

РАЗВИТИЕ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ КАК ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Журавлев Б.К.¹, Хисметов Т.В.¹, Хомяков А.С.², Копылов С.И.²

¹Общество с Ограниченной Ответственностью «НТЦ ГЕОТЕХНОКИН»,

²Федеральное Государственное Унитарное Предприятие Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. ДУХОВА (РОСАТОМ) ФГУП ВНИИА

В настоящее время при разработке месторождений для принятия обоснованных решений по оптимизации добычи нефти и газа широко применяется современный комплекс ядерно-физических методов исследования скважин (ЯФМ). Он включает в себя спектрометрический импульсный нейтронный гамма-каротаж (ИНГКС), спектрометрический гамма-каротаж (СГК) и многозондовый импульсный нейтронный каротаж в интегральной модификации (ИНК).

Наиболее востребованной задачей, решаемой с помощью ЯФМ, является определение текущей насыщенности пород-коллекторов сложного состава с отдельным выделением во флюиде нефти, газа, газоконденсата и воды с различной минерализацией. Эта задача в настоящее время масштабно решается в производственном режиме практически на всех основных месторождениях нефти и газа. А начиналось производственное внедрение технологии и ЯФМ (тогда под названием С/О-каротаж или УКК – углерод-кислородный каротаж) в 2000г. с исследований меловых терригенных отложений в 350 скважинах Самолорского месторождения. Эффективность этих исследований стимулировала разработку и внедрение технологии ЯФМ для других геологических объектов различных месторождений с порой очень сложными (карбонатные, сульфатизированные, угленосные и др.) геологическими условиями [1].

Для этого потребовалось вместо упрощенной методики С/О-каротажа разработать литосканерную методику обработки и интерпретации данных спектрометрии, что повысило требования к средствам измерений. Многообразие технических условий (наклонные, боковые, горизонтальные, обсаженные, открытые и т.д. стволы) определили необходимость создания целой линейки модификаций приборов и развитие соответствующего методического обеспечения. В основе аппаратных средств - многозондовые приборы импульсного нейтронного гамма-спектрометрического каротажа АИНК-73С-2 и АИНК-89С-2 повышенной информативности с новыми генераторами нейтронов с потоком 10 в8 нейтронов/сек и с детекторами LaBr₃ с высоким разрешением, быстродействием и термостойкостью. Эти приборы обеспечили определение концентраций элементов породы (U, Th, K, C, O, Si, Ca, H, Cl, Mg, S, Al, Fe, Na, Gdi др.), определение пористости с погрешностью менее 5% и объемной плотности (0.02 г/см³), определение величины макроскопического сечения захвата тепловых нейтронов с погрешностью, не превышающей 1%, определение концентраций ЕРЭ: калий, торий, уран [2].

Появление этих высокоэффективных аппаратно-методических средств исследования скважин позволило существенно расширить возможности ГИС, и разработать в практически производственном режиме их эксплуатации литосканерную технологию определения вещественного состава и емкостных характеристик пород по данным комплекса ГИС+ЯФМ.

Технология включает:

- метрологически обоснованные средства измерений,
- оптимально подобранные режимы исследований, скоростные способы накопления, трансформации и передачи регистрируемой многопараметровой информации,
- программно-методическое обеспечение обработки и интерпретации данных с целью количественного определения геологических характеристик пород.

Программно-методически технология основывается на четырех принципах:

- построение общего для всех методов представления об объекте исследований, с выделением из совокупности геологических и скважинных факторов наиболее существенных,
- формирование интерпретационных моделей, связывающих показания методов с определяемыми геологическими характеристиками пород,

- методическое обеспечение решения системы петрофизических уравнений,
- обеспечение оценки достоверности определяемых геологических характеристик пород.

Способы оценки достоверности трудноформализуемы и не бесспорны, однако можно выделить несколько часто используемых при анализе результатов интерпретации:

- Сравнение геологических характеристик (пористости и насыщенности) коллекторов по данным ЯФМ в обсаженном стволе с результатами ГИС и данными анализа керна.
- Сравнение результатов ЯФМ, выполненных аппаратурой различных фирм.
- Соответствие измерений в скважине результатам физического и теоретического моделирования ЯФМС. Этот способ относится к перспективному направлению, связанному с созданием интерпретационного обеспечения метода. На сегодняшний день можно утверждать, что эффекты ЯФМС, полученные на ограниченном числе физических моделей, прямо пропорциональны эффектам в скважине (что и используется при калибровке отдельных приборов).
- Сопоставление с результатами испытаний. Испытания (из-за их динамической природы) не могут являться безусловным “эталоном” для данных ядерно-физической спектрометрии, проводимой в статических условиях. Тем не менее, именно эти сопоставления в большинстве случаев определяют эффективность ЯФМС и положительную перспективность применения методов на конкретных геологических объектах.
- Оценка экономической эффективности ЯФМС как косвенный способ оценки его достоверности обычно проводится по результатам достаточного объема исследований на конкретном объекте (месторождении). Данные обобщаются непосредственными потребителями геофизических услуг (заказчиками).

Потенциал современного комплекса ЯФМС существенно укрепляет позиции ядерной скважинной геофизики, раздвигая круг решаемых промысловых и разведывательных задач.

Задачи промысловой геофизики:

- приобщение и возврат на новые объекты эксплуатации;
- прогнозная характеристика объектов разработки по общему и фазовому объему притока;
- обоснованный выбор интервала перфорации; оценка текущих положений межфлюидальных контактов и переходных зон;
- определение невыработанных интервалов пластов;
- оценка степени и характера заводнения пластов;
- детализация и временной анализ процессов вытеснения углеводородов;
- уточнение постоянно действующей геолого-технологической модели месторождения,
- мониторинг гидроразрыва и т.д.

Задачи геологоразведочной геофизики:

- исследование поисковых открытых стволов,
- разведочных и эксплуатационных скважин для получения данных об элементном составе горных пород и флюидов,
- открытие и разведка пропущенных залежей; переоценка запасов и т.д. (рис.1)

В настоящий момент комплекс ЯФМС является современным и эффективным средством исследования скважин в различных геолого-технических условиях, а литосканерная технология была удостоена государственной премии правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2013 год [3].

Исследования двухзондовой аппаратурой АИНК-ПЛ-90 в открытом стволе

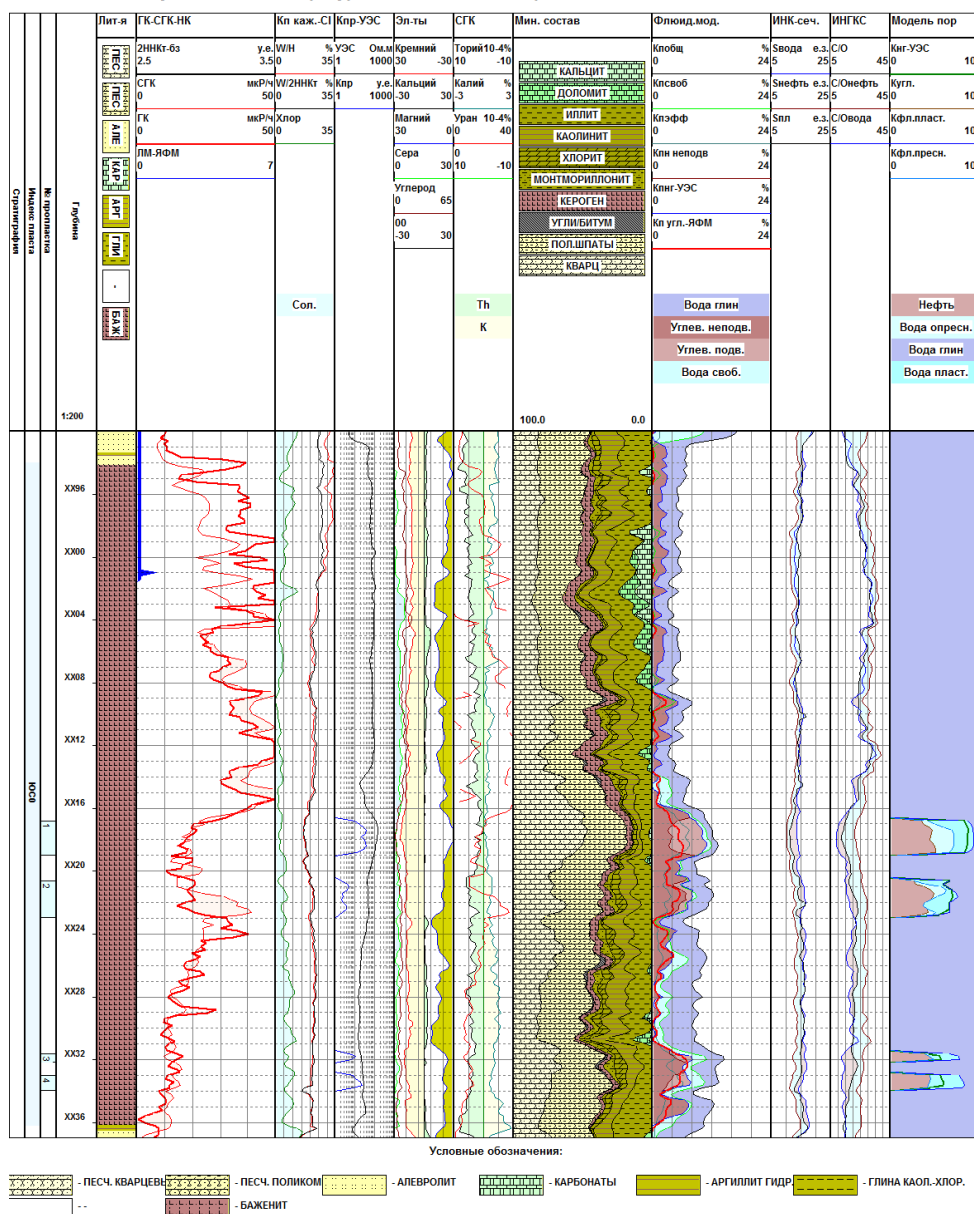


Рис 1. Подтверждено формализованными результатами исследования керна. После проведения ГТМ по вскрытию объекта получен фонтан нефти.

Литература:

1. Методические рекомендации по применению ядерно-физических методов ГИС, включающих углерод-кислородный каротаж, для оценки нефте-и газонасыщенности пород-коллекторов в обсаженных скважинах. Москва-Тверь, 2006г. Согласовано с Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых МПР России.

2. Боголюбов Е.П., Миллер В.В., Копылов С.И., Кадисов Е.М., Юрков Д.И. (ФГУП «ВНИИА» им. Н.Л. Духова), «Аппаратурно-программные комплексы нового поколения для многопараметрического радиоактивного каротажа (МПРК)», стр. 16-18, «Эффективное управление процессами разработки и до-разведки залежей углеводородов на основе данных комплекса скважинных спектрометрических ядерно-физических методов исследования». Сборник статей по материалам круглого стола 19 апреля 2012 года, ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых РФ» ЗАО «НТЦ ГЕОТЕХНОКИН», издательство «Открытые системы»

3. Распоряжение от 20 февраля 2014 г. № 230-р «О присуждении премии Правительства Российской Федерации 2013 года в области науки и техники»