devonian carbonate sediments

Authors:

 $\textbf{Olga A. Atanova} - \text{head of estimation of reserves department; } \underline{OAAtanova@cge.ru}$

Tat'yana F. Dyakonova — Sc.D., professor, head of geoinformation technologies department; tfdyakonova@cge.ru

Rustem Ya. Rafikov — chief geologist; ryrafikov@cge.ru

- $Inna \ A. \ Votsalevskaya lead \ geophysicist; \ \underline{inna.votsalevskaya@petrotraceglobal.com}$
- Tat'yana G. Isakova chief specialist in petrophysics and the estimation of reserves; tgisakova@cge.ru

Alexandr E. Postnikov – geologist; aepostnikov@cge.ru

"CGE" JSC, Moscow, Russian Federation

Abstract

References

Geological and geophysical criteria for the allocation of a reef complex in the carbonate sediments of the Upper Devonian section are determined based on core analysis, log data and 3D seismic data on one of the fields of the Bashkirian arch. Uneven-aged reef masses are revealed. A geological model of the Frasnian-Famennian deposits of the Upper Devonian sediments with specificated zones of allocation and fluid content of reef reservoirs is proposed.

1. Aliev M.M., Batanova G.P., Khachatryan

R.O and other. Devonskie otlozheniya

Volgo-Ural'skoy neftenosnosnoy provintsii

Materials and methods

Core, log data and 3D seismic data.

Results

The result of a comprehensive study of carbonate section at joint interpretation of log data and 3D seismic work was the establishment of a geological model of carbonate-reef complex of Upper Devonian.

Conclusions

Obtained position of reef bodies in the

[Devonian sediments of Volga Ural petroliferous province]. Moscow: *Nedra*, 1975, 262 p.

2. Zhemchugova V.A. Rezervuarnaya

context of borders and spread their area. The resulting model of the reef complex has eliminated the contradiction between the test data and delineate the oil deposits.

Keywords

core, log data, seismic data, reef masses, stages of formation of reeves

> sedimentologiya karbonatnykh otlozheniy [Reservoir sedimentology of carbonate sediments]. Moscow: *EAGE Geomodel*', 2014, 232 p.