



Геофизическая характеристика салымского и нюрольского разрезов баженовской свиты (Западная Сибирь)

Рыжкова С.В.

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск;
e-mail: rzhkovasv@ipgg.sbras.ru

Изучение связи геофизических характеристик пород баженовской свиты с их литолого-геохимическими и фильтрационно-емкостными параметрами ведется более шестидесяти лет (Хабаров и др., 1981). В последние десятилетия существенное увеличение аналитических исследований ядра баженовской свиты и целенаправленное промыслово-геофизическое изучение интервалов, в которых получены притоки нефти, позволили показать сложную взаимосвязь геофизических характеристик с литологическим составом пород (Куляпин, Соколова, 2015; Глинских, Федосеев, 2019; Фомин и др., 2022). Основной задачей настоящего исследования было выявление геофизических характеристик, отражающих присутствие залежей нефти в разрезе баженовской свиты, на основе комплексного анализа результатов геофизических исследований скважин и данных детального литолого-геохимического изучения слагающих ее пород, органического вещества и битумоидов. Сравнительный анализ проводился по скважинам, пробуренным в двух нефтегазоносных районах (НГР): в центральной части Западно-Сибирского осадочного бассейна в пределах Салымского НГР (скважины Салымская 2802, Северо-Салымская 1183), где сосредоточено наибольшее количество залежей нефти в баженовской свите, и в юго-восточной части в Нюрольско-Колтогорском НГР (скважины Арчинская 47, Западно-Квензерская 4), где выявлена одна залежь нефти.

Полученные результаты обобщены для характеристики салымского и нюрольского типов разреза баженовской свиты.

Материалы для исследования включают данные электрического каротажа (зонды кажущегося сопротивления (КС), индукционный (ИК), боковой каротаж (БК), потенциал самопроизвольной поляризации (ПС)), каротажной (КВ), акустического каротажа

(АК), радиоактивного каротажа (гамма-каротаж (ГК), нейтронный гамма-каротаж (НГК) и его модификации) скважин. Литолого-геохимические данные представлены величинами содержания кремнистого, глинистого, карбонатного материала, органического вещества, пирита, хлороформенного битумоида в разных типах пород, определениями плотности пород и степени катагенеза содержащегося в них органического вещества. Результаты литолого-геохимического и петрофизического изучения пород и геохимии органического вещества получены в ИНГГ СО РАН при проведении комплексных исследований баженовской свиты (Конторович и др., 2016, 2018а, б).

В геофизических характеристиках проявляются параметры твердой и жидкой составляющих баженовской свиты. Под твердой составляющей в данном случае понимается минералогический состав пород, в частности содержание кремнистого, глинистого и карбонатного материала, пирита и органического вещества; жидкая составляющая — битумоиды. Присутствие воды в изученных скважинах в составе баженовской свиты не установлено.

Комплексный анализ полученных геолого-геофизических характеристик показал следующие результаты. Приводятся средние значения параметров.

Удельное электрическое сопротивление баженовских пород нюрольского разреза существенно меньше, чем салымского: около 250 Ом·м и около 850 Ом·м по данным БК и 19 Ом·м и 46 Ом·м по данным КСЗ, соответственно (рис. 1), далее значения приводятся в аналогичной последовательности. Подобное отличие отражает разные стадии катагенеза органического вещества, различное содержание карбонатного материала, а также битумоидов. Нюрольский разрез характеризуется степенью катагенеза органического

вещества кровли верхнеюрских пород $МК_1^1$ ($R_{0vt} - 0,5-0,85$), а Салымский разрез – $МК_1^2-МК_2$ ($R_{0vt} - 0,65-1,15$). Среднее содержание карбонатного материала в баженовской свите нюрольского разреза почти вдвое меньше, чем салымского (8 и 14 %). Среднее содержание хлороформенного битумоида, определенное аналитически по образцам пород, является близким (0,4 и 0,5 об. %), но приток нефти, полученный при испытании баженовской свиты в колонне, в скважине салымского разреза существенно больше и составляет 107,0 м³/сут против 5,7 м³/сут в нюрольской. Присутствие нефти (классического диэлектрика) вносит определенный вклад в показатели электрических методов каротажа.

Меньшие значения электрического сопротивления нюрольского разреза можно соотнести с тем, что органическое вещество в породах обогащает разрез свиты по отдельным линзам и слоям (Замирайлова и др., 2019; Рыжкова и др., 2022). В случае, когда толщина и протяженность небитуминозных слоев возрастает и сопротивление породы резко падает.

Данные бокового каротажа и каротажа сопротивления нюрольского разреза близки, тогда как салымского – различаются почти в два раза (рис. 1). Это может быть объяснено различиями в структуре разрезов, а именно в соотношении толщин пород разного состава. Так, в салымском разрезе в основном переслаиваются силициты, силициты керогеновые и микститы кероген-глинисто-кремнистые (близкие к силицитам) с толщиной слоев от 1 до 3 м, характеризующиеся высокими значениями сопротивления – до 400 Ом·м (БК) и 300 Ом·м (КСЗ). В нюрольском разрезе на фоне микститов кероген-глинисто-кремнистых (близких к силицитам), кероген-глинисто-кремнистых и кероген-кремнисто-глинистых, электрическое сопротивление которых не превышает 20 Ом·м (БК) и 35 Ом·м (КСЗ), выделяются немногочисленные прослои (до 1 м) силицитов керогеновых, силицитов, микститов кероген-кремнисто-глинистых и доломитов (Эдер и др., 2022). Фоновые породы, слагающие большую часть нюрольского разреза, дают основной вклад в показания электрического каротажа. Прослои пород, характеризующиеся более высокими значениями сопротивления, при толщине 1 м и менее не оказывают существенного влияния на общую электрическую характеристику свиты. В связи с этим проведение измерений в интервале баженовской свиты фокусированными (БК) и нефокусированными (КСЗ) методами электрокаротажа (Латышова и др., 2007) в нюрольском

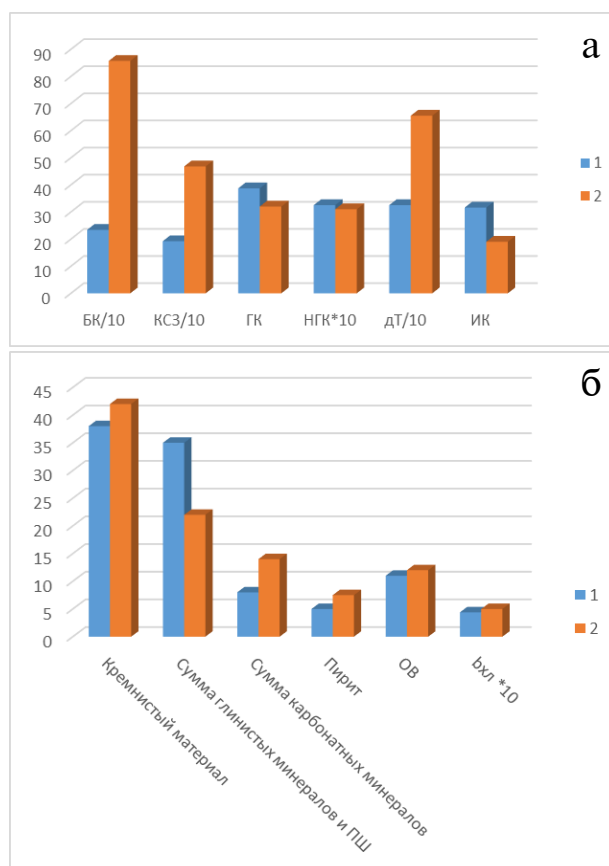


Рис. 1. Геофизическая (а) и литолого-геохимическая (б) характеристики нюрольского (1) и салымского (2) разрезов баженовской свиты. Значения геофизических параметров – в у.е; литологических и геохимических – в %. Примечание: для наглядности характеристики приведены к единому масштабу, ряд показателей умножены или разделены на 10.

разрезе дает близкие средние значения сопротивления.

Показатель кажущейся электропроводности, измеряемый индукционными методами каротажа (ИК) для баженовской свиты нюрольского разреза выше, чем салымского (31 и 19 мСм/м), что может быть связано с различиями в содержании пирита (5 и 8%) и глинистой компоненты пород (35 и 22%). Взаимосвязь параметров ИК и содержания кремнистого материала в породах, установленная по одной из скважин нюрольского разреза (Рыжкова и др., 2021), в изученных скважинах салымского разреза не наблюдается. Это объясняется различиями в обстановках седиментации баженовских отложений нюрольского и салымского разрезов. В первом случае на формирование осадка существенное влияние оказывала близость к региональным источникам сноса (Эдер и др., 2022).

Значение радиоактивности по данным гамма-каротажа нюрольского разреза нена-

много превышает аналогичный показатель по салымскому разрезу (33 против 31 мР/ч). Установленная И.И. Плуманом в 1971 г. и подтвержденная впоследствии другими исследователями взаимосвязь радиоактивности с содержанием органического вещества, предполагает, что аналогичное соотношение должно наблюдаться и при сравнении содержания органического вещества в породах этих разрезов.

Фактически ситуация обратная. Среднее содержание органического вещества в нюрольском разрезе несколько ниже 11 % по сравнению с салымским – 12 %. Как видим, различия в уровне содержания органического вещества в породах исследованных разрезов находятся в пределах погрешности определения. На показатели радиоактивности нюрольского разреза существенное влияние оказывает более высокое содержание в породах глинистого вещества, по сравнению с породами салымского разреза (35 против 22 %). Существует мнение, что показатели радиоактивности уменьшаются вследствие снижения содержания органического вещества по мере реализации генерационного потенциала нефтематеринских пород (Неручев, 2017). Близкие показатели радиоактивности разрезов, характеризующихся разной стадией катагенеза (нюрольский – в начале главной зоны нефтеобразования (ГЗН), или МК₁¹, а салымский – в ГЗН, или МК₁² – МК₂), на первый взгляд, это подтверждают.

Сравнительный анализ геофизических характеристик баженовской свиты в скважинах нюрольского разреза, из которых получены притоки нефти, и в скважинах без притока, показал, что электрическое сопротивление пород в приточных скважинах в 0,8 раз выше, так же как это наблюдается и в салымском разрезе.

Таким образом, по результатам комплексного анализа сделаны следующие выводы. Данные электрического каротажа отражают характеристики баженовского резервуара, гамма-каротажа – особенности строения и литологического состава баженовской свиты в различных ее разрезах. Для изучения региональной нефтеносности юго-восточных районов баженовской свиты возможно использование результатов измерения нефокусированным зондом КСЗ. При средних значениях более 100 Ом м – разрез баженовской свиты нефтенасыщен, что согласуется с выводами, приведенными в работе (Конторович, 2003).

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов Минобрнауки России (госзадание) FWZZ-2022-0012.

Литература

- Глинских В.Н., Федосеев А.А. Новый подход к литолого-электрофизической интерпретации данных электромагнитных зондирований в интервалах баженовской свиты // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2019. № 4. С. 80–88.
- Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г., Рыжкова С.В., Сотнич И.С. Литолого-геохимическая характеристика георгиевской, баженовской и куломзинской свит на Арчинской площади (Нюрольская впадина, Томская область) // Геология нефти и газа. 2019. № 3. С. 99–113.
- Конторович А.Э., Костырева Е.А., Родякин С.В., Сотнич И.С., Ян П.А. Геохимия битумоидов баженовской свиты // Геология нефти и газа. 2018а. № 2. С. 79–88.
- Конторович А.Э., Родякин С.В., Бурштейн Л.М., Костырева Е.А., Рыжкова С.В., Ян П.А. Пористость и нефтенасыщенность пород баженовской свиты // Геология нефти и газа. 2018б. № 5. С. 61–73.
- Конторович А.Э., Ян П.А., Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г. Классификация пород баженовской свиты // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 11. С. 2034–2043.
- Куляпин П.С., Соколова Т.Ф. Прогноз коллекторов в разрезе баженовской свиты по материалам керна и геофизических исследований скважин // Известия Томского политехнического университета. 2015. Т. 326. № 1. С. 118–133.
- Латышова М.Г., Мартынов В.Г., Соколова Т.Ф. Практическое руководство по интерпретации данных ГИС: Учеб. пособие для вузов. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. 327 с.
- Неручев С.Г. Избранные труды. Новосибирск: ИИГ СО РАН, 2017. 683 с.
- Рыжкова С.В., Фомин М.А., Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Покрышкина Э.М. Литологическая интерпретация каротажа скважин баженовской свиты юго-восточных районов Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2021. Т. 16. № 3. С. 1–15.
- Фомин М.А., Костырева Е.А., Рыжкова С.В., Сайтов Р.М., Эдер В.Г. Прогноз литологического состава баженовской свиты на основе комплексной интерпретации геологических и геофизических материалов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333. № 1. С. 154–167.
- Хабаров В.В., Барташевич О.В., Нелепченко О.М. Геолого-геофизическая характеристика и нефтеносность битуминозных пород баженовской свиты Западной Сибири // Обзор Всес. ин-та экон. и минер. сырья. Геол., методы поиск, и разв. м-ний нефти и газа. 1981. Отд. вып. С. 17–32.
- Эдер В.Г., Рыжкова С.В., Дзюба О.С., Замирайлова А.Г. Литостратиграфия и обстановки седиментации баженовской свиты (Западная Сибирь) в центральном, юго-восточном и северных районах её распространения // Стратигр. Геол. корреляция. 2022. № 5. С. 46–74.

Geophysical characteristics of the Salym and Nyurol'ka sections of the Bazhenovo formation (Western Siberia)

Ryzhkova S.V.

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia; e-mail: rzhkovasv@ipgg.sbras.ru

The results of a comparison of the geophysical and lithological-geochemical characteristics of the Bazhenovo formation of well sections located in the central and southeastern parts of Western Siberia are presented. Regionally, in the southeastern part, as well as in the central part of Western Siberia, electric logging data reflect the oil and gas content of the Bazhenovo formation, and gamma-ray logging - the structure and lithological composition of the section.