

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ НЕФТЕНОСНОСТИ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

И.В. Парубенко

Научный руководитель доцент Г.Г.Номоконова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В условиях тенденции истощения легкодоступных запасов углеводородов приходится искать все новые и новые резервы их прироста. В этой связи обращает на себя внимание баженовская свита, сложенная битуминозными карбонатно-глинисто-кремнистыми породами, которая представляет интерес и как источник нефти, и как, так называемый, нетрадиционный коллектор. Впервые в практике нефтегазопроисковых работ коллекторами оказались низко проницаемые породы баженовской свиты, являющиеся одним из основных региональных экранов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Баженовская свита вскрыта в тысячах разрезах с данными комплексного геофизического исследования скважин (ГИС), изучена многокилометровыми сейсмическими профилями, в которых баженовская свита прослеживается как регионально проявленный интенсивный отражающий горизонт, энергетика которого зависит от состава свиты. В этих обстоятельствах выявление геофизических признаков нефтеносности баженовской свиты является актуальной задачей. В настоящей работе излагаются результаты решения этой задачи на примере Ай-Пимского нефтяного месторождения (Сургутский свод). На месторождении начата промышленная добыча нефти из пород баженовской свиты – пласт Ю₀ при интенсификации притока с помощью гидроразрыва пласта (ГРП).

Были проанализированы результаты данных ГИС по трем скважинам, в которых получены разные притоки нефти. Исследовались материалы методов: кажущегося сопротивления, самопроизвольной поляризации (ПС), гамма-каротажа (ГК), каротажа по тепловым нейтронам (НКТ), электромагнитного зондирования (ВИКИЗ) и др. Основные результаты анализа приведены на рис. 1-2 (нумерация скважин условная) и кратко заключаются в следующем.

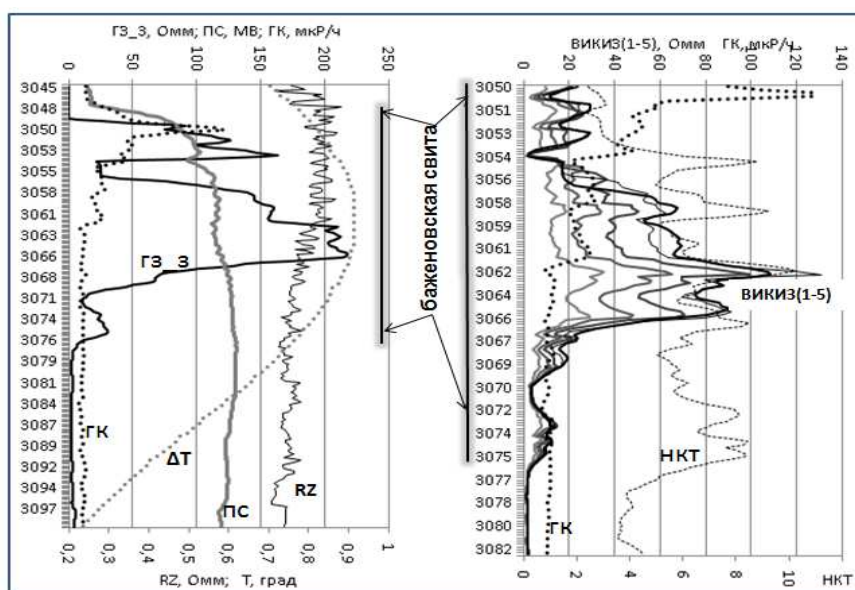


Рис. 1. Баженовская свита в разрезе продуктивной скважины 1п: отражение в параметрах ГИС.

На рис.1 приведены данные ГИС по высокодебитной скважине. Баженовская свита выделяется аномалиями электрического сопротивления и естественной радиоактивности (ГК), смещением их друг относительно друга, повышенными показаниями НКТ, температурной аномалией и расхождением показаний разноглубинных зондов ВИКИЗ. Эти признаки типичны для баженовской свиты и наблюдаются и в низко дебитных исследованных скважинах Ай-Пимского месторождения. А вот аномалия резистивиметрии (RZ) – повышение сопротивления бурового раствора против баженовской свиты (рис. 1) – обнаружена исключительно в высокодебитной скважине и является геофизическим признаком нефтеносности баженовской свиты и нахождения ее под аномально высоким поровым давлением (АВПД).

Яркой отличительной особенностью баженовской свиты является расхождение показаний зондов ВИКИЗ (как правило, положительное). Этот геофизический признак не может рассматриваться в качестве признака коллектора, обусловленного проникновением бурового раствора в пласт, вызывающего изменение его электрического сопротивления в радиальном направлении от оси скважины - и по причине весьма низкой проницаемости пород свиты, и по причине нахождения ее под АВПД. Это геофизический признак «квазипроницаемости» баженовской свиты, характеризующий ее структурно-литологический состав (плитчатость, листоватость, битуминозность, гидрофобность и др.) и особенности разрушения пород при

бурении (может быть реализован при ГРП). Он не является признаком нефтеносности баженовской свиты: расхождение показаний зондов зависит от электрического сопротивления пород свиты, но практически является одинаковым в разрезах разнодебитных скважин (рис. 2).

Для объяснения различий других геофизических характеристик пород баженовской свиты в разрезах скважин разной продуктивности (рис. 2) был сделан статистический анализ геолого-геофизических данных ОАО «Сургутнефтегаз» и ТО «СургутНИПИнефть», результаты которого приведены в таблице. Результаты анализа кратко сводятся к следующим позициям.

Таблица

Статистические взаимосвязи между литологическим составом баженовской свиты и ее физическими параметрами в разрезах Сургутского свода (использованы материалы В.Л. Чиркова, В.П. Сонича и др.)

Геофизический параметр	Содержание материала в породе баженовской свиты, %			
	глинистого	кремнистого	карбонатного	керогена
Радиоактивность, отн. ед.	$y = 0,0003x + 2,049$ $R^2 = 9E-06$	$y = 0,0494x + 1,0183$ $R^2 = 0,1701$	$y = -0,0192x + 2,5319$ $R^2 = 0,109$	$y = 0,1091x + 0,1743$ $R^2 = 0,929$
Водородосодержание, %	$y = 0,2952x + 20,012$ $R^2 = 0,324$	$y = 0,375x + 20,625$ $R^2 = 0,2428$	$y = -0,3139x + 36,288$ $R^2 = 0,7244$	$y = 0,5033x + 19,817$ $R^2 = 0,4903$
Поровое давление, МПа	$y = -0,0732x + 36,043$ $R^2 = 0,1522$	$y = -0,0317x + 34,60$ $R^2 = 0,0132$	$y = 0,0617x + 32,407$ $R^2 = 0,2134$	$y = 0,1693x + 31,017$ $R^2 = 0,4234$

Геофизическая характеристика баженовской свиты определяется, в первую очередь, ее битуминозностью. Радиоактивность (показания ГК) практически можно отождествлять с содержанием керогена – коэффициент достоверности линейной аппроксимации между этими свойствами близок к единице ($R^2 = 0,929$). Более тесные связи (0,939) наблюдается только в паре «содержание керогена – нефтенасыщенность». Положительные взаимосвязи у керогена выявлены с водородосодержанием (отрицательные – с показаниями НКТ), поровым давлением и содержанием кремнистого материала (0,204). Другим определяющим свойством баженовской свиты является ее карбонатизация – повышение показаний НКТ и резкое увеличение электрического сопротивления, а также, при интенсивном ее проявлении, - понижение радиоактивности.

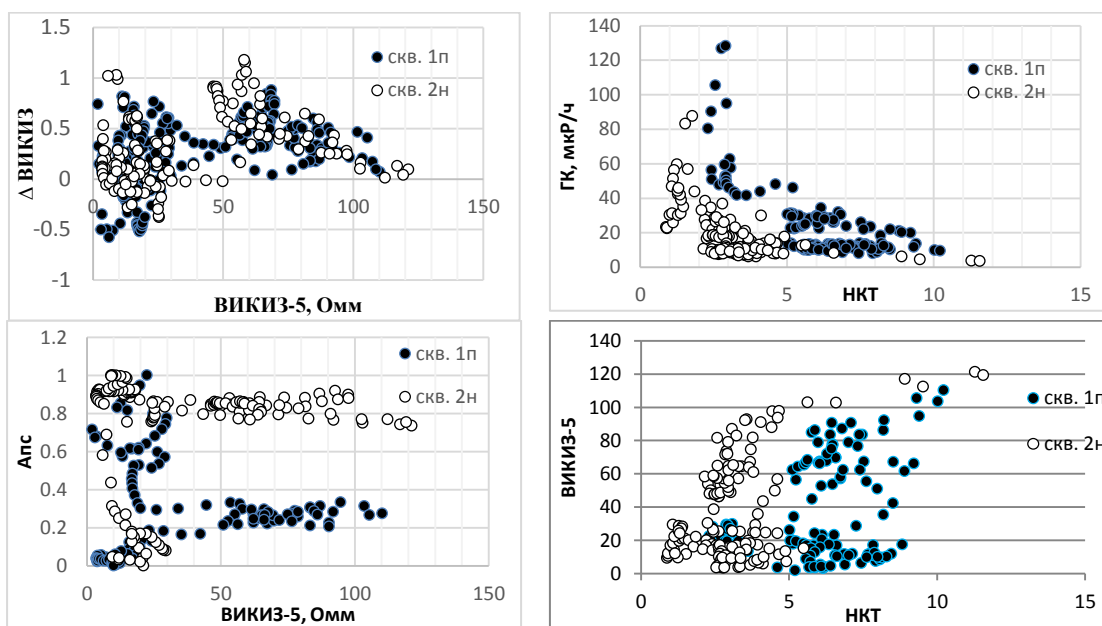


Рис. 2. Сравнение геофизических параметров баженовской свиты в разрезах продуктивной (1п) и непродуктивной (2н) скважин. Приведены поля корреляции параметров, измеряемых методами ГИС

При сравнении данных ГИС по двум разрезам с разными притоками нефти из баженовской свиты выявлены общие и отличные их геофизические характеристики (рис. 2).

Общей является резкая неоднородность баженовской свиты по электрическому сопротивлению. По данным ВИКИЗ выделяется группа высокоомных пород (> 30 Ом м), характеризующаяся исключительно положительными расхождениями показаний разноглубинных зондов (Δ ВИКИЗ).

Отличие геофизической характеристики баженовской свиты продуктивной скважины (1п на рис. 2) заключается в следующем: существенно более высокие потенциалы ПС (низкие Апс) у группы высокоомных

пород (> 30 Ом м); практически абсолютное преобладание пород с низким водородосодержанием (неглинистых пород), с высокими НКТ (> 5); более высокая радиоактивность пород в целом, более высокая радиоактивность пород с конкретными значениями НКТ, наличие группы относительно радиоактивных ($ГК > 19$ мкР/ч) пород при НКТ > 5 .

Таким образом, по результатам проведенных исследований нефтеносность баженовской свиты на Ай-Пимском месторождении не связана с тем, что разрез свиты аномальный в геологическом смысле слова, когда нефтеносность свиты обусловлена наличием линз песчаных пород-коллекторов. Аномальная геофизическая характеристика нефтеносного разреза баженовской свиты соответствует принятому термину «нефть из сланцев», наличию в разрезе свиты битуминозных карбонатных, возможно кремнисто-карбонатных пород, обрамленных аномалиями радиоактивности (битуминозности) в кровельной части свиты и аномалиями сопротивления (карбонатности, НКТ) в подошвенной. Обязательным условием нефтеносности свиты является нахождение ее под АВПД с положительными аномалиями резистивиметрии.

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ КАК КВАЛИФИКАЦИОННЫЙ ПРИЗНАК КОЛЛЕКТОРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

А.О. Расторгуева

Научный руководитель доцент Г.Г. Номоконова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Количественная интерпретация результатов геофизических исследований скважин (ГИС) основывается на зависимостях между геофизическими параметрами, измеряемыми в методах ГИС, и параметрами коллектора - пористостью, нефтегазонасыщенностью и др. Петрофизические зависимости в интегральном, количественном виде содержат информацию о литологическом составе пород пласта-коллектора (Номоконова, 2013). Они установлены практически на всех месторождениях углеводородов (УВ), находящихся на стадии разведки, а тем более разработки. Использование этого огромного массива данных для классификации коллекторов является актуальной задачей. В настоящей работе приводятся результаты решения проблемы на примере месторождений УВ юго-востока Западной Сибири (Томская область).

Первые результаты использования петрофизических уравнений для оценки литологического состава пород-коллекторов были получены по Герасимовскому нефтегазоконденсатному месторождению (Расторгуева, 2013, 2014). Месторождение многопластовое, потенциально продуктивные пласты занимают большой стратиграфический интервал – от верхней юры (горизонт Ю₁) до палеозойской коры выветривания (горизонт М). В пластах-коллекторах этого интервала относительную амплитуду самопроизвольной поляризации $aПС$ нельзя использовать для оценки пористости, поскольку коэффициент достоверности аппроксимации зависимости $Kn = a * aПС + b$ очень низкий для всех пластов-коллекторов ($< 0,019$ для Ю₁).

В то же время именно зависимость $Kn = f(aПС)$ используется для определения Kn коллекторов Ю₁ на большинстве месторождений Томской области. Расчеты удельного электрического сопротивления ($УЭС$) по уравнениям параметра пористости (Pn) и параметра насыщения показали, что пласты Ю₁ в разрезе Герасимовского месторождения при одинаковых условиях имеют самое высокое $УЭС$ (рис.1). С учетом расчета интервального времени ΔT твердой фазы (табл. 1) и свойстве аддитивности этого параметра акустического каротажа, коллектор горизонта Ю₁ Герасимовского месторождения карбонатизирован.

Статистический анализ данных $УЭС$ коллекторов горизонта Ю₁ месторождений Томской области показывает, что при принятых условиях ($K_n = 0,17$; $K_m = 0,6$; $\rho_b = 0,07$) среднее значение $УЭС$ коллектора Ю₁ равно 8,23 Ом м, а стандартное отклонение – 2,09 Ом м. Отсюда следует выделить аномальные группы месторождений с низкоомными ($УЭС < 6$ Омм) и высокоомными ($УЭС > 10$ Омм) коллекторами (рис.1). Из изученных месторождений самым низким сопротивлением обладают коллекторы Крапивинского нефтяного месторождения (5,4 Омм), а самым высоким – Герасимовского нефтегазоконденсатного месторождения.

Группа месторождений с низкоомными коллекторами горизонта Ю₁ - это исключительно нефтяные месторождения с основным и единственным продуктивным горизонтом Ю₁, залегающим под региональной покрывкой – баженовской свитой. Месторождения размещены в западном обрамлении Нюрольской мегавпадины.

Был сделан анализ петрофизических параметров пласта Ю₁³ (основной объект разработки) по разрезам 29 скважин Крапивинского месторождения. Исследованы коэффициенты пористости Kn и проницаемости $Knр$, электрический параметр пористости Pn , относительные амплитуды ПС ($aПС$) и показаний гамма-каротажа $aГК$. Были определены медианные значения названных параметров, линейные зависимости между ними. Если значения параметра не распределены по нормальному закону ($Knр$, Pn), использовались их логарифмы. Линейный тип зависимости удобен в связи с простотой и очевидностью интерпретации коэффициентов уравнения: a – чувствительность функции к изменению аргумента (курсив в табл. 2); b – значение функции при нулевом аргументе. Результаты анализа приведены в табл.2 и на рис.2 и кратко сводятся к следующему.