

Рис. Интеграционный подход к анализу сейсмических и скважинных данных с целью анализа преимущественных направлений трещиноватости

Литература

1. Aarre V., Astratti D., Dayuni T.N., Mahmoud S.L., Clark A., Stellas M., Stringer J., Toelle B., Vejbaek O., White G. Seismic detection of subtle faults and fractures // Oilfield Review. – 2012. – V. 24. – № 2. – P. 28 – 43.
2. Astratti D., Souche L., Faskhoodi M.M., Menegatti P. Seismic to simulation fracture characterization of a Green carbonate reservoir in presence of large uncertainties // SPE Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference. – Abu Dhabi, 2010. – 10 p.
3. Chopra S., Marfurt K.J. Seismic attributes for prospect identification and reservoir characterization. – SEG Geophysical Development Series. – 2007. – № 11. – 465 p.
4. Ежова А.В., Меркулов В.П., Чеканцев В.А. Геологическая модель строения палеозойского фундамента Северо-Останинского нефтяного месторождения (Томская область) // Горный журнал. – Томск, 2012. – Специальный выпуск. – С. 35 – 38.

ГЕОФИЗИКА И НЕФТЕНОСНОСТЬ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ АЙ-ПИМСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Е.С. Голов

Научный руководитель доцент Г.Г. Номоконова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия

Битуминозные глинисто-кремнисто-карбонатные отложения баженовской свиты – самое известное геологическое образование Западной Сибири. Характеризуется свита, в первую очередь, высокой радиоактивностью и высоким удельным электрическим сопротивлением (УЭС), а также региональным распространением. Благодаря своему составу и аномальным физическим свойствам, в геологических и геофизических исследованиях скважин баженовская свита используется как репер и региональная покрывка для Верхнеюрского нефтегазоносного комплекса. С начала разработки в США формации Баккен за углеводородами баженовской свиты аналогичного залегания закрепился термин «сланцевая нефть».

Ай-Пимское нефтяное месторождение является одним из немногих, где начата разработка и получены притоки нефти из пласта Ю₀ – баженовской свиты. Производственные и научные исследования на этом месторождении ведут ОАО «Сургутнефтегаз» и ТО «СургутНИПИнефть». Опыт их работы бесценен для других нефтяных месторождений Западной Сибири [2]. Поскольку геофизические исследования скважин (ГИС) на этих месторождениях уже проведены, баженовская свита Ай-Пимского месторождения может служить геофизическим эталоном ее нефтенасыщенности.

Цель исследования: выявление связи геофизических параметров баженовской свиты (пласт Ю₀) с ее нефтепродуктивностью.

Объекты исследования: разрезы скважин 1, 2+ и 3+ с данными ГИС. Все три скважины (номера условные) находятся в контуре категории запасов С1, размещаются с севера на юг соответственно, расположены на восточном склоне Ай-Пимской положительной структуры (скважина 2+ ближе всего к купольной части). Статистический анализ проведен для показаний методов ГИС: ГК (естественная гамма-активность); НКТ (нейтронный каротаж,

измеряется величина, обратная водородосодержанию) и ИК (индукционный каротаж в масштабе УЭС с разными зондами ВИКИЗ).

Разработка пласта Ю0 ведется за счет его внутренней энергии. Температуры пласта 95-121 °С, коэффициент аномальности высокого пластового давления 1,84 (Мальшев, 2014). На картах поровых давлений область разрабатываемой залежи (границы категории С1) выделяется понижением порового давления в матрице и, особенно, в трещинах, что связано с отработкой способом истощения. Быстрое падение продуктивности скважин в связи со способом разработки не позволяет использовать величины притока в качестве характеристики нефтенасыщенности баженовской свиты. В настоящей статье были использованы группы скважин (Сонич, 2009): низкопродуктивные, куда относится скв.1, и высокопродуктивные (скв.2+ и 3+). При одинаковых условиях разработки продуктивность скважины 2+ превышает таковую скважины 1 в 14 раз.

Результаты исследований приведены на рис.1, 2 и в табл. 1,2.

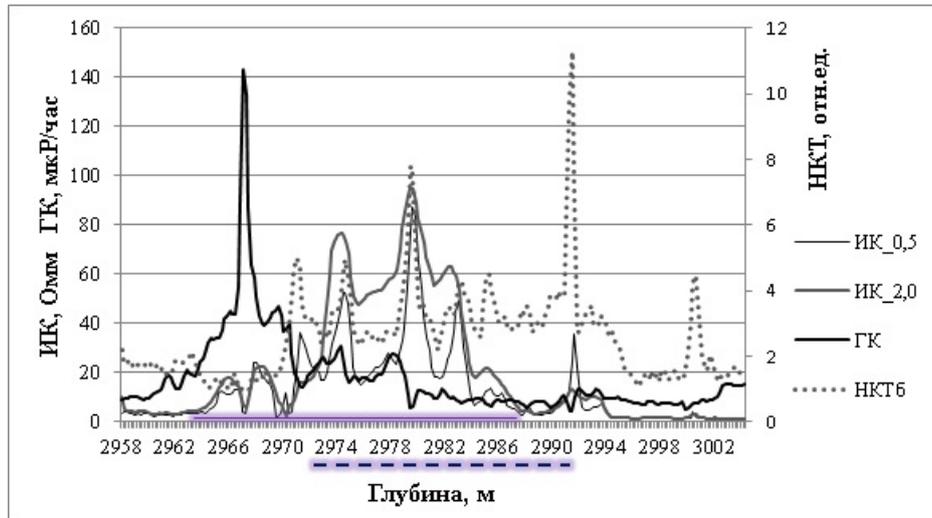


Рисунок 1. Результаты геофизических исследований разреза скважины 2+. На каротажной диаграмме отмечены интервал баженовской свиты (сплошная линия) и интервал перфорации (пунктирная линия)

При анализе каротажных диаграмм скважин Ай-Пимского месторождения (рис.1) выявляется главная его особенность: аномалии базовых параметров баженовской свиты, радиоактивность ГК и электрическое сопротивление (ИК) пространственно раздвинуты, чего не наблюдается в скважинах, например, Самотлора [1] или Томской области. Кровельная часть баженовской свиты преимущественно глинисто-кремнистая (высокие показания ГК и низкие НКТ и ИК), подошвенная – преимущественно карбонатная с противоположным поведением геофизических параметров. Чисто карбонатные прослойки выделяются пиками показаний НКТ, малого и большого зондов ИК, минимумами ГК. Аналогичное геофизическое различие кровельной и подошвенной части для низкопродуктивной скважины можно видеть на рис.2.

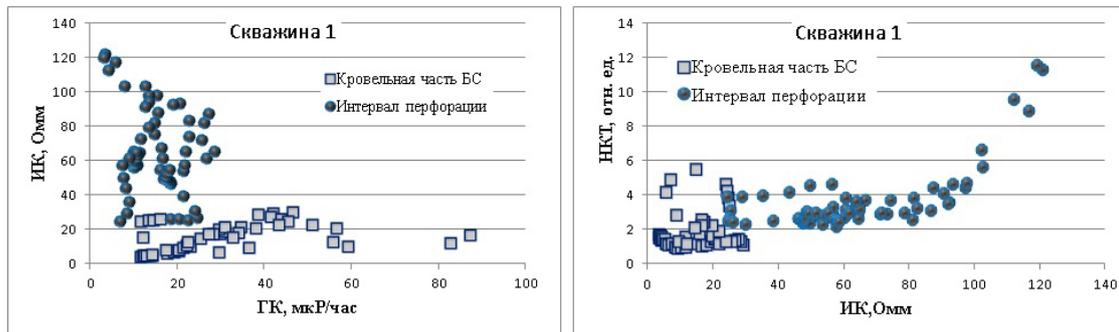


Рисунок 2. Различия геофизических параметров баженовской свиты в кровельной и подошвенной (интервал перфорации) частях баженовской свиты (разрез скважины 1)

На Ай-Пимском месторождении вторичное вскрытие пласта (перфорацию) производят в подошвенной (карбонатной) части баженовской свиты (рис.1). На карбонатный интервал в среднем приходится более 75% притока (Сонич, 2010). Это связано с большей долей в карбонатной части кавернозно-трещинной пористости, большей раскрытостью трещин и большей проницаемостью пласта [2].

В связи с резкими различиями кровельной и подошвенной частей баженовской свиты по геофизическим и фильтрационным параметрам статистические исследования по ним проведены раздельно (табл.1,2).

Таблица 1

Статистические характеристики геофизических параметров интервалов разреза баженовской свиты: медианы/стандартные отклонения и интервалы изменения

| Разрез | Интервалы баженовской свиты | ГК, мкР/час | ИК, Омм | НКТ, отн.ед. |
|---------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Скв. 1 | Кровельная часть | 27,9 / 17,7 (11,7-87,5) | 14,9 / 8,1 (3,7-29,4) | 1,41 / 1,14 (0,88-5,51) |
| | Интервал перфорации | 16,1 / 6,3 (3,4-28,9) | 59,7 / 24,1 (24,5-121,2) | 3,0 / 1,92 (2,16-11,57) |
| Скв. 2+ | Кровельная часть | 39,8 / 26,8 (14,3-143,4) | 13,6 / 5,9 (2,7-22,7) | 1,33 / 1,1 (0,94-5,0) |
| | Интервал перфорации | 12,8 / 7,0 (5,3-31,1) | 53,2 / 23,8 (7,2-94,2) | 3,1 / 1,0 (2,18-7,78) |
| Скв. 3+ | Кровельная часть | 48,5 / 27,4 (21,0-128,1) | 17,7 / 7,3 (1,9-28,8) | 2,99 / 1,77 (1,8-8,82) |
| | Интервал перфорации | 13,4 / 7,6 (9,3-31,8) | 62,2 / 28,0 (8,7-110,3) | 6,36 / 1,27 (5,02-10,22) |

При объяснении статистических данных принимались во внимание возможные причины изменения геофизических параметров баженовской свиты (Сонич и др., 1997, Номоконова и др., 2013). Радиоактивность (ГК) в наибольшей степени связана с содержанием керогена и при нефтеобразовании понижается. Показания нейтронного каротажа НКТ прямо зависит от карбонатизации и обратно от нефтенасыщенности. УЭС (ИК) увеличивается и при увеличении и карбонатизации, и нефтенасыщенности.

Таблица 2

Уравнения связи и коэффициенты достоверности линейной аппроксимации (R^2) параметров ИК и НКТ баженовской свиты в интервале перфорации

| Скважина 1 | Скважина 2+ | Скважина 3+ |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| $NKT=0,056ИК+0,109$ $R^2=0,488$ | $NKT=0,018ИК+2,448$ $R^2=0,186$ | $NKT=0,026ИК+5,194$ $R^2=0,316$ |

С учетом принятых причин изменения геофизических параметров баженовской свиты по результатам исследования можно сделать следующие выводы.

Отличие высокопродуктивных скважин (2+, 3+) от низкопродуктивной (скв. 1) Ай-Пимского месторождения заключается:

в более высокой радиоактивности и неоднородности ГК кровельной части баженовской свиты и существенном различии по ГК кровельной и подошвенной частей;

в менее тесной линейной корреляционной связи между показаниями НКТ и ИК в подошвенной части баженовской свиты и в меньшем угле наклона этой зависимости.

Для других месторождений в качестве признака продуктивности необходимо добавить – раздвинутость аномалий радиоактивности и электрического сопротивления.

Понижение УЭС в высокопродуктивной скважине 2+ может быть связано с расположением ее в зоне более высокого пластового давления, что положительно сказывается на притоках нефти, но может понизить (?) гидрофобность коллектора.

Литература

1. Номоконова Г.Г. Геофизические особенности баженовской свиты месторождения Самотлор // XXI Губкинские чтения «Фундаментальный базис инновационных технологий поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа и приоритетные направления развития ресурсной базы ТЭК России», секция 6. Москва, 2016. – С. 52-58. http://www.gubkin.ru/science/scientific_activity/Gubkins_readings/Sektsiya6.pdf
2. Чирков В.Л. На свой страх и риск // Нефтегазовая вертикаль, 2010, № 23-24. – С. 88-92.