

УДК 550.8.08

© Д. И. Киргизов

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ АППАРАТУРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ СКВАЖИН

В сообщении рассказывается о технологиях и аппаратуре, используемых в "ТНГ-Групп" и востребованных заказчиками в РФ и СНГ. Описывается опыт работы с различными геофизическими приборами, разработанными и изготовленными в "ТНГ-Групп".

Кл. сл.: геофизические приборы, ТНГ-Групп, каротаж в бурении, ядро-магнитный резонанс, генераторы нейтронов, исследование керна, акустический каротаж

ОБЩИЙ ОБЗОР НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК ПРЕДПРИЯТИЯ

ООО "ТНГ-Групп" — одна из крупнейших сервисных геофизических компаний России. Мы работаем не только в России, но и за рубежом: в Узбекистане, Казахстане, Ливии, Сирии, Анголе. Заказчиками являются такие нефтяные и газовые компании, как "Татнефть", "ЛУКОЙЛ", "Газпром", "ТНК-ВР", "Роснефть", "Газпромнефть", "Славнефть" и многие другие.

С момента образования в 1952 г. на предприятии ведутся собственные научно-технические разработки. Основной задачей научных и опытно-методических подразделений, входящих в состав ООО "ТНГ-Групп", является разработка и внедрение востребованных в производственной деятельности инновационных технологий в области геофизики, а также методическая поддержка производственных подразделений "ТНГ-Групп". Во многом благодаря собственным разработкам были оснащены наши производственные подразделения — порядка 40 % геофизической аппаратуры и оборудования, сохраняя приоритет в областях ядро-магнитного каротажа, гидродинамических исследований, импульсных управляемых нейтронов и в значительной степени акустического каротажа.

Стратегической целью компании является создание своих высокотехнологичных разработок, не уступающих, а по возможности и превосходящих западные аналоги.

Важнейшим направлением является создание системы каротажа в процессе бурения (LWD). В настоящее время прошли испытания модули электрического (ЭКПБ), индукционного (ЭМКПБ), нейтронного (ННКПБ) каротажа для работы с электромагнитным и гидравлическим

каналами связи. Ведутся испытания гамма-гамма плотностного каротажа (ГГКПБ), изготавливается модуль акустического каротажа (АКПБ). Начаты выпуск малой серии этих приборов на диаметр 120 мм и разработка подобных приборов на диаметр 178 мм.

Использование данных модулей позволит оптимизировать положение ствола скважины относительно наиболее продуктивной части пласта, проводить каротаж в процессе бурения и в перспективе отказаться от промежуточного и окончательного каротажа. Это позволит оптимально проводить горизонтальные скважины как в карбонатном, так и терригенном разрезах. Кроме этого, нами разрабатывается собственное программно-методическое обеспечение для обработки данных, получаемых в процессе бурения. Использование данного программно-методического обеспечения позволяет вести непрерывную комплексную интерпретацию с выдачей фильтрационно-емкостных свойств пород в режиме "on-line" и при необходимости корректировать положение ствола скважины.

В "ТНГ-Групп" разработан и изготавливается собственный автономный комплекс приборов для исследования на бурильных трубах (АКБТ). В состав данного комплекса входят 7 различных приборов: 1) нейтрон-нейтронного каротажа (АННК), 2) инклинометрического каротажа (АИНК), 3) электрического бокового каротажа (АЭКК), 4) индукционного каротажа (АЭМК), 5) спектрометрического гамма-каротажа (АСГК), 6) акустический каверномер-профилемер (АКП), 7) волнового акустического каротажа (АВАК).

Одним из важных направлений исследований в "ТНГ-Групп" является разработка аппаратуры для исследования методом ядро-магнитного резонанса (ЯМР).

ПРИБОРЫ ЯМР

Это направление работ традиционно для нашей компании (более 50 лет). "ТНГ-Групп" имеет на вооружении скважинные приборы ядерно-магнитного каротажа в поле постоянного магнита (МРКТ, ЯМК1 и ЯМТК). Приборы дают возможность определять пористость общую, эффективную, позволяют проводить распределение пор по размерам. Сейчас решается задача определения характера насыщения в скважине по технологии 2D при каротаже.

Нами совместно с Казанским государственным университетом разработан скважинный прибор (КМРК), принцип действия которого основан на явлениях ядерного магнитного резонанса с одновременно дополнительной функцией оценки диэлектрической проницаемости по стволу скважины, а также программное обеспечение для обработки данных КМРК. В этом приборе имеется функция выделения обводненных пресной водой преслоев (2D). У нас имеются как приборы, являющиеся аналогами зарубежных приборов (например, MRIL), так и абсолютно уникальные, обладающие повышенной глубиной исследования (радиус $R = 20$ см), благодаря тороидальной форме магнитного поля на встречных магнитах в отличие от классической цилиндрической формы. Наши приборы ЯМР обладают наилучшей разрешающей способностью в сравнении с конкурентами (до 2.5 см по вертикали). Ведется разработка аппаратуры и технологии исследований фильтрационно-емкостных свойств горных пород методом ядерно-магнитного резонанса в искусственном поле прибором прижимного типа. Целью является расширить возможности метода при определении фильтрационно-емкостных свойств и характера насыщения пород.

У нас имеется уникальная мобильная установка ядерно-магнитного резонанса для исследований полноразмерного керна (диаметром $D = 100$ мм). Даная установка (ЯМР-КЕРН) позволяет проводить исследования керна прямо на скважине непосредственно после его извлечения без каких-либо подготовительных работ по его подготовке. По стандартным технологиям в лабораторных условиях для получения подобной информации о керне требуются месяцы. Результаты исследования на установке ЯМР-КЕРН аналогичны результатам, которые получаются на стационарных установках известных зарубежных марок (Bruker, Oxford Instruments и др.).

Еще одним из важных направлений исследований в ТНГ является разработка аппаратуры на основе управляемых генераторов нейтронов.

АППАРАТУРА С ГЕНЕРАТОРАМИ НЕЙТРОНОВ

Это направление работ также традиционно для нашей компании с момента образования. "ТНГ-Групп" полностью обеспечивает себя приборами собственного производства с широкой номенклатурой различных диаметров и термобаростойкости. Мы обладаем уникальными приборами. Например, мы производим скважинный прибор с генератором нейтронов, являющийся самым компактным в России: его внешний диаметр всего 30 мм и длина 3 м. Данный прибор используется для определения насыщения скважины без остановки добычи и доставляется к интервалу исследования через зазор между обсадной колонной и трубой, через которую происходит добыча. Совсем недавно у нас прошли успешные испытания импульсного генератора нейтронов в процессе бурения (ИНКПБ). В последние годы разработана аппаратура, позволяющая производить автономную запись и реализующая метод импульсного нейтронного каротажа (ИНК). Этим прибором успешно проведены исследования на морской буровой платформе в Каспийском море. Основная решаемая задача — определение характера насыщения пласта без использования постоянного (химического) источника ионизирующего излучения.

АКУСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Следующим важным направлением является проект комплексного прибора широкополосного акустического каротажа и акустического сканера (АКМФ-Орфей). Оценив возможности зарубежной аппаратуры типа ХМАС, MPAL, UBI, SonicScanner, компания нашла ряд технологических и методических решений по объединению нескольких отдельных приборов акустического каротажа в единое целое. Прибор "АКМФ-Орфей", испытываемый в настоящее время, содержит два модуля: усовершенствованный модуль ВАК32, который определяет коэффициент анизотропии и направление анизотропии, азимута трещиноватости; второй модуль (САС) осуществляет акустическое сканирование стенки скважины с количественной оценкой углов наклона трещин и пластов за один спуск. "АКМФ-Орфей" позволяет оценивать эффективность гидравлического разрыва пласта (ГРП), определять кинематические и динамические параметры основных типов волн P, S, ST.

В составе "ТНГ-Групп" имеется предприятие "Универсал", занимающееся мелкосерийным выпуском геофизических приборов и другого различного оборудования, применяемого в геофизическом сервисе.

СЕРИЙНЫЙ ВЫПУСК ПРИБОРОВ

На сегодня предприятие "Универсал" готово предложить для поставки следующее оборудование разработки "ТНГ-Групп".

Восьмисекторная сканирующая аппаратура АКЦ-8СМ на преломленных волнах, предназначена для определения качества сцепления цемента с колонной по восьми отдельным секторам периметра скважины, с выделением вертикальных каналов раскрытостью не менее 15° . Кроме этого, данная аппаратура позволяет определять качество сцепления цемента с породой, так называемый "второй" контакт. Например, определение качества цементирования в интервале заколонного перетока. По результатам исследований аппаратурой АКЦ-8СМ в цементном камне были выявлены каналы, которые явились причиной возникновения межпластового заколонного перетока.

Скважинная аппаратура видеокаротажа (СВК). Она предназначена для визуального обследования элементов внутрискважинного оборудования при проведении аварийных и ремонтных работ. Обладает следующими преимуществами: малыми габаритами скважинного прибора (диаметр $D = 44$ мм). Исследования проводятся с помощью обычного 3-жильного каротажного кабеля и не требуют использования оптоволоконных технологий. При необходимости аппаратура может быть оперативно доставлена на скважину при проведении аварийных работ. Приводятся примеры результатов исследований скважин с использованием скважинной видеокамеры.

Аппаратура сканирующей магнитной интроскопии. Прибор предназначен для выявления дефектов на внутренней и внешней сторонах колонны при планировании ремонтных работ. Принцип работы основан на возбуждении постоянным магнитом вихревых токов в колонне и регистрации возникающих магнитных полей с помощью десятков датчиков магнитного поля, расположенных вокруг прибора. В результате каротажа получается развертка внутренней поверхности трубы. Основным преимуществом является определение дефектов обсадной колонны с повышенным разрешением. Это позволяет выявлять сквозные отверстия диаметром 4 мм. Исследования могут проводиться при заполнении скважины любым типом промывочной жидкости и даже в "сухих" скважинах (выше уровня жидкости). Имеются модификации для 5- и 6-дюймовых колонн. Есть образец заключения по одной трубке обсадной ко-

лонны, подготовленный с использованием программы автоматизированной интерпретации. При проведении исследований в интервале или по всему стволу заключение выдается в виде сводного альбома, состоящего из заключений по каждой отдельной трубке.

Дистанционно-управляемый по кабелю многоканальный геофизический пакер (ПГЛК). Он предназначен для поиска интервалов негерметичности обсадных колонн. Суть метода заключается в многократных переустановках его на разные глубины в скважине с последующей опрессовкой давлением, одновременной регистрацией и визуализацией параметров: подпакерного и надпакерного давлений; локации муфтовых соединений и фиксацией раскрытия пакера. При использовании данного прибора работы по поиску негерметичности проводятся через стандартный геофизический подъемник без привлечения дополнительного оборудования на трубах, что существенно сокращает время ремонтных работ. Демонстрируется пример скважины с нарушением герметичности колонны, выявленным по результатам применения дистанционного пакера.

Эжекторная установка (струйный насос), которая приводится в действие нагнетанием в НКТ рабочей жидкости (воды) насосным агрегатом, расположенным на поверхности. Снижение давления в подпакерном пространстве зависит от скорости прохождения жидкости через сопло и регулируется давлением насосного агрегата. В "ТНГ-Групп" налажено собственное производство различных типов подобных установок, применяемых при освоении скважин с одновременным исследованием скважинными приборами, проходящими через насос.

Гидравлический перфоратор. Использование этого прибора позволяет исключить применение взрывчатых веществ при проведении перфорации обсадной колонны. Особенно этот прибор востребован при проведении различных ремонтных работ с обсадной колонной. Имеется макет заколонного пространства с проколотой обсадной трубой и размытой каверной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К сожалению, в рамках одной статьи невозможно рассказать обо всех технологиях и приборах, применяемых в "ТНГ-Групп".

Союз науки и производства в значительной мере позволил "ТНГ-Групп" стать одной из ведущих сервисных геофизических компаний в России и едва ли не единственной компанией, создавшей и сохранившей свою науку в течение более 60 лет. "ТНГ-Групп" готова к взаимовыгодному сотрудничеству и может предоставить дополнительную информацию по указанным приборам и технологиям.

Контакты: *Киргизов Дмитрий Иванович*,
kirgizov@tngf.tatneft.ru

Материал поступил в редакцию 28.06.2018

ООО "ТНГ-Групп", РТ, г. Бузульма

MODERN HIGH-TECH HARDWARE SYSTEMS USED IN GEOPHYSICAL STUDIES OF WELLS

D. I. Kirgizov

LLC "TNG Groups", Tatarstan, Bugulma, Russia

The report describes the technologies and equipment used in TNG Groups and demanded by customers in Russia and CIS. The experience of working with various geophysical instruments developed and manufactured in TNG Groups is described.

Keywords: geophysical instruments, TNG Groups, logging in drilling, nuclear magnetic resonance, neutron generators, core investigation, acoustic logging

Contacts: *Kirgizov Dmitriy Ivanovich*,
kirgizov@tngf.tatneft.ru

Article received in edition 28.06.2018