

УДК 550.832.582

*С. С. Сошин, Р. Т. Хаматдинов, В. Ю. Барляев,  
А. В. Малинин, А. С. Зеленев, Ю. Л. Иванов*

*ООО «Нефтегазгеофизика»*

## **ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЯДЕРНО-МАГНИТНОГО КАРОТАЖА СИЛЬНОГО ПОЛЯ. СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ**

Описываются основные этапы формирования отечественной технологии ядерно-магнитного каротажа в сильном поле (ЯМТК), современное состояние и развиваемые перспективные направления.

*Ключевые слова: ядерный магнитный резонанс, приборы ядерно-магнитного каротажа, ядерно-магнитный каротаж.*

2 февраля 2001 г. в Оренбургской области было проведено исследование скважины первым отечественным прибором ядерно-магнитного каротажа (ЯМК) в сильном поле, разработанным и созданным в г. Твери по оригинальной технологии, названной «ядерно-магнитный томографический каротаж» (ЯМТК) [5, 13, 14]. На тот момент на мировом рынке геофизических услуг для исследований скважин методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в сильном поле присутствовали только два типа приборов: MRIL фирмы Halliburton и CMR фирмы Schlumberger. Несколько позже на рынок вышла компания Baker Hughes с прибором MREX.

Разработка вышеуказанной технологии началась в г. Твери в ОАО НПЦ «Тверьгеофизика» в конце 1990-х годов по инициативе и под руководством доктора технических наук Р. Т. Хаматдинова (впоследствии основателя и генерального директора ООО «Нефтегазгеофизика»). Рафис Такиевич сформировал группу специалистов во главе с доктором технических наук Е. М. Митюшиным, которые в короткие сроки уже к 2000 г. сумели создать действующий макет устройства. В группу вошли такие первоклассные специалисты, как В. Ю. Барляев, В. В. Барташевич и В. К. Громцев. Позже, уже в ООО «Нефтегазгеофизика», на основе этой группы был создан отдел ядерно-магнитного каротажа. После получения первых результатов к группе присоединились методисты во главе с доктором физико-математических наук В. А. Мурцовкиным, обеспечившие физико-математическую часть

методологии обработки сигналов ядерного магнитного резонанса, и геолог, кандидат технических наук А. В. Малинин, организовавший службу по обработке и комплексной интерпретации данных ядерно-магнитного каротажа. К настоящему времени технология ЯМТК охватывает сложную динамичную систему производственных операций и процессов, включающих физико-математическое моделирование, разработку программного обеспечения и электронных подсистем аппаратуры, конструирование, метрологическое обеспечение, сервисные работы на скважинах и геологическую интерпретацию геофизических данных. Технология ЯМТК защищена патентами [8, 9] Российской Федерации, патентами США, Канады и ряда европейских стран [15–18]; программно-методический комплекс технологии зарегистрирован Роспатентом [11]; аппаратура сертифицирована для применения в производстве геофизических исследований и работ в скважинах.

Первой реализацией технологии ЯМТК стали центрированные кабельные приборы [8]. Системный подход к разработке аппаратуры с применением современных методов физико-математического моделирования, оригинальные конструкторские и электротехнические решения обеспечили оптимальное соотношение между элементами прибора, в частности зондового устройства (рис. 1), что позволило создать аппаратуру, работоспособную в широких диапазонах условий эксплуатации. Центрированные приборы пригодны к исследованиям в скважинах, заполненных высокоминерализованным буровым раствором с удельным электрическим сопротивлением (УЭС) до  $0,04 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , при температурах до  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлением до  $120 \text{ МПа}$ . Удовлетворительный размер зоны исследования допускает применение аппаратуры в скважинах диаметром до  $\approx 260 \text{ мм}$ .

На рис. 1 представлена модель распределения сигнала в зоне исследования, которая является участком области ядерного магнитного резонанса, ограниченной специально сформированным радиочастотным полем, генерируемым мультипольной системой токов. Область резонанса формируется полем постоянного магнита.

В качестве примера на рис. 2 приведен участок планшета с результатами работы прибора в сложных условиях при температуре  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  в высокоминерализованном растворе с УЭС  $0,04 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  в скважине малого диаметра. На диаграмме четко выделяются три карбонатных тела, разделенные плотными перемичками аргиллитов. Зарегистрированная пористость в перспективных прослоях различается и со-

