

**КОМПЛЕКС ЯДЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КАРОТАЖА  
И ЕГО МЕСТО В ТЕХНОЛОГИИ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА КОЭФФИЦИЕНТА ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ**

**В.Т. Перельгин, К.А. Машкин, О.Е. Рыскаль, А.Г. Коротченко,  
Р.Г. Гайнетдинов, В.М. Романов, В.Л. Глухов, А.Ф. Камалтдинов,  
П.А. Сафонов, А.Н. Огнев, И.Х. Шабиев  
(ОАО НПП «ВНИИГИС», ООО НПП «ИНГЕО»)**

Отдел аппаратуры и методики радиоактивного каротажа ОАО НПП «ВНИИГИС» и ООО НПП «ИНГЕО» являются одними из ведущих предприятий России по выпуску скважинных приборов и проведению геофизических исследований нефтегазовых скважин. Основные направления деятельности включают разработку геофизической аппаратуры и технологий ядерно-геофизических и радиоактивных методов каротажа, а также проведение геофизических исследований нефтегазовых скважин с применением комплекса ядерно-геофизических методов (ЯГМ) и выдачей заключений по характеру текущей нефтегазонасыщенности коллекторов и решения других задач геофизического мониторинга коэффициента извлечения нефти (КИН).

Разработанный комплекс ЯГМ применяется на нефтегазовых месторождениях Восточной и Западной Сибири, Пермского края, Ямала, республик Коми, Татарстан, Башкортостан, а также Беларуси, Казахстана, Сербии и др.

Основные модификации аппаратуры, реализующей ЯГМ, имеют торговый знак ЦСП, и включают скважинные приборы С/О-каротажа (ЦСП-С/О-90), двухзондового импульсного нейтронного гамма-каротажа (ЦСП-2ИНГК-43М), спектрометрического гамма-каротажа (ЦСП-ГК-С-90). Аппаратура предназначена для использования в открытом и обсаженном стволах скважин диаметром не менее 110 мм. Комплекс позволяет измерять следующие параметры: спектральные отношения С/О и Са/Si, содержания основных химических элементов скелета горных пород и порового флюида, радиоактивных элементов, определяемых из регистрируемых спектров гамма-излучения радиационного захвата (ГИРЗ), неупругого рассеяния (ГИНР), гамма-каротажа (СГК).

Для скважин с меньшим диаметром, в том числе боковых стволов и хвостовиков, разработан скважинный прибор ЦСП-3ИНГКС-76 с функцией одновременной регистрации параметров 2ИНГК, спектров ГИРЗ и СГК, активационного спектра, позволяющих оценивать нейтронные характеристики (Тау, Сигма), содержание основных породообразующих химических элементов, содержание кислорода в горной породе. В отсутствии спектра ГИНР аппаратура по содержанию кислорода позволяет выделять пресные закачки на фоне нефтена-

сыщенных коллекторов. Большой объем исследований в различных геолого-технических условиях нефтегазовых месторождений показал высокую достоверность результатов исследований.

Накопленный опыт работ позволяет рекомендовать рассматриваемый комплекс ЯГМ также для решения задач геофизического мониторинга КИН, в частности, оптимизации процесса эксплуатации залежи, включая:

- мониторинг и оптимизацию процесса разработки продуктивных объектов;
- сопровождение методов интенсификации нефтеотдачи пластов, в т.ч. контроль ГРП;
- площадной анализ и дифференциацию участков залежи по степени выработанности углеводородов;
- уточнение постоянно действующей геолого-технологической модели нефтегазовых месторождений.

Пример мониторинга процесса разработки продуктивных пластов одного из нефтяных месторождений Татарстана представлен на рис. 1, который демонстрирует снижение нефтенасыщенности коллекторов в процессе эксплуатации залежи.

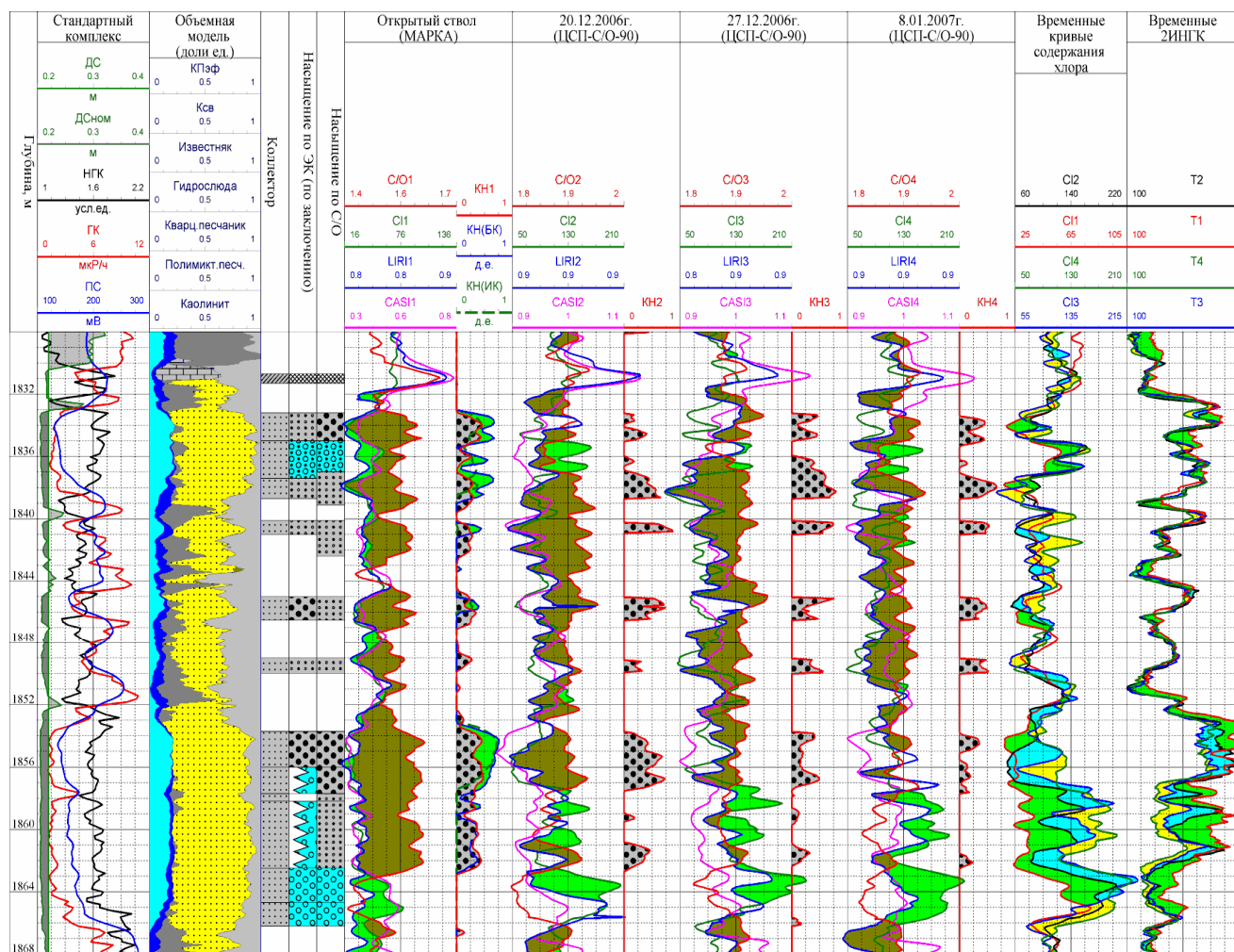
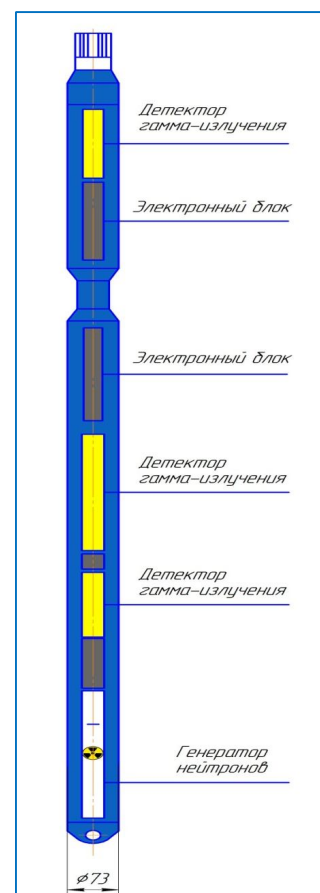


Рис. 1. Мониторинг процесса разработки продуктивных пластов

Инновационной разработкой по модернизации комплекса ЯГМ является двухзондовый скважинный прибор спектрометрического импульсного многоканального нейтронного гамма-каротажа ЦСП-2ИМКС-73 для скважин малого диаметра, схема и технические характеристики которого представлены на рис.2.

За одну спускоподъемную операцию аппаратура в перспективе будет способна реализовать весь известный комплекс ЯГМ: спектрометрический импульсный нейтронный гамма-каротаж (ИНГК-С), в т.ч. углерод-кислородный (С/О) каротаж, импульсный нейтронный гамма-каротаж (2ИНГК), спектрометрический и интегральный гамма-каротаж (СГК, ГК), нейтронный активационный каротаж (НАК). В плане импортозамещения новая аппаратура по проекту будет соответствовать или превосходить передовые западные технологии: скважинные приборы RST (Schlumberger, США), PDK-100 (Baker-Atlas, США), RMT и PSGT (Halliburton, США), PND (Weatherford, США).

Диапазон определения коэффициента нефтенасыщенности (Кн), %	1-100
Основная относительная погрешность измерения Кн, %	8
Возможные размеры детектора сцинтилляционного на основе кристаллов ВGO или LaBr <sub>3</sub> , мм	50x150 40x100 50x50
Частота генерации нейтронов в режиме ИНГК-С, кГц	10
Диапазон измерения времени жизни тепловых нейтронов, мкс	20-2000
Относительная погрешность определения времени жизни тепловых нейтронов, %	± 2
Диапазон измерения влагонасыщенной пористости, %	1-40
Тип применяемого импульсного генератора нейтронов	ИНГ-061/063
Диапазон измерения содержаний ЕРЭ, %:	
- урана	$(1-100) \cdot 10^{-4}$
- тория	$(1-100) \cdot 10^{-4}$
- калия	0,1-20
Диапазон измерения энергии гамма-квантов, МэВ	0,06-7,0
Количество каналов в спектре	1024
Количество регистрируемых спектров	7
Скорость каротажа, м/час	50-70
Максимальная рабочая температура, °С	120
Максимальное рабочее давление, МПа	80
Диаметр, мм	73
Длина, мм	3200
Вес, кг	40



**Рис. 2** Двухзондовый скважинный прибор спектрометрического импульсного многоканального нейтронного гамма-каротажа ЦСП-2ИМКС-73 (перспективный)