О ПРИРОДЕ АНОМАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

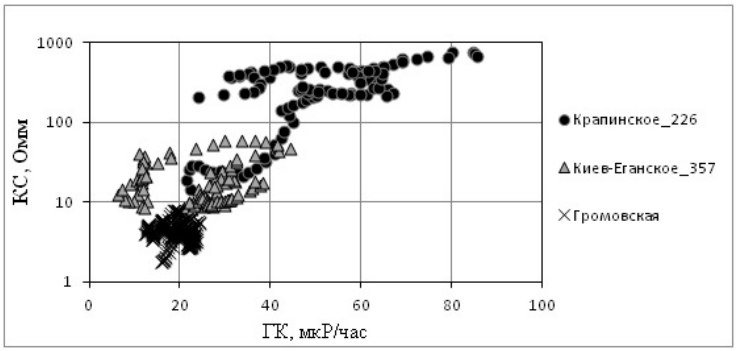
А.Б. Шакиров
Научные руководители доцент Г.Г. Номоконова, профессор М.М. Немирович-Данченко
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

В настоящее время интерес к баженовской свите связан, в основном, с ее нефтегенерационными свойствами – способностью битуминозных глинисто-кремнисто-карбонатных пород являться источником нефти для верхнеюрского и нижнемелового разрезов Западной Сибири и самой быть коллектором нефти.

Анализ опубликованных данных по этой проблеме [1] показывает, что чаще всего изучаются такие параметры баженовской свиты как содержание органического вещества ($C_{орг}$), степень его катагенеза, тип керогена (планктонный, гумусовый), водородный индекс и другие результаты пиролиза (Конторович, Фомин и др., 2002). Достаточно ли этих данных, чтобы объяснить природу аномальных геофизических параметров баженовской свиты, которая в Западной Сибири вскрыта сотнями тысяч скважин с полным комплексом их геофизических исследований?

По Конторовичу В.А.[2], в условиях юго-востока Западной Сибири (Томская область) границу между баженовской и марьяновской свитами следует проводить по критерию КС < 20 Омм и ГК < 30 мкР/час. По этим критериям Киев-Еганское нефтяное месторождение (рис. 1) находится в переходной зоне. Для классической «баженовской зоны» (КС > 100 Омм и ГК > 55мкР/час) среднее содержание органического углерода в баженовской свите можно определить по средним значениям ее геофизических параметров – ГК и КС:

$C_{орг}$ = 0.1759 * ГК – 4.8187 (R^2 = 0.88); $C_{орг}$ = 0.021 * КС + 4.3798 (R^2 = 0.69).



Для скважины 226 Крапивинского нефтяного месторождения среднее значение $C_{орг}$ = 8,2%, полученное по двум уравнениям, соответствует действительности. Однако результат по КС практически в два раза превышает таковой по ГК. Сложный характер (раздвоенность) зависимости «КС-ГК» для нефтяных месторождений (рис. 1) показывает, что на эти базовые геофизические параметры баженовской свиты влияют также другие причины [4].

Рис. 1. Изменение электрического сопротивления и естественной радиоактивности пород баженовской свиты с юго-запада (Крапивинское) на северо-восток (Громовская) Томской области

На рис. 2 представлены результаты геофизических исследований по скв. 393 Майского нефтяного месторождения (Томская область) в интервале, включающем баженовскую свиту и пласты Ю2 и Ю3/4. Приведены каротажные кривые ПС (самопроизвольной электрической поляризации), ГК, ИК (индукционного каротажа, в масштабе сопротивления), НКТ (нейтронного каротажа по тепловым нейтронам) и ГГК (метода рассеянного гамма-излучения в масштабе плотности).

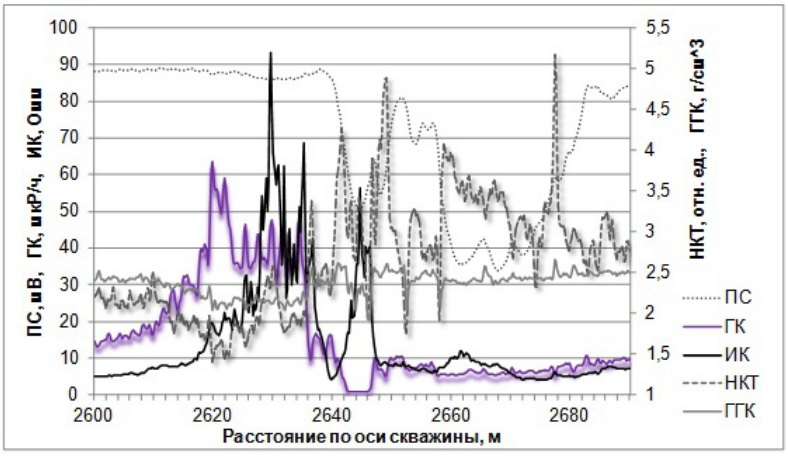


Рис. 2. Аномальные свойства баженовской свиты в разрезе скважины 393 Майского нефтяного месторождения. Баженовская свита в интервале 2608-2638,4 м

Баженовская свита на фоне вмещающих пород куломзинской и васюганской свит выделяются аномальными значениями практически всех, кроме ПС, геофизических параметров: высокими значениями показаний ГК и ИК и пониженными – НКТ и ГГК (рис. 2). Такой совокупности аномалий геофизических методов больше нет в этом разрезе, равно как и в других разрезах [3]. Высокое сопротивление на интервале 2641-2647 м соответствует карбонатизированному песчанику («плотняку») пласта Ю2, на что указывает отрицательные

аномалии ГК и ПС, сопровождающиеся повышениями показаний НКТ – комплекс аномалий, которых нет в пределах баженовской свиты.

Комплексная геофизическая аномалия баженовской свиты весьма сложная (рис. 2). Главные особенности баженовской свиты заключаются в следующем. Максимумы радиоактивности и сопротивления смещены друг относительно друга, ГК – к кровельной части свиты, ИК – к подошвенной. Максимам ГК соответствуют пониженные показания НКТ, а максимумам ИК – повышенные. Плотность слабо понижается к кровле свиты. Такие особенности баженовской свиты нельзя объяснить только содержаниями в ней $C_{орг}$ и температурным режимом свиты (градациями катагенеза).

В работе В.П. Сонич и др. [4] для Сургутского района, в западной части которого ведется пробная разработка нефти из баженовской свиты, приводятся осредненные данные по составу баженовской свиты и по ее некоторым геофизическим параметрам. Были рассчитаны ранговые коэффициенты корреляции Спирмена, результаты расчетов приведены в таблице. Не вошедший в таблицу коэффициент ранговой корреляции между содержанием керогена и нефтенасыщенностью высокий и составляет 0,94. В приведенной таблице водородосодержание – величина, обратная показаниям НКТ, УЭС – удельное электрическое сопротивление.

Таблица

Значения ранговых коэффициентов корреляции Спирмена между содержанием компонентов баженовской свиты и ее физическими параметрами, рассчитанные по материалам [4]

Физический параметр	Компонент породы				
	глинистый	кремнистый	карбонатный	**кероген**	**нефть**
Объемная плотность	0,12	-0,48	0,34	**-0,6**	**-0,56**
Радиоактивность	0,40	0,44	**0,08**	**0,96**	**0,8**
Водородосодержание	0,48	0,58	-0,32	**0,82**	**0,72**
УЭС	-0,28	0,04	**0,74**	**0,4**	**0,72**
Поровое давление	0,15	0,01	**0,21**	**0,42**	**0,76**

Главные выводы из проведенных исследований.

Геофизические параметры баженовской свиты наиболее тесно связаны с содержанием керогена и, в большей мере, с нефтенасыщенностью. При нефтеобразовании (из керогена) радиоактивность баженовской свиты понижается. Удельное электрическое сопротивление баженовской свиты в равной мере определяется карбонатизацией пород баженовской свиты и ее нефтенасыщенностью. Карбонатизация приводит к повышению показаний НКТ, а нефтенасыщенность – к понижению. По соотношению ИК-НКТ можно решить вопрос неоднозначной интерпретации показаний ИК (КС).

Аномально высокие пластовые давления (АВПД) в баженовской свите обусловлено нефтеобразованием.

Литература

1. Голов Е. С., Шакиров А. Б. Есть ли на российском шельфе Арктики баженовская свита? // Творчество юных-шаг в успешное будущее: Арктика и её освоение. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – С. 242-244.
2. Конторович В.А. Генерационный потенциал волжских отложений в юго-восточных районах Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2001. – № 1. – С. 26-32.
3. Номоконова Г. Г. Геофизическая характеристика и нефтеносность баженовской свиты // Геофизические методы при разведке недр: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летию основания в Томском политехническом институте кафедры" Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых", 20–23 апреля 2016 г., Томск. – Томск, 2016. – С. 154-157.
4. Сонич В. П. и др. Особенности строения и нефтеносности отложений баженовской свиты на территории деятельности ОАО „Сургутнефтегаз" // Нефть Сургута. М., Нефтяное хозяйство. – 1997. – С. 205-223.
5. Шакиров А. Б. Геофизические закономерности трансформации баженовской свиты в марьяновскую на северо-востоке Томской области // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 Апреля 2016. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – Т. 1 – С. 509-510.