

6. Кожевников Д. А., Коваленко К. В., Дешененков И. С. Информационный потенциал адаптивной интерпретации данных комплекса ГИС // Нефтяное хозяйство. 2010. (в печати).
7. Кожевников Д. А., Коваленко К. В., Дешененков И. С. Структура адаптивной интерпретации данных комплекса ГИС // Тезисы докладов VIII научно-технической конференции “Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России”. 2010.

УДК 550.832.55

*В. А. Велижанин, А. А. Бубеев, Н. Г. Лобода, Д. Р. Лобода,
С. Н. Саранцев, Г. К. Точиленко, Д. О. Чулков, Р. Т. Хаматдинов*
ООО "Нефтегазгеофизика"
А. Г. Тихонов
Трест "Сургутнефтегеофизика"

АППАРАТУРА СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО НЕЙТРОННОГО ГАММА-КАРОТАЖА ДЛЯ ОЦЕНКИ МАССОВЫХ СОДЕРЖАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОРОДЕ

Приведены характеристики аппаратуры спектрометрического нейтронного гамма-каротажа, представлены результаты скважинных испытаний.

Ключевые слова: скважинная аппаратура, спектрометрический нейтронный гамма-каротаж, массовое содержание элементов, глубинность исследований.

Идея применения спектрометрии гамма-квантов радиационного захвата тепловых нейтронов относится к 60-м годам прошлого столетия [1]. Однако отсутствие в то время соответствующих средств детектирования гамма-излучения высоких энергий и передачи данных отодвинуло реализацию метода на многие годы. Временем реализации метода можно считать конец 70-х годов [2], а временем практического применения для условий нефтегазовой геофизики – 90-е годы, когда появилась аппаратура ECS с программными средствами обработки компании Schlumberger.

В ООО “Нефтегазгеофизика” разработка аппаратуры спектрометрического нейтронного гамма-каротажа (СНГК-89) как средства

оценки массовых содержаний элементов в породе была выполнена в период 2008–2010 гг. В приборе СНГК-89 используется стандартный плутоний-бериллиевый источник нейтронов активностью не менее 10^7 н/с. Блок детектирования, состоящий из детектора BGO диаметром 50 мм и фотоэлектронного умножителя, размещен в сосуде Дьюара, что позволяет поднять рабочую температуру применения аппаратуры до 120 °С и выше. Для уменьшения доли излучения прибора и скважины в рабочем энергетическом диапазоне (от 1,5 до 8 МэВ) регистрируемого спектра область детектора поверх охранного кожуха покрыта боросодержащим материалом. Основные технические характеристики аппаратуры СНГК-89 приведены в табл. 1. Допустимая загрузка спектрометрического тракта аппаратуры без изменения его характеристик (энергетического разрешения и линейности энергетической шкалы) составляет $3 \cdot 10^6$ имп/мин. В зависимости от геолого-технических условий проведения каротажа инте-

Таблица 1

Основные технические характеристики аппаратуры СНГК-89

Характеристика	Значение
Общая длина прибора, мм, не более	1500
Максимальный диаметр прибора, мм, не более	100
Общая масса прибора, кг, не более	50
Диапазон температуры окружающей среды рабочих условий применения, °С	-10, +120
Верхнее значение гидростатического давления рабочих условий применения, МПа, не более	80
Диаметр исследуемых скважин, мм	120–350
Активность источника нейтронов, с ⁻¹	$1 \cdot 10^7$
Скорость каротажа, м/ч, не более	100–150
Гарантируемое время работы при максимальной температуре, ч, не более	4
Детектор BGO, мм	50·110
Число энергетических каналов	512
Регистрируемый энергетический диапазон, МэВ	От 0,05 до 10
Энергетическое разрешение по линии Cs-137, %, не более	12

гральная загрузка спектрометрического тракта аппаратуры при использовании источника нейтронов активностью 10^7 н/с изменяется от $3 \cdot 10^5$ до $7 \cdot 10^5$ имп/мин. Последнее обстоятельство допускает применение в этой аппаратуре источников нейтронов активностью до $4 \cdot 10^7$ н/с, что позволит существенно увеличить скорость проведения каротажа. Глубинность исследования метода несколько меньше интегральной аппаратуры нейтронного гамма-каротажа и составляет примерно 20–30 см.

Технические параметры и конструкция аппаратуры СНГК-89 предполагают ее эксплуатацию одновременно со стандартными приборами спектрометрического гамма-каротажа, компенсированного нейтронного и литолого-плотностного каротажа. Аппаратура СНГК-89 обеспечивает измерение относительных содержаний кремния (Si), кальция (Ca), железа (Fe), хлора (Cl), натрия (Na), серы (S), титана (Ti), водорода (H) и гадолиния (Gd) в породе как в скважинах с открытым, так и с закрытым стволом без ограничений к составу промывочной жидкости. Относительная погрешность измерений для пласта мощностью 1 м при скорости каротажа 150 м/ч приведена в табл. 2.

Таблица 2

Относительная погрешность определения содержаний элементов аппаратурой СНГК-89

Элемент	Относительная погрешность, %
Si	2,0
Ca	2,1
Fe	0,6
S	1,3
Cl	0,06
H	0,16

Программно-методическая часть аппаратуры спектрометрического нейтронного гамма-каротажа СНГК-89 обеспечивает сопровождение всех технологических этапов ее эксплуатации – настройку, калибровку, проведение каротажа и первичную обработку материалов с получением относительных массовых содержаний перечисленных выше элементов. Для выполнения автоматической стабилизации энер-

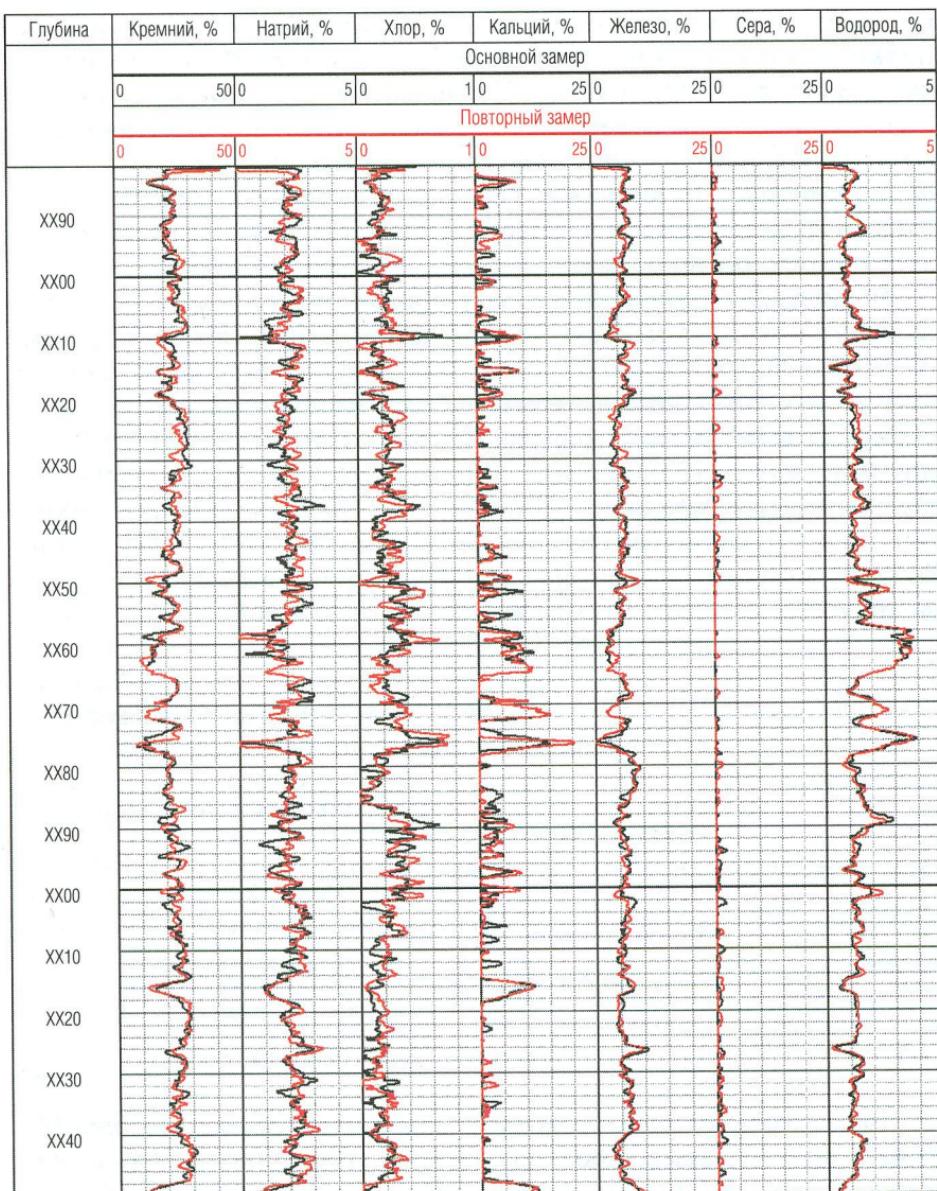


Рис. Пример сопоставления массовых содержаний элементов, полученных по данным основного и повторного замеров аппаратурой СНГК-89 в одной из скважин Ляньторского месторождения

гетической шкалы спектрометра в процессе каротажа используется опорный спектр, полученный при выполнении калибровки аппаратуры. По результатам лабораторных и скважинных измерений погрешность удержания энергетической шкалы по линии водорода в процессе каротажа не превышает ± 1 канал, что соответствует $\pm (15-17)$ кэВ.

Результаты калибровки прибора используются также на этапе первичной обработки данных каротажа при получении спектра излучения прибора и выделении излучения пласта из общего зарегистрированного спектра.

Аппаратура СНГК-89 прошла испытания в тресте "Сургутнефте-геофизика" на месторождениях Западной Сибири. Всего было выполнено 5 каротажей – два в открытом стволе и три в обсадной колонне. На рисунке приведен пример сопоставления основного и повторного замеров в скважине с закрытым стволом. Замеры выполнены с источником нейтронов активностью $0,96 \cdot 10^7$ н/с, скорость каротажа 150 м/ч. Систематическая и случайная погрешности, приведенные к пласту мощностью 1 м, по результатам основного и повторного замеров составили, соответственно, для относительного массового содержания кремния 1,66 и 0,41%, кальция – 0,93 и 0,23%, железа – 0,55 и 0,13%, хлора – 0,06 и 0,01%, натрия – 0,27 и 0,07%, водорода – 0,11 и 0,03%, серы – 0,37 и 0,07%. Достаточно высокая погрешность по железу обусловлена наличием обсадной колонны.

В дальнейших испытаниях аппаратуры СНГК-89 планируется существенно расширить геолого-технические условия проведения измерений, что позволит более достоверно оценить ее точностные и эксплуатационные характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якубсон К. И., Эйфе К. Г. Использование спектрометрии гамма-излучения, возникающего под действием нейтронов, для исследования элементного состава горных пород // Radioisotope Instruments in Industry and Geophysics. Vol. II. Vienna, 1966.
2. Hertzog R. et al. Geochemical Logging with Spectrometry Tools. Paper 16792 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, Texas, 27–30 September. 1987.