

ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И НЕФТЕНОСНОСТЬ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

Номоконова Г.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Излагаются закономерности и причины аномального отображения баженовской свиты в результатах геофизических исследований скважин, геофизические признаки ее нефтеносности. Установлено, что геофизическая характеристика баженовской свиты является показателем нефтеносности разреза в целом.

Введение

В настоящее время баженовская свита (БС), пожалуй, самое изучаемое и упоминаемое в научной литературе геологическое образование. К перечню очень важных функций-определений БС, нефтематеринская порода, региональная покрывка, геофизический репер, добавилась еще более важная – «сланцевая нефть». По запасам этого полезного ископаемого баженовская свита опережает своего геолого-геофизического аналога – формацию Баккен, но отстает по реализации этих запасов. Судя по мировому опыту, проблема извлечения нефти из низкопроницаемых пород может быть решена чисто технологически. Поиски же «аномальных разрезов» БС лишь отвлекли от решения основной проблемы – выявления признаков нефтеносности баженовской свиты.

Цель исследований – формирование признаков нефтеносности баженовской свиты на основе анализа данных геофизических исследований скважин (ГИС). Объекты исследования – нефтяные многопластовые месторождения Нижневартовского и Сургутского сводов, а также месторождения юго-востока Западной Сибири (Томская область). Методы исследования – стандартный современный комплекс методов ГИС: гамма-каротаж (ГК) и нейтронный каротаж по тепловым нейтронам (НКТ), метод самопроизвольной поляризации (ПС) и индукционный каротаж в модификации ВИКИЗ (ИК1, ИК2, ..., ИК5), плотностной каротаж (ГГК).

Выявлены следующие закономерности геофизической характеристики и нефтеносности баженовской свиты

1. Баженовская свита – это уникальная геофизическая (и геохимическая) аномалия. Высокая естественная радиоактивность ГК преимущественно урановой природы (при пониженных содержаниях тория и калия), высокое удельное электрическое сопротивление (УЭС), расхождение показаний разноглубинных зондов ВИКИЗ при практически непроницаемых породах – такое сочетание физических параметров уникально, возможно, не только для Западной Сибири. Причина – как сложность состава пород свиты – кероген-карбонатно-глинисто-кремнистый, так и уникальные условия образования (преобразования) БС, приведших к содержаниям урана на уровне промышленных и потенциальной нефтенасыщенности пород свиты. Еще два параметра – плотность ГГК и показания нейтронного каротажа НКТ, по которым БС выделяется среди вмещающих пород, являются показателями конкретных разрезов баженовской свиты (рис. 1, 2, табл. 1, 2).

Лабораторные исследования состава и физических параметров БС многочисленны и опубликованы. Наиболее информативными в этом плане являются работы ОАО «Сургутнефтегаз» и ТО «СургутНИПИнефть» (Сонич и др., 1997), по матери-

алам которых мы рассчитали для *БС* ранговые коэффициенты корреляции (ρ) в системе «компоненты породы – физические параметры» (табл. 1).

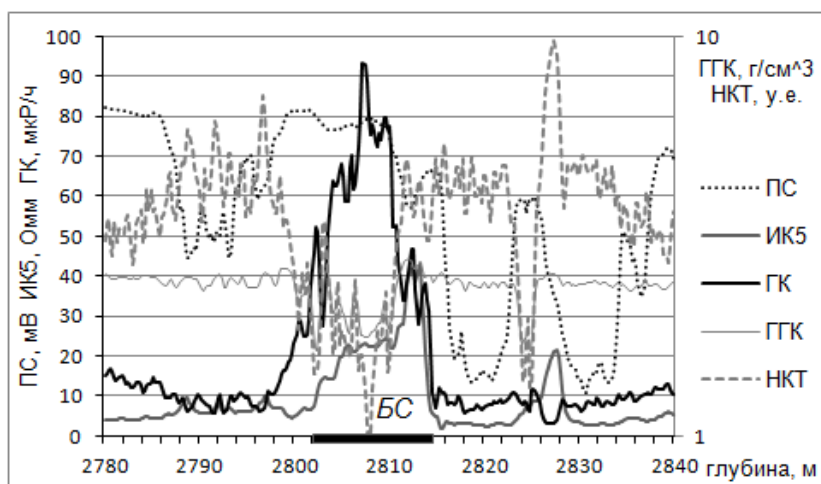


Рис. 1. Геофизическая характеристика баженовской свиты (*БС*) в непродуктивном разрезе нефтяного месторождения Самотлор ($P^* = 0$, табл. 1)

Таблица 1

Значения рангового коэффициента корреляции Спирмена (ρ) между содержанием компонентов баженовской свиты и ее физическими свойствами

Физический параметр (показания метода ГИС)	Компонент породы				
	глинистый	кремнистый	карбонатный	кероген	нефть
Плотность (ГГК)	0,12	-0,48	0,34	-0,6	-0,56
Радиоактивность (ГК) (НКТ)	0,40	0,44	0,08	0,96	0,8
УЭС (ВИКИЗ)	-0,48	-0,58	0,32	-0,82	-0,72
УЭС (ВИКИЗ)	-0,28	0,04	0,74	0,4	0,72

Из анализа данных табл. 1 можно заключить: а) наиболее связаны между собой *кероген* и *нефть* и именно они, судя по величинам ρ , преимущественно отражаются в данных комплекса ГИС, особенно в ГГК; тесная связь в системе «*кероген-нефть*», во-первых, подтверждает нефтематеринские свойства *БС* и, во-вторых, затрудняет решение вопроса о нефтенасыщенности *БС* по данным ГИС хотя задача оценки *потенциальной* нефтенасыщенности *БС* решается уверенно; б) для всех методов ГИС, кроме метода сопротивления (УЭС, ВИКИЗ), теснота связи с керогеном выше, чем с нефтенасыщенностью, то есть связи геофизических параметров с нефтью могут быть в значительной мере косвенные; в) методы сопротивления, в нашем случае ВИКИЗ, приоритетно отображает именно нефтенасыщенность *БС*, несмотря на гидрофобные свойства керогена, а также содержание в породе карбонатного материала (близкие значения ρ). Последнее вносит неоднозначность в интерпретацию методов сопротивления ГИС.

2. *Нефтеобразование и гидротермальная карбонатизация – основные процессы формирования геофизического облика баженовской свиты.* Карбонатизированные породы широко развиты в разрезах месторождений углеводородов Западной Сибири. Так называемые «плотняки» выделяются в данных ГИС глубокими отрицательными аномалиями ГГК и интенсивными положительными – УЭС и показаний НКТ. Пример такой аномалии ГИС имеет место в разрезе на глубине 2883,6 м, за

пределами *БС* (рис. 2). Отметим, что породы *БС* и карбонаты резко различаются по знаку градиента УЭС при увеличении глубинности зондов. В разрезе *БС* можно выделить несколько пиков показаний *ИК1*, совпадающих с локальными повышениями *НКТ*.

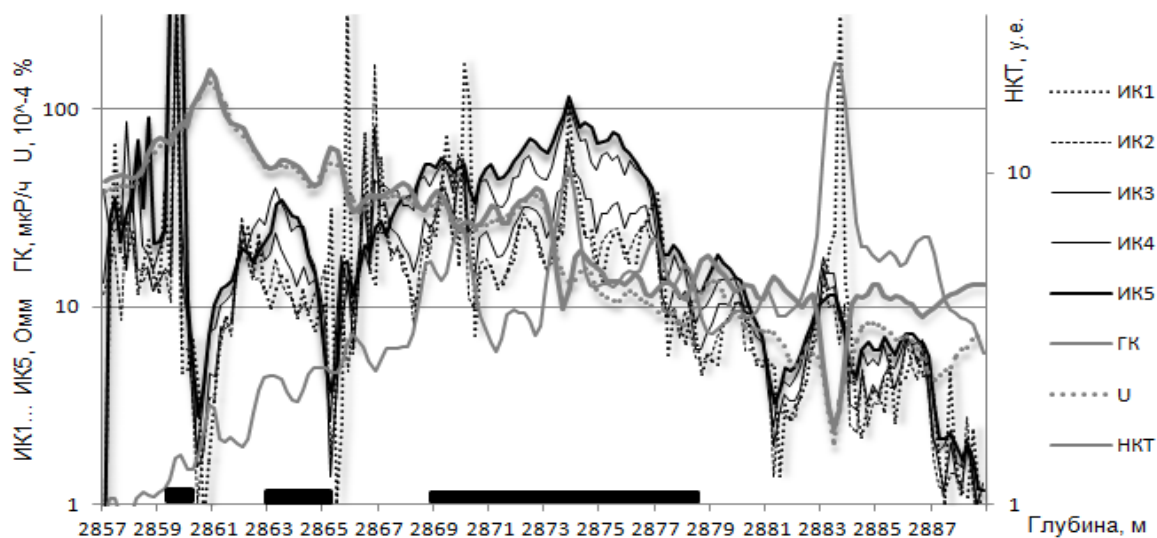


Рис. 2. Баженовская свита (до глубины 2879 м) в показаниях методов ГИС на нефтяном месторождении «К» Сургутского свода. Продуктивный разрез

В пользу гидротермальной природы карбонатных пластов в пределах баженовской свиты говорят следующие факты.

В первую очередь следует учесть, что природа ГК в *БС* – урановая, что хорошо видно на рис. 2, где кривые ГК и содержания *U* практически совпадают, а концентрации урана в *БС* – на уровне концентраций на урановых месторождениях. Уран – один из самых подвижных элементов в гидротермальном процессе (Номоконова, Колмаков, 2013). Именно уран связан наиболее тесными корреляционными связями с остальными геофизическими параметрами *БС*, опережая в этом качестве ГК.

Во многих разрезах, в том числе, представленном на рис. 2, наблюдаются типичные «аномалия перераспределения» урана (ГК) выше карбонатных прослоев, например, на интервале 2872–2874 м. Это перераспределение происходит на фоне уже пониженной радиоактивности, вызванной самим процессом образования нефти из керогена (уран связан с керогеном, а не нефтью, табл. 1) и миграцией урана в более высокие глинистые горизонты *БС*. Все это создает картину ступенчатого повышения ГК (*U*) от подошвы к кровле баженовской свиты, согласующегося с понижением в этом направлении показаний ВИКИЗ (УЭС) и НКТ. В результате этих процессов возникло уникальное пространственное соотношение (сдвинутость) аномалий базовых свойств баженовской свиты: аномалия ГК (*U*) сдвинута к кровле, а аномалия УЭС – к подошве баженовской свиты.

3. Нефтеносность баженовской свиты и разреза в целом взаимосвязаны и отражается в геофизической характеристике баженовской свиты. На разрезе рис. 2 отмечены три интервала баженовской свиты, которые по совокупности геофизических признаков могут быть нефтеносны. С учетом более вероятного образования вторичной пористости в относительно упругих кероген-карбонатных породах, вторичное вскрытие *БС* (пласт Ю₀) произведено в интервале 2869–2879 м, откуда получен приток нефти. Этот интервал *БС* характеризуется: высокими значениями УЭС (показаниями ВИКИЗ), умеренной и пониженной радиоактивностью (ГК, *U*),

проявлениями послойной и рассеянной карбонатизации, отражающейся в показаниях НКТ, ГГК и ВИКИЗ, но с преобладанием аномалий ВИКИЗ «керогенного типа». Это и есть геофизические признаки нефтеносности самой баженовской свиты.

Кроме того, признаками нефтеносности БС являются уже отмеченное связанное смещение аномалий ГК и УЭС, а также резкое нарушение корреляционных зависимостей УЭС с остальными геофизическими параметрами.

Нефтеносность разреза многопластового месторождения в целом оценивалась по параметру P^* – суммарной линейной продуктивности, равный сумме произведений мощности пластов (пропластков), их коэффициентов пористости и нефтенасыщенности (табл. 2).

Таблица 2

Медианные значения геофизических параметров пород одновозрастных интервалов разрезов разной продуктивности (P^) на месторождении Самотлор*

Интервал разреза:	$P^*_1 = 0$ (рис.1)			$P^*_2 = 15691 \text{ м}^*(\%)^2$			$P^*_3 = 80473 \text{ м}^*(\%)^2$		
	ГГК	НКТ	ГК	ГГК	НКТ	ГК	ГГК	НКТ	ГК
пластов А	2,23	2,53	8,2	2,33	2,85	6,9	2,37	2,89	9,1
пластов Б	2,35	3,37	10,2	2,45	3,47	7,6	2,43	3,71	10,1
БС	2,15	2,19	52,3	2,39	2,56	39,6	2,24	3,14	38,4
пластов Ю ₁	2,4	3,95	10,0	2,51	4,09	7,2	2,45	4,36	10,4

Если применить вышеназванные признаки нефтеносности к БС месторождения Самотлор (рис.1, табл.2), добавив данные о более высоких (в сравнении с первым разрезом, рис.1) показаниях ВИКИЗ во втором и, особенно в третьем (до 1000 Ом) разрезах, то следует заключить, что прогнозная нефтеносность БС растет от первого разреза к третьему. Равно как и в этом направлении растет интенсивность карбонатизации пород БС, причем в разрезе 3 соотношение НКТ и ГК лучше, как это имеет место в продуктивных разрезах БС (Парубенко, 2014).

Поскольку разрезы Самотлора были выбраны не по особенностям БС, а по продуктивности разрезов в целом, нефтеносность БС и всего разреза взаимосвязаны, а физическая характеристика баженовской свиты является показателем продуктивности разреза в целом.

Заключение

В данных табл. 2 прослеживается еще одна закономерность. Кроме согласованности пластов разреза и БС по нефтенасыщенности, которую можно как то объяснить нефтематеринскими свойствами БС, отображением их в данных ГИС и миграцией нефти из БС в неокомскую и верхнеюрскую части разреза, наблюдается однотипная согласованность разрезов и по геофизическим параметрам, отражающим в первую очередь карбонатизацию пород. Например, по параметру НКТ. Во всех интервалах разрезов значения показаний НКТ возрастают в порядке возрастающей продуктивности разреза, то есть и для разрезов в целом также наблюдается взаимосвязь, скорее всего парагенетическая, нефтеносности и карбонатизации.

С помощью какой из существующих теорий или гипотез формирования месторождений углеводородов можно объяснить вертикальную согласованность петрофизических параметров при горизонтально слоистом разрезе?