



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ "РОСАТОМ"



ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ им. Н.Л.Духова

Аппаратурно-программные комплексы нового поколения для многопараметрического радиоактивного каротажа (МПК)

Е.П.Боголюбов, В.В.Миллер, С.И.Копылов, Е.М.Кадисов,
Юрков Д.И.

Дубна 12 июля 2012 г.

ИНГК-С является информационным ядром технологии С/О-каротажа, которая позволяет определять по измерениям в обсаженных скважинах текущую нефтенасыщенность независимо от минерализации пластовых вод и обеспечивает эффективный контроль и оптимизацию разработки, а также доразведку нефтяных месторождений. В настоящее время в России технология С/О-каротажа кроме ИНГК-С включает также ГК-С и 2-х зондовый ИНК в варианте ИННК или ИНГК



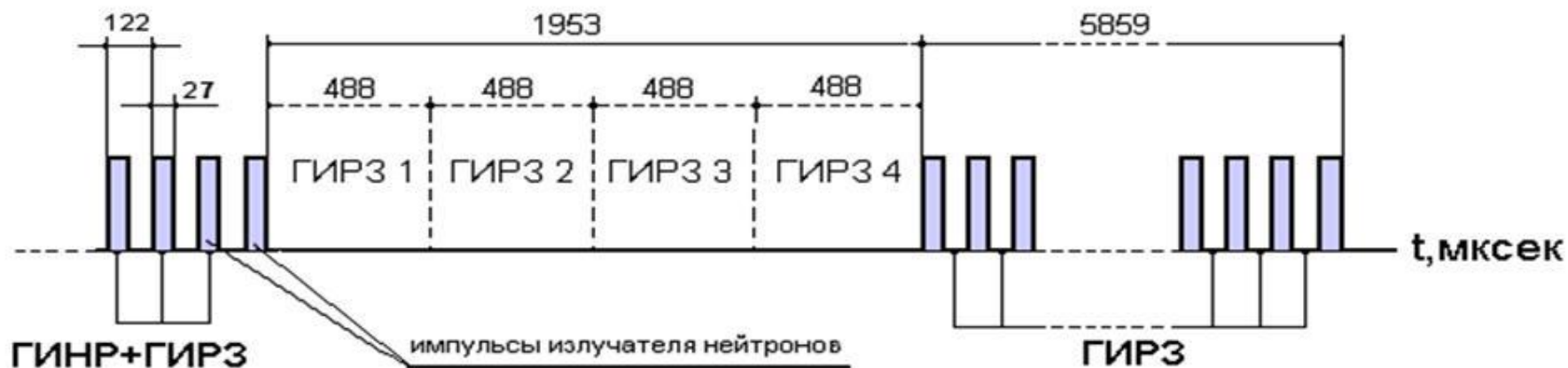
Основные характеристики выпускаемых в России АПК однозондового ИНГК-С

Марка аппаратуры Разработчик	Диаметр, мм	Методные модули	ИНГ	Временная диаграмма	Детектор	Число каналов ампл./врем.	Определяемые параметры
АИНК-89С ВНИИА	89 (108)	ИНГК-С-1 ГК-С	ИНГ-061	<u>Циклическая</u> Цуг: 8 кГц, 6 мс Пауза: 2 мс	BGO CsI(Na)	1024/256	<u>Спектр. отношения:</u> С/О; Ca/Si; RIC* и др. <u>Отн. концентр. элем.</u> МЭД**; U; Th; K; Σ
АИМС Нефтегаз-геофизика	90 (106)	ИНГК-С-1	ИНГ-061	<u>Равномерно</u> 10 кГц	BGO	256/23	<u>Спектр. отношения:</u> С/О; Ca/Si; RIC* и др.
ЦСП-С/О-90 ВНИИГИС	100	ИНГК-С-1	ИНГ-061	<u>Равномерно</u> 10 кГц	BGO	512/50	<u>Спектр. отношения:</u> С/О; Ca/Si; RIC* и др.
ИНГК-С-95 ТПГ	95	ИНГК-С-1	ИНГ-061	<u>Равномерно</u> 10 кГц	BGO	512/100	<u>Спектр. отношения:</u> С/О; Ca/Si; RIC* и др.

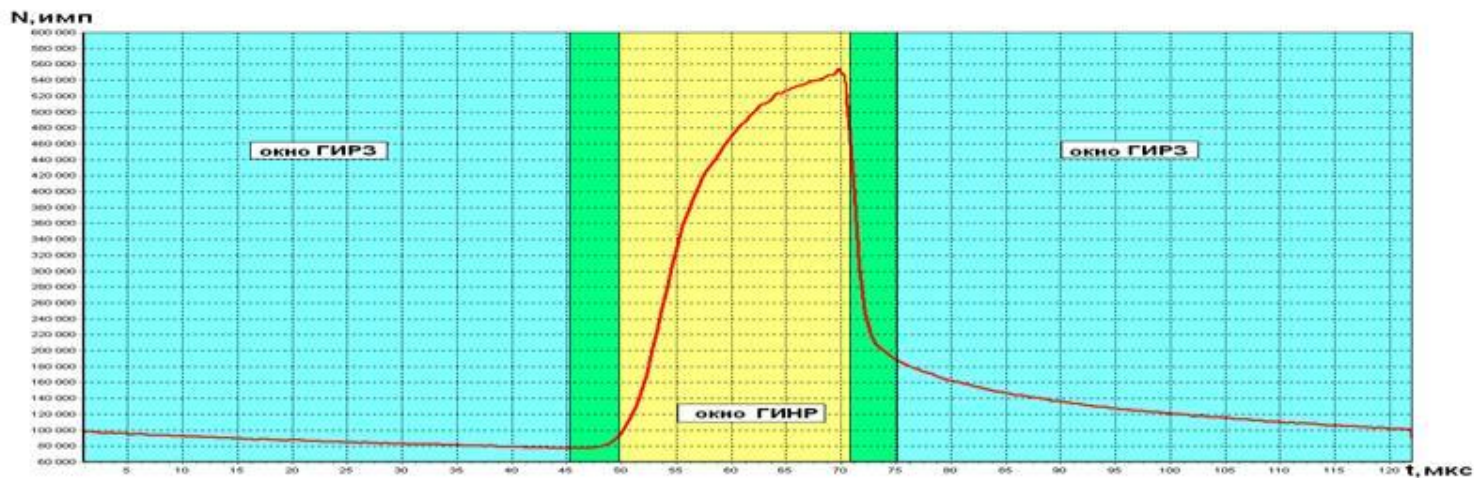
*RIC – отношение интегрального счета ГИНР и ГИРЗ

** МЭД – мощность экспозиционной дозы





Временная диаграмма работы модуля ИНТК-С.



Временной спектр, измеряемый во время цуга нейтронных импульсов

Задачи, решаемые с помощью АПК нового поколения многопараметрического радиоактивного каротажа

- 1. Проведение исследований в обсаженных скважинах различных диаметров в том числе в наклонных скважинах боковых стволов.**
- 2. Повышение точности определения элементного и минералогического состава горных пород и флюида за счёт уменьшения более чем в 3 раза погрешностей измерения содержания элементов**
- 3. Снижение в 2-3 раза погрешности определения водородного индекса (пористости) и сечения захвата тепловых нейтронов**
- 4. Повышение эффективности разработки месторождений путем оптимизации проведения геофизических исследований скважин за одну спуско-подъемную операцию и увеличение скорости каротажа до 150 м/ч без потери качества измеряемых параметров**



Двухзондовые АПК ИНГК-С

Разработчик Марка Год выпуска	Диаметр р Длина, мм	Методные модули	Детекторы Тип Размер, мм	Энерг. разр., %	Число амп. каналов	Временная диаграмма	Определяемые параметры
Shlumberger RST-B (D) 1991(1999)	63 6760	ИНГК-С	2GSO \varnothing_1 30X30 \varnothing_2 30X120	9	256	Режим 1 (ГИНР, ГИРЗ) F = 10 кГц, U = 30 м/час	<u>Отн. концентр. элем.</u> С, О, Са, Si, Н, Cl и др.
						Режим 2 (ГИРЗ, Σ) F = 680 Гц, U = 200 м/час	<u>Отн. концентр. элем.</u> Н, Cl, Са, Si и др. Σ
						Режим 3 (Σ) F = 680 Гц, U = 600 м/час	Σ
Halliburton RMT 1998	54 8100	ИНГК-С	2BGO \varnothing_1 35X35 \varnothing_2 35X125	10	256	Режим 1 (ГИНР, ГИРЗ) F = 10 кГц	<u>Отн. концентр. элем.</u> С, О, Са, Si, Н, Cl и др.
						Режим 2 (Σ) F = 800 Гц	Σ
ВНИИА АИНК-73С-2 2010	73 4300	ИНГК-С	2LaBr ₃ \varnothing_1 25X25 \varnothing_2 50X60	3	1024	Циклическая Цуг: 8 кГц, 6 мс Пауза: 2 мс	<u>Спектр. отношения:</u> С/О; Са/Si; RIC* и др. <u>Отн. концентр. элем.</u> МЭД**; U; Th; K; Σ , водородосодержание СО
		ГК-С	CsI \varnothing 50X250	9			

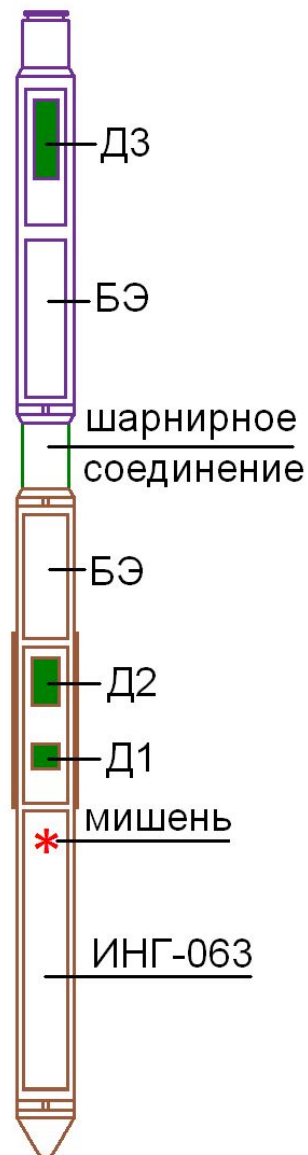


Отличительные особенности аппаратуры нового поколения многопараметрического радиоактивного каротажа АИНК-73С-2

1. Двухзондовая система регистрации спектров гамма-излучения, позволяющая разделить информацию от пласта и ближней зоны (скважина и СП), и определять истинное значение сигма пласта, пористость и точнее определять концентрации основных породообразующих элементов
2. Детекторы гамма-излучения на основе сцинтилляторов LaBr_3 с высоким разрешением (в 3 раза выше, чем ВГО), не требующие термостатирования до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$
3. Новый генератор нейтронов ИНГ-063 с увеличенным до $2 \cdot 10^8$ нейтр./с потоком нейтронов и мишенью, расположенной на торце генератора
4. Цифровая обработка сигналов гамма-спектров с загрузками до $2 \cdot 10^6$ имп./с и быстрым каналом телеметрии (до 500 кБод)
5. Эффективная защита детекторных каналов СП от тепловых нейтронов с помощью боросодержащих композиционных покрытий



Основные характеристики АПК АИНК-73С-2



Общая длина: 4300 мм
Диаметр: 73 мм
Размер ближнего детектора (Д1): LaBr3 (Ø 25 X 25 мм)
Размер дальнего детектора (Д2): LaBr3 (Ø 50 X 60 мм)
Размер детектора ГК-С (Д3): CsJ (Na) (Ø 50 X 250 мм)
Скорость каротажа: до 150 м/ч
Число амплитудных каналов: 1024
Число временных каналов: 256
Разрешение по Cs137:
 дальний детектор: < 4%
 ближний детектор: < 5%

ИНГ- 063

Диаметр: 60 мм
Расположение мишени от торца: 27 мм
Частота генерации нейтронов: 8 кГц
Выход нейтронов: до $2 \cdot 10^8$ н/с
Фронт нарастания и спада нейтронного импульса < 3 мкс
Ресурс работы: > 200 ч



Информативность АПК многопараметрического радиоактивного каротажа

После обработки результатов измерений получают следующие геолого-геофизические параметры:

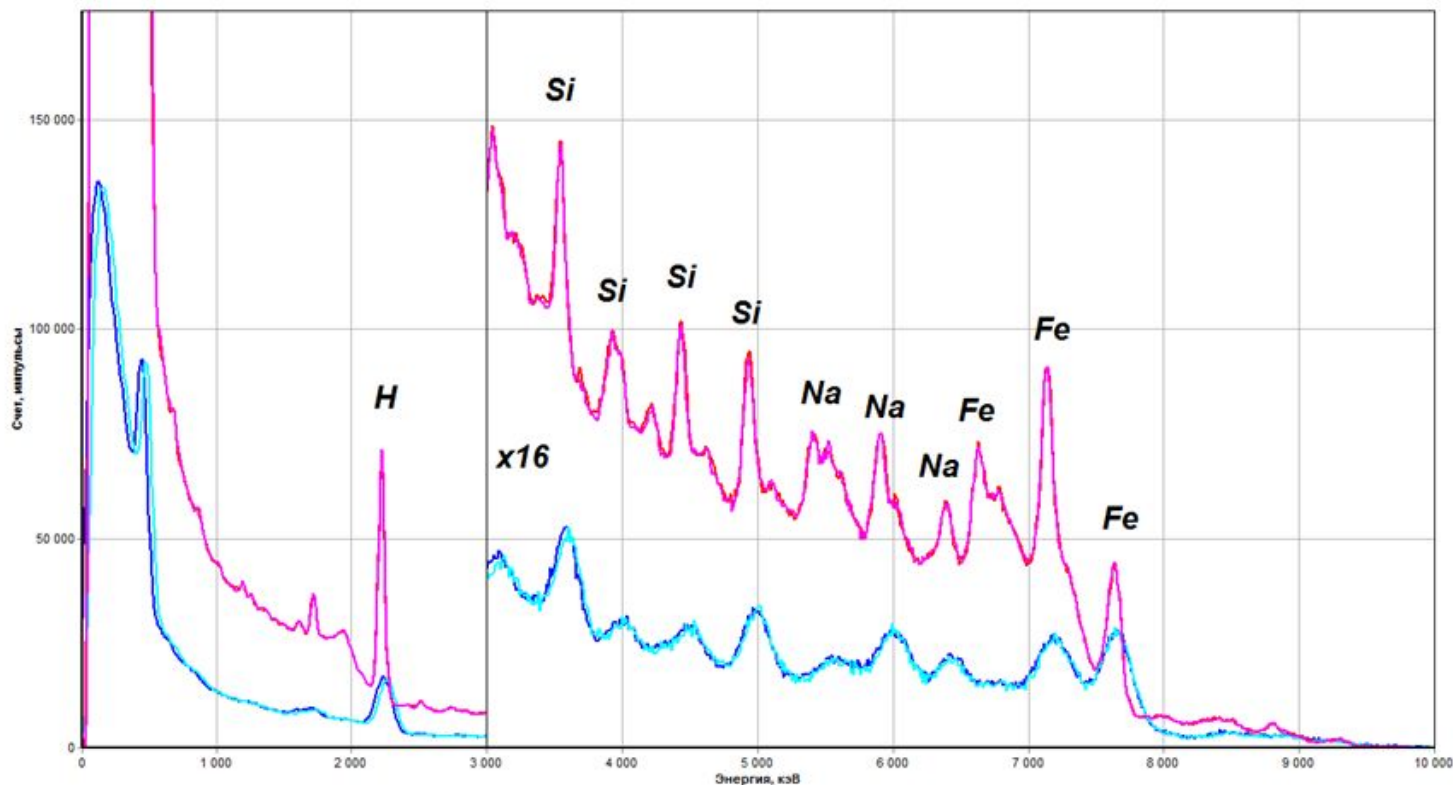
- Элементный состав горных пород с погрешностью определения основных породообразующих элементов в 2-3 раза меньшей чем с ВГО
- Минеральный состав горных пород
- Пористость коллекторов с погрешностью не более 5% относительных
- Макросечение захвата тепловых нейтронов с погрешностью не более 1%
- Интегральная гамма-активность
- Концентрации U, Th, K
- Коэффициент нефтенасыщенности продуктивных коллекторов K_n



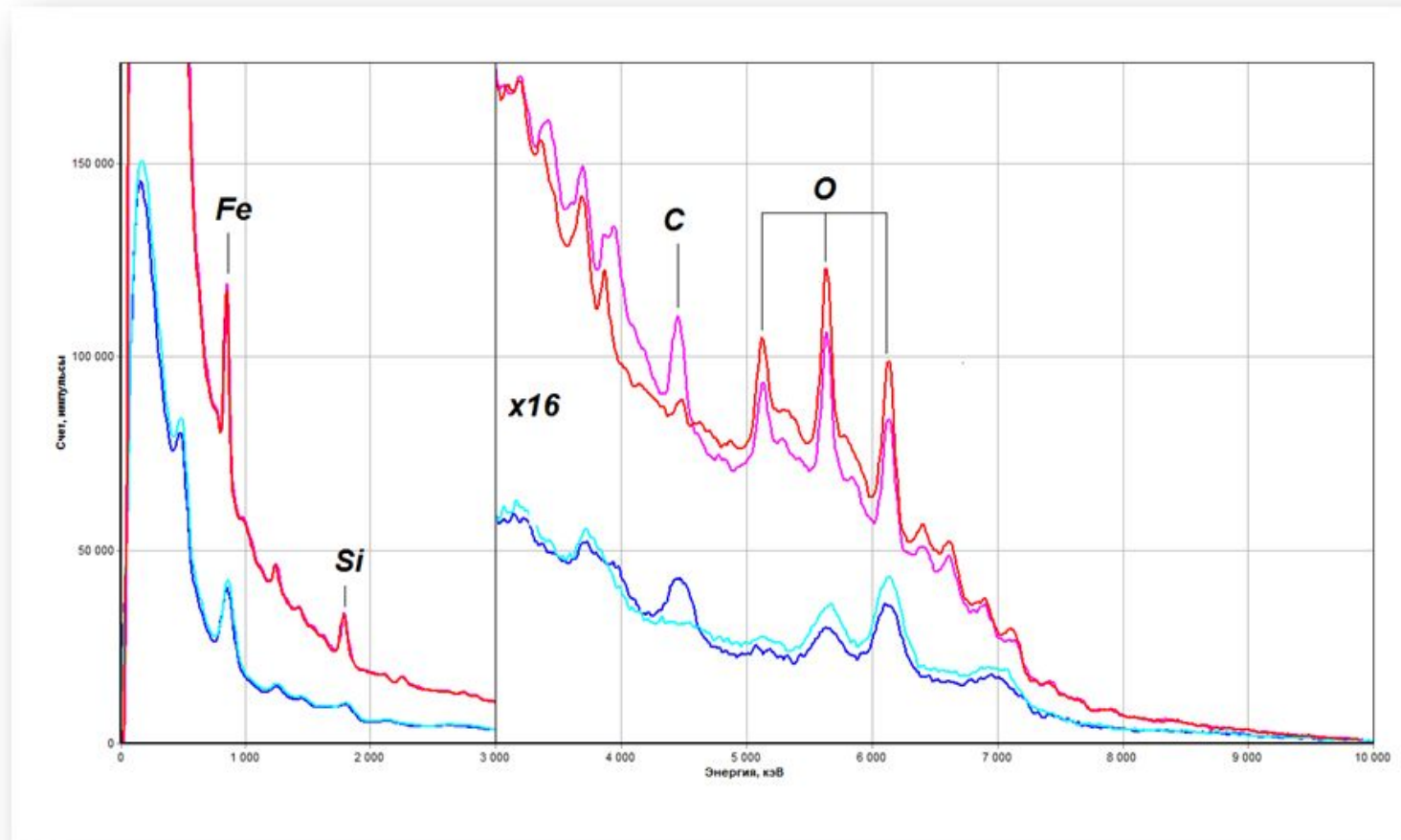
Свойства сцинтилляционных кристаллов

Материалы	Плотность г/см ³	Z _{эф}	Относит. интенсив. световой вспышки	Энергетич. разрешен. При 662 кэВ, %	Постоян. времени затухан. нс	Зависим. от темпер.	Требуется сосуд Дьюара
Иодит натрия NaJ(Tl)	3,67	51	100	7	230	Слаб.	нет
Иодит цезия CsJ(Na)	4,51	54	80	9	1000	Слаб.	нет
Силикат гадолиния GSO	6,71	59	18	9	60	Слаб.	нет
Германат висмута BGO	7,13	73	12	10	300	Сильн.	да
Бромид Лантана LaBr ₃	5,29	45	130	3	18	Слаб.	нет

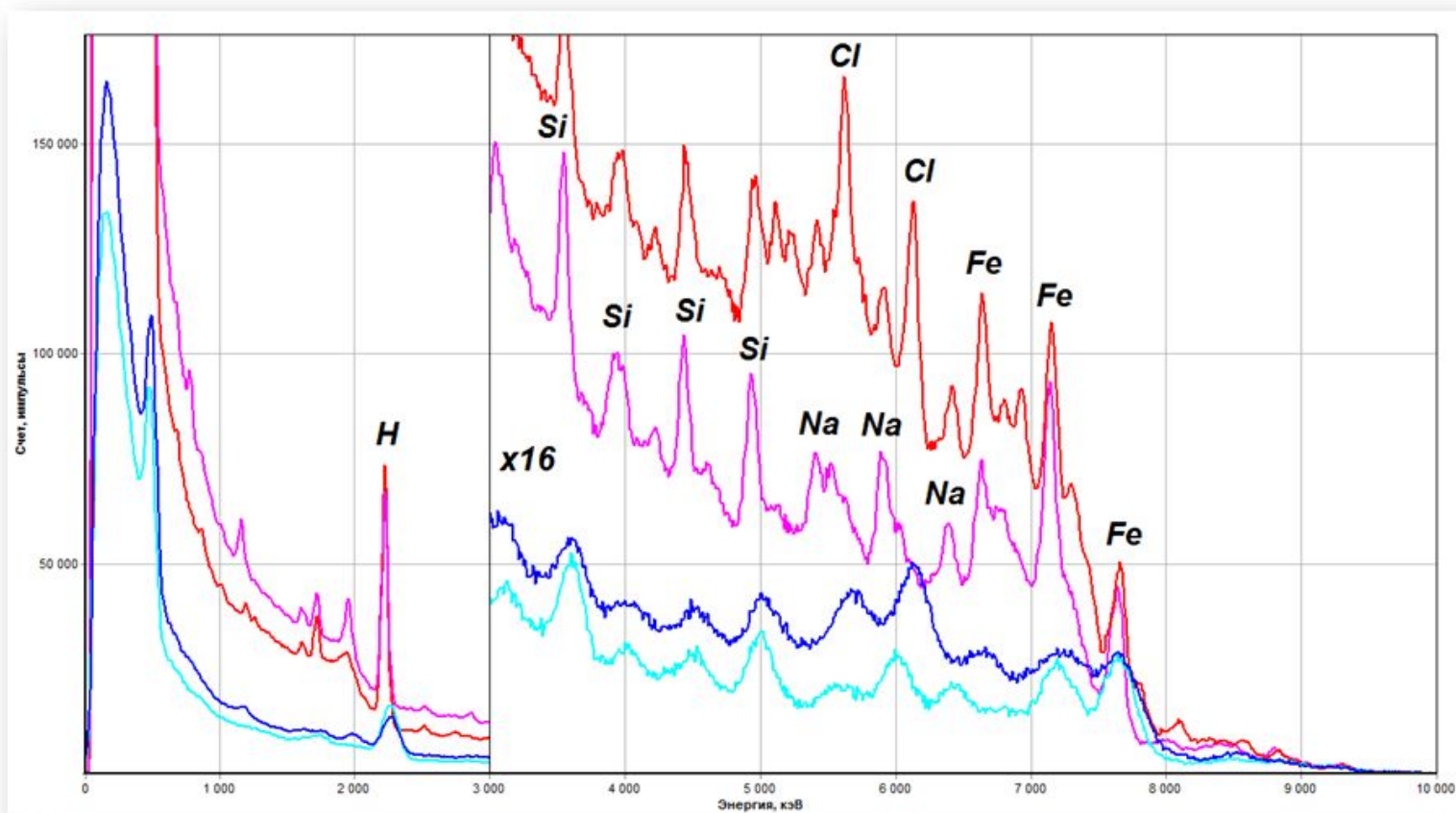
Спектры ГИРЗ в моделях пористостью 39,6% с насыщением «пресная вода» и «углеводороды» с аппаратурой АИНК-73С-2 (красные) и АИНК-89С (синие)



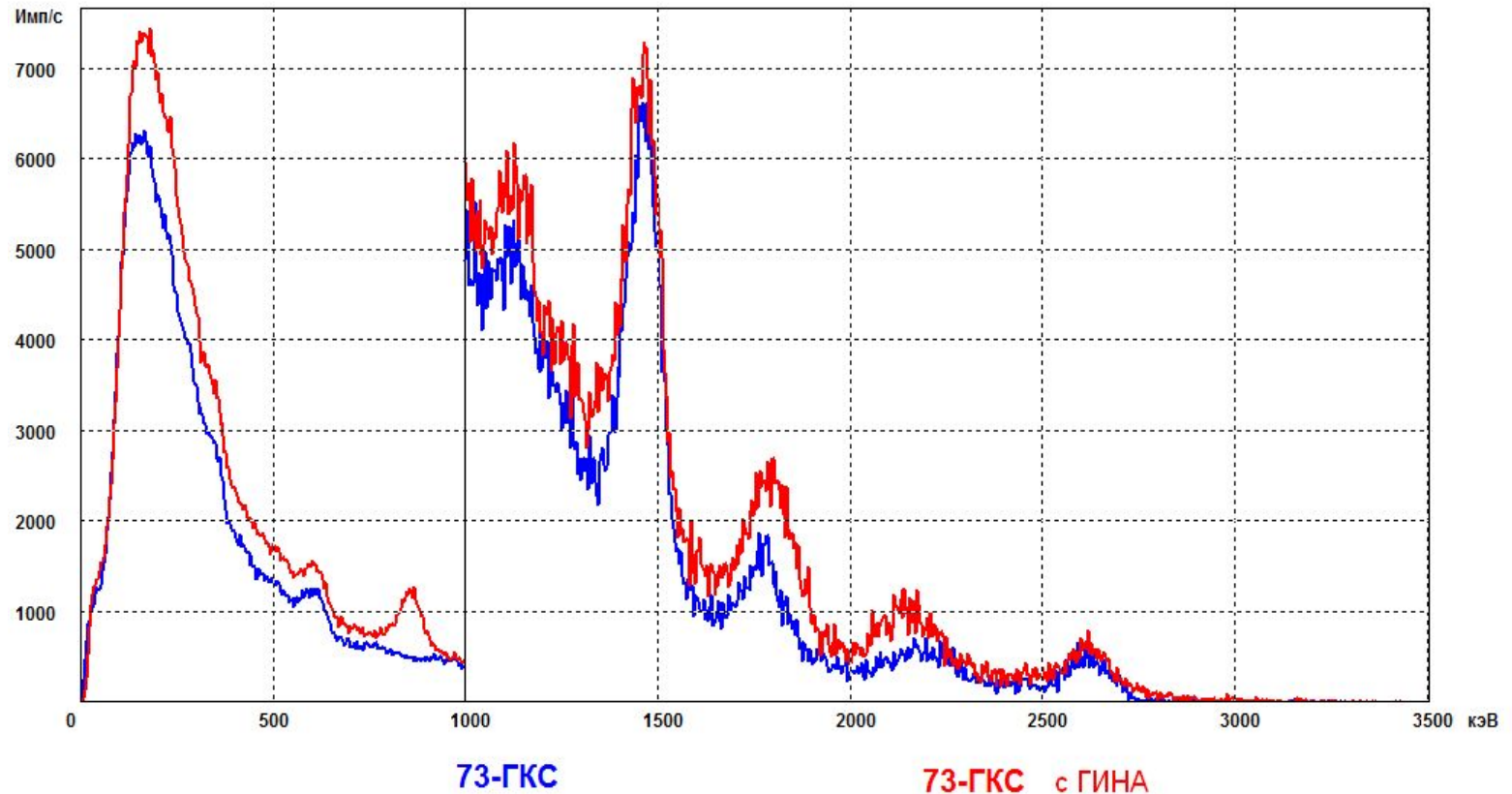
Спектры ГИНР в моделях пористостью 39,6% с насыщением «пресная вода» и «углеводороды» с аппаратурой АИНК-73С-2 (красные) и АИНК-89С (синие)



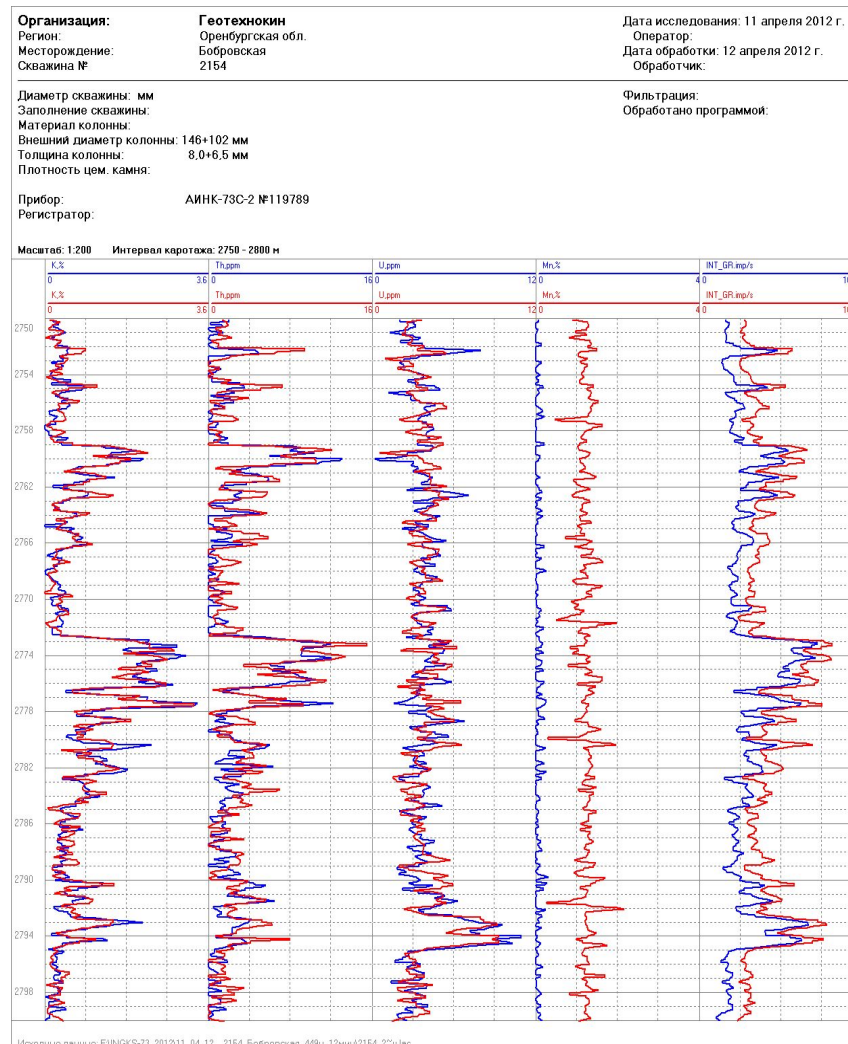
Спектры ГИРЗ в модели пористостью 39,6% с насыщением «минерализованная вода» с содержанием NaCl 200г/л с аппаратурой АИНК-73С-2 (красные) и АИНК-89С (синие)



Вид спектров гамма-излучения естественной радиоактивности с ГИНА от обсадной колонны ^{56}Mn



Обработка данных каротажа естественной радиоактивности АИНК-73С-2 с учетом активации КОЛОННЫ



Спасибо за внимание!

