

Инверсионное развитие осадочного чехла Западно-Сибирского бассейна сопровождалось формированием макро- и микротрещиноватости горных пород. При этом тектонически ослабленные зоны представляли собой участки, предпочтительные для вертикальной миграции пластовых флюидов, сопровождавшейся перемещением нефти и газа в горизонтальных направлениях в процессе заполнения ловушек.

Характер площадного распределения газовых месторождений-гигантов, а также большинства месторождений нефти и газа, свидетельствуют о том, что в пределах северной части Западно-Сибирской плиты параметр тектонической дислоцированности юрско-меловой части осадочного может рассматриваться в качестве прогнозного критерия локализации залежей УВ в процессе проведения поисковых работ на нефть и газ [1].

Литература

1. Воробьев С.В., Горбунов П.А., Максименко О.В. Связь инверсионных тектонических движений и активированных ими флюидодинамических процессов с нефтегазоносностью севера Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Сборник научных трудов ООО «ТюменНИИгипрогаз» / Гл. ред. В.Н. Маслов. – Тюмень, 2017. – 198 с.
2. Нейман В.Б. Теория и методика палеотектонического анализа. – М: Недра, 1984. – 80 с.
3. Тектоническое развитие и нефтегазогеологическое районирование Западно-Сибирской провинции / М.Я. Рудкевич, Ю.М. Глухоедов, Е.М. Максимов и др. – Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во, 1976. – 172 с.

УСТАНОВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИМИ И ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ В ПРЕДЕЛАХ КАЙМЫСОВСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РАЙОНА

А.М. Горшков, О.С. Ли-Ван-Хе

Научный руководитель доцент Л.К. Кудряшова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия

Баженовская свита (БС) является уникальным и наиболее изучаемым геологическим объектом Западной Сибири. Залежи нефти в отложениях этой свиты рассматриваются как один из самых важных источников для восполнения ресурсной базы углеводородов России [4, 6]. Однако, несмотря на доказанную нефтеносность отложений баженовской свиты, на данный момент отсутствует единая методика поиска скоплений углеводородов в этой свите, способ геометризации ловушек, методика подсчета запасов и унифицированные способы разработки этих отложений [5].

Одной из основных причин является сложное геологическое строение БС. Характерной особенностью баженовской свиты является высокая степень неоднородности, как вещественного состава самой толщи, так и коллекторов в ней. Неоднородность вещественного состава связана с изменением содержания по разрезу глинистого, кремнистого, карбонатного и органогенного (до 10 – 25 %) вещества, обусловленного седиментационными факторами. В результате этого разрез представлен чередованием кремнистых, кремнисто-карбонатных, глинистых, карбонатно-глинистых и кремнисто-глинистых пород, в разной степени обогащенных органическим веществом [3, 7].

В работе [1] нами была показана возможность расчленения отложений БС в зависимости от распределения плотности пород по глубине залегания за счет применения метода GRI, реализованного в сланцевом пермеатре SMP-200. Метод GRI [2] предписывает работу с дезинтегрированным керном, что позволяет использовать обломки пород и шлам для исследований петрофизических свойств отложений БС, а также достоверно определять фильтрационно-емкостные свойства ультранизкопроницаемых пород. Кроме того, в работе выявлено, что график зависимости изменения плотности пород с глубиной визуально коррелируется с радиоактивным каротажем на диаграммах ГИС.

В связи с этим, целью данной работы являлось установление корреляционных связей «ГИС–керн» для баженовской свиты в пределах Каймысовского нефтегазоносного района и определение уравнений регрессии.

Баженовская свита на данных ГИС отличается от вмещающего песчано-глинистого разреза по комплексу признаков (аномально-высокими показаниями методов сопротивления и гамма-каротажа, пониженными значениями плотности и повышенными – интервального времени и др.), отмечается и ярко выраженная изменчивость этих параметров по разрезу свиты. В связи с этим, несмотря на значительный объем проведенных исследований, для разреза баженовской свиты встречаются лишь единичные примеры корреляции физических параметров, полученных на каротажных диаграммах ГИС, и петрофизических свойств геологического разреза БС.

В качестве объекта исследования использовались образцы горных пород отложений баженовской свиты (пласт Ю₀), отобранные из поисковой скважины одного из месторождений юго-восточной части Каймысовского свода, а также диаграммы ГИС радиоактивного каротажа (гамма-гамма каротаж плотностью – ГГК-П, нейтронный гамма каротаж – НГК; нейтронный каротаж по тепловым нейтронам – НКТ). Кровля баженовской свиты в разрезе исследуемой скважины залегает на глубине 2662,0 м и перекрывается куломзинской свитой. Толщина баженовской свиты составляет 13 м.

Объемная плотность горных пород с естественной насыщенностью определялась модифицированным

методом жидкостенасыщения, разработанным в лаборатории «Геологии месторождений нефти и газа» (НИ ТПУ, г. Томск) для исследования дезинтегрированного керна. Все эксперименты по определению минералогической плотности на образцах с естественной насыщенностью проведены на сланцевом пермеаметре SMP-200, в основе которого лежит метод GRI [1, 2]. Открытая пористость рассчитывалась через значения полученных объемных и минералогических плотностей.

Для построения связи типа «ГИС–кern» на первом этапе проведена увязка глубины отбора образцов пород баженовской свиты с диаграммами ГИС (рис. 1).

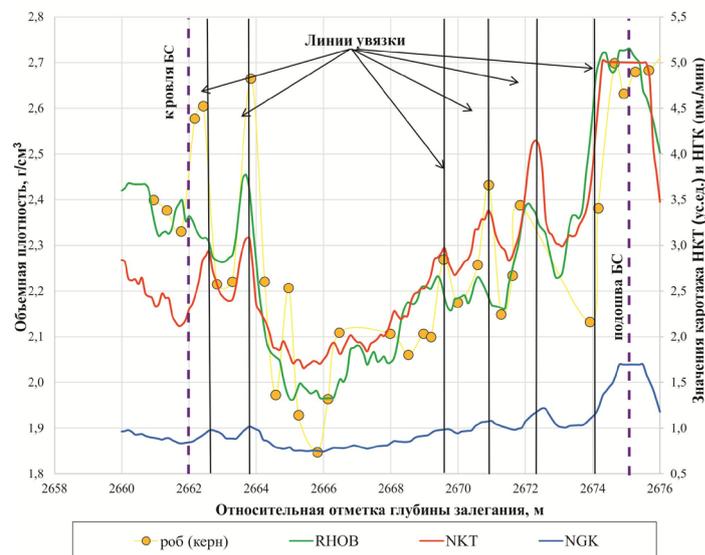


Рис. 1. Увязка значений объемной плотности керна с диаграммами ГИС

Среди всех используемых диаграмм методов ГИС, НКТ имеет более четкие локальные максимумы, в связи с чем, именно этот каротаж использовался в качестве основного для увязки керна по глубине. Из графика следует, что лабораторные данные объемной плотности достаточно хорошо коррелируются со значениями на диаграмме НКГ после совмещения. В результате интервалы взятия образцов керна были смещены на 1,4 м вниз по разрезу. Кроме того, на рис. 1 показано, что значения локальных максимумов на диаграммах ГИС (ГГК-П, НКГ и НКТ) не совпадают между собой, что, вероятнее всего, связано с

технологическими особенностями проведения ГИС и физическими особенностями методов (тип излучения, энергетический спектр регистрируемого излучения, конструкция измерительных зондов и т.д.).

На втором этапе проведен регрессионный анализ корреляционных связей «кern–кern» и «ГИС–ГИС» для повышения достоверности полученных результатов лабораторного и геофизического исследования горных пород баженовской свиты. Результаты анализа представлены в табл.

Таблица

Результаты регрессионного анализа корреляционных связей

Вид корреляционной связи	Уравнение регрессии (достоверность аппроксимации, д. е.)
Значения каротажа НКТ – значения каротажа НКГ	$НКГ=0,18 \cdot НКТ+0,455$ $R^2=0,95$
Значения каротажа НКТ – значения каротажа ГГК-П	$ГГК-П=0,19 \cdot НКТ+1,734$ $R^2=0,53$
Значения каротажа НКГ – значения каротажа ГГК-П	$ГГК-П=0,95 \cdot НКГ+1,349$ $R^2=0,48$
Объемная плотность – минералогическая плотность	$\rho_{мин}=1,00 \cdot \rho_{об}+0,032$ $R^2=0,995$

Из таблицы следует, что наиболее надежную корреляционную связь между собой имеют два нейтронных каротажа НКТ и НКГ (достоверность аппроксимации $R^2 \sim 1$). Это объясняется тем, что коэффициент нефтенасыщенности баженовской свиты равен единице, следовательно, основной вклад в значения нейтронных методов ГИС вносят только водородосодержащие вещества (глинистые, органические), на которые оба каротажа реагируют одинаково. Единственное отличие этих методов в том, что метод НКТ сильно зависит от минерализации пластовой воды и химического состава промывочной жидкости, поэтому его проводят лишь в некоторых скважинах, удовлетворяющих данному ограничению. Таким образом, полученную зависимость можно будет использовать для дальнейшей интерпретации ГИС скважин, в которых проведен какой-то один из нейтронных методов каротажа. Также следует отметить, что ГГК-П удовлетворительно коррелируется с нейтронными методами, достоверность аппроксимации $R^2 \sim 0,5$. Из таблицы видно, что объемная и минералогическая плотности надежно коррелируются между собой (достоверность аппроксимации $R^2 \sim 1$). Этот факт указывает на корректность применения предложенных лабораторных методов для исследования ультранизкопроницаемых коллекторов баженовской свиты.

На следующем этапе были построены зависимости значений петрофизических свойств керна от значений радиоактивных методов ГИС для установления корреляционных связей «ГИС–кern» (рис. 2).

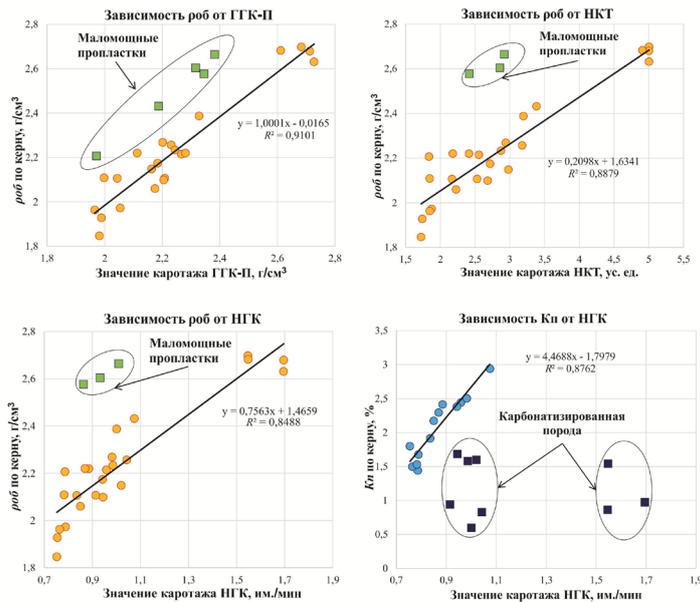


Рис. 2 График зависимостей петрофизических свойств ядра от значений на диаграммах ГИС

На графике показано, что объемная плотность горных пород надежно коррелируется со значениями радиоактивных методов (достоверность аппроксимации $R^2 \geq 0,85$), что позволяет использовать эти зависимости для определения плотности пород баженовской свиты в пределах исследуемого месторождения. Однако на всех вышеупомянутых графиках есть несколько точек, значения которых выпадают из полученных зависимостей. Вероятнее всего, это связано с сильной неоднородностью геологического строения баженовской свиты, в результате чего маломощные карбонатизированные пропластки невозможно зафиксировать стандартными приборами,

используемыми при записи радиоактивных методов ГИС.

Также в работе выявлена зависимость открытой пористости горных пород от значений на диаграммах НГК (достоверность аппроксимации $R^2 \geq 0,88$), однако данная зависимость работает только в узком диапазоне для относительно однородных по составу горных пород. Выпавшие значения соответствуют интервалу (2673,9 – 2676,9 м) горных пород баженовской свиты, представленных карбонатизированными аргиллитами. Карбонатизация пород стала основным фактором уменьшения значения открытой пористости и отклонения от полученной зависимости.

На основании вышесказанного, можно сделать вывод, что в исследуемом разрезе скважины были получены надежные корреляционные связи между петрофизическими свойствами (плотность, открытая пористость) горных пород баженовской свиты и значениями некоторых радиоактивных методов (ГГК-II, НГК и НКТ), которые могут быть использованы для интерпретации каротажных диаграмм ГИС. Следует отметить, что ввиду полиминеральности отложений БС, а также переменного содержания карбонатного и органического вещества полученные зависимости можно корректно применять лишь в небольшом диапазоне значений.

Для более детального изучения геологического разреза баженовской свиты в пределах Каймысовского нефтегазоносного района и выделения литотипов необходимо привлечение всей имеющейся геолого-геофизической информации (геохимические исследования, полный комплекс каротажных диаграмм ГИС), а также выявление и поиск новых нестандартных корреляционных связей «ГИС-керна».

Литература

1. Gorshkov A.M., Kudryashova L.K., Lee-Van-Khe O.S. Petrophysical rock properties of the Bazhenov Formation of the South-Eastern part of Kaymysovsky Vault (Tomsk Region) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2016. – Vol. 43: Problems of Geology and Subsurface Development. – Tomsk, 2016. – 012010, 6 p.
2. GRI-95/0496 Development of Laboratory and Petrophysical Techniques for Evaluating Shale Reservoirs/ Final technical report. – Gas Research Institute. Chicago, Illinois. October 1986 – September 1993.
3. N Nedolivko, T Perevertailo, Li Cunyi and R Abramova. Specific features of Bazhenov suite sediments in south-eastern Nurolsk sedimentary basin (Tomsk Oblast) // XIX International Scientific Symposium in honor of Academician M.A. Usov “Problems of Geology and Subsurface Development” 6–10 April 2015, Tomsk, Russia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 27 (2015). – Tomsk, 2016. – 012014, 6 p.
4. Афанасьев И.С., Гаврилова Е.В., Бирун Е.М., Калмыков Г.А., Балущкина Н.С. Баженовская свита. Общий обзор, нерешенные проблемы // Научно-технический вестник ОАО «НК Роснефть», 2010.– № 4. – С. 20 – 25.
5. Карпов В.А. Еще раз о баженигах Западной Сибири (Об инвертном типе природного резервуара УВ в баженовской свите // Недропользование XXI век. – Москва, 2013. – № 3. – С. 70 – 77.
6. Лобусев А.В., Лобусев М.А., Вертиевец Ю.А., Кулик Л.С. Баженовская свита – дополнительный источник углеводородного сырья в Западной Сибири // Территория Нефтегаз, 2011. – № 3. – С. 28 – 31.
7. Павлова М.А., Сухорукова К.В., Глинских В.Н., Казаненков В.А. Интерпретация материалов геофизических исследований скважин нефтеносного разреза баженовской свиты: литотипы и их физические параметры // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2012. – Т. 1. – № 2. – С. 127 – 131.