

ИНСТИТУТ СИСТЕМ ИНФОРМАТИКИ ИМ. А.П. ЕРШОВА СО РАН

# РАДИОАКТИВНЫЙ КАРОТАЖ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Работа выполнена по заказу  
НОВОСИБИРСКОГО ОКБ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

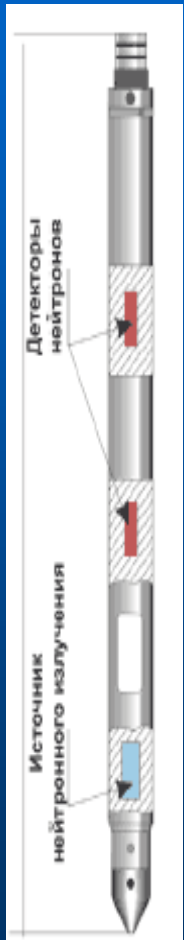
Западно-Сибирская корпорация «ТюменьПромГеофизика»

[murzin@academ.org](mailto:murzin@academ.org)

# Прибор радиоактивного каротажа

**Аппаратура Импульсного Нейтронного Каротажа. Аппаратура ИНГК-С-95 служит для определения насыщения коллекторов и литологического расчленения геологического разреза.**

■ Прибор	ИНГК-С-95
■ Длина (м)	3,25
■ Диаметр (мм)	95
■ Максимальная температура (°С)	120
■ Максимальное давление (МПа)	60 (600 атм)
■ Скорость каротажа (м/ч)	50
■ Вес (кг)	70



# Основные характеристики ИНГК-С-95

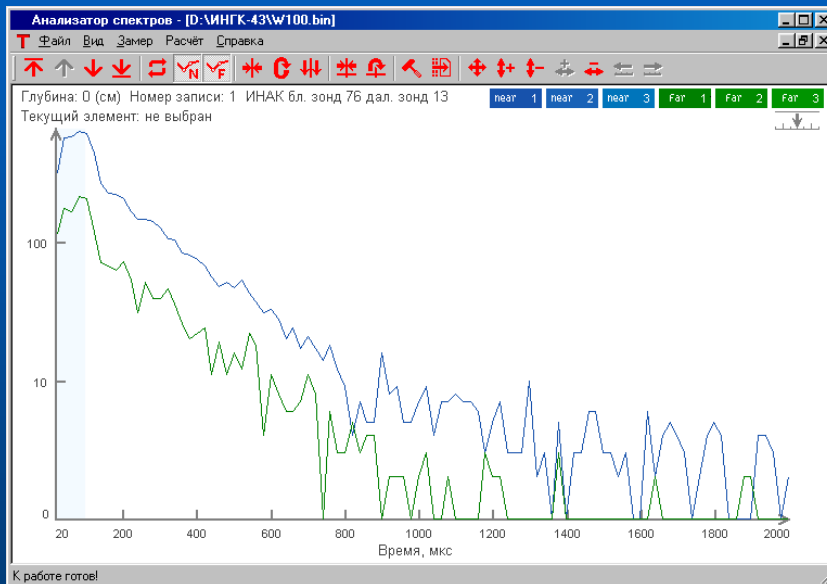
▪ Частота пульсации быстрых нейтронов, кГц	10
▪ Число каналов в энергетических спектрах	512
▪ Число каналов во временных спектрах	100
▪ Диапазон измерения энергий, мэВ	0.2-8.5
▪ Энергетическое разрешение кристалла, %	< 13
▪ Размер детектора гамма-излучения, мм	50x150
▪ Тип детектора	BGO
▪ Генератор быстрых нейтронов	ИНГ-06-10
▪ Ресурс работы генератора нейтронов, час	> 200
▪ квадратурно-амплитудная модуляция	QAM-16
▪ Скорость обмена, кБод	130
▪ Дуплексная связь	Да

# Методы регистрации данных

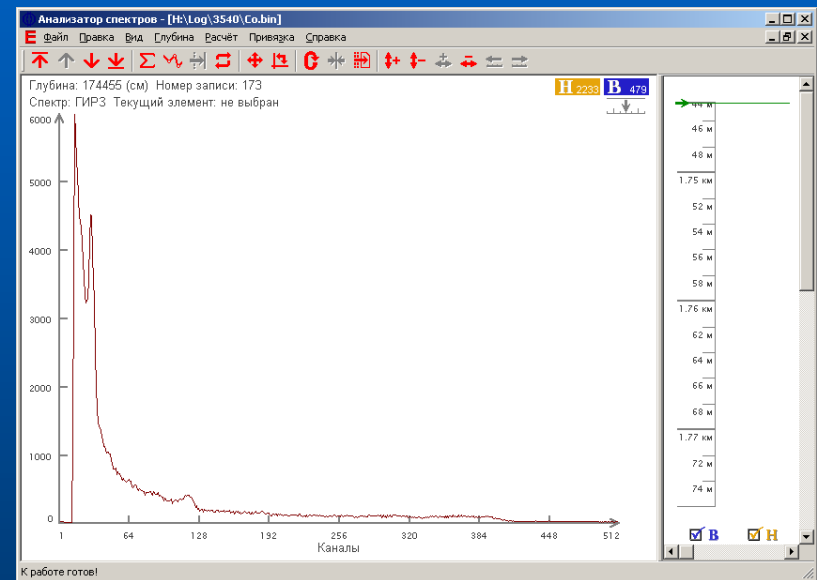
**ИНГК-С-95 - комплексная скважинная аппаратура, которая позволяет проводить исследования скважин следующими методами:**

- **спектрометрия естественного гамма-излучения (ГК-С)**
- **регистрация нестационарных потоков надтепловых нейтронов (ИННК-НТ)**
- **регистрация потоков гамма-излучения радиационного захвата (ИНГК)**
- **спектрометрия импульсного нейтронного гамма каротажа (ИНГК-С)**
- **регистрация гамма-квантов наведенной активности (ИНАК)**
- **регистрация вторичных надтепловых нейтронов (КНД)**

# Временные и энергетические спектры



**временные  
спектры**

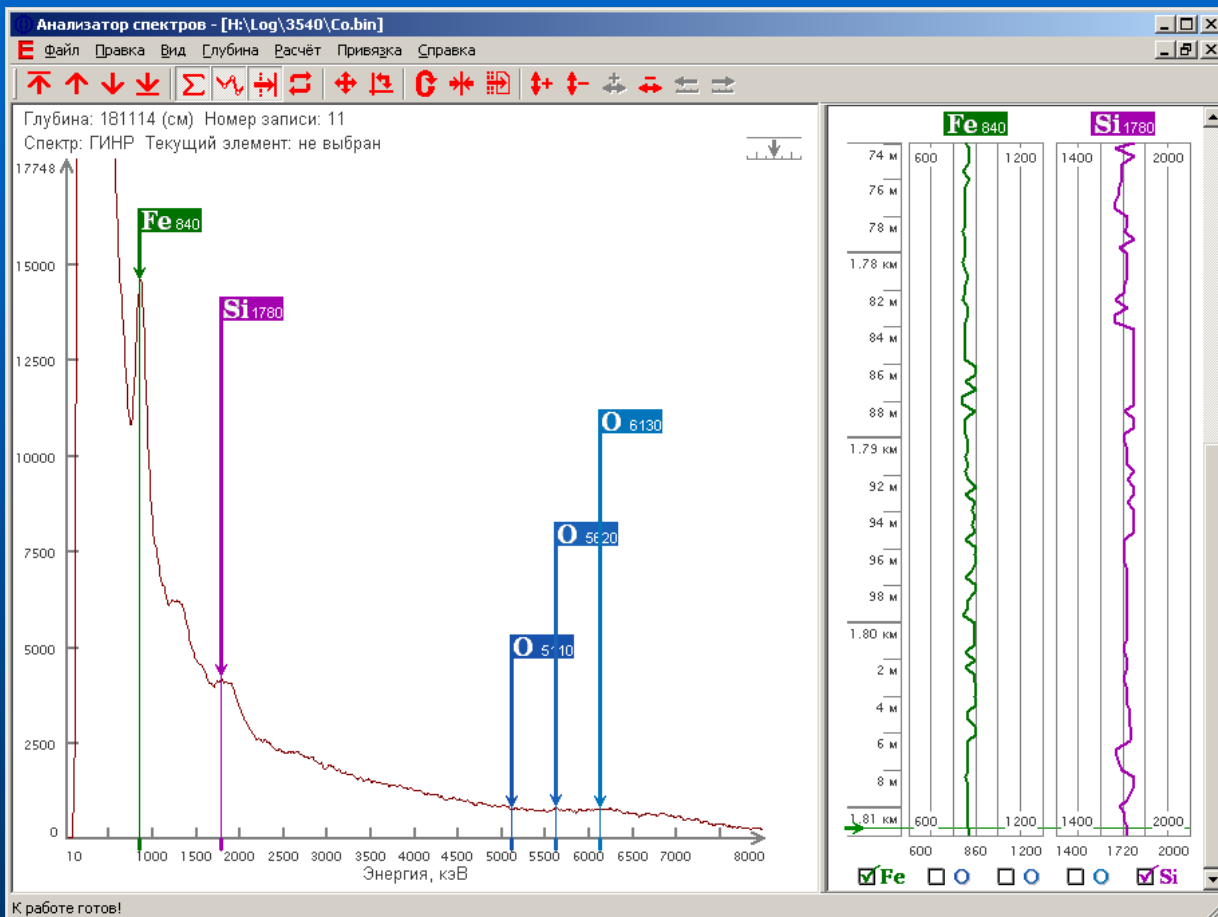


**энергетические  
спектры**

# Программа «Анализатор спектров»

- загрузка и просмотр исходных амплитудных и временных спектров
- автоматическое вычисление чистых спектров ГИНР и ГИРЗ
- энергетическая привязка энергетических спектров ИНГК-С и ГК-С
- расчет набора аналитических параметров в спектрах ГИНР и ГИРЗ
- обработка временных спектров ИННК-нТ и ИНГК
- определения времени жизни тепловых нейтронов
- реализована методика компенсации водородосодержания
- вычисление концентраций естественных радионуклидов (U,Th,K)
- экспорт результатов обработки в формате LAS

# «Анализатор спектров»



Энергетическая привязка элементов (ГИНР)

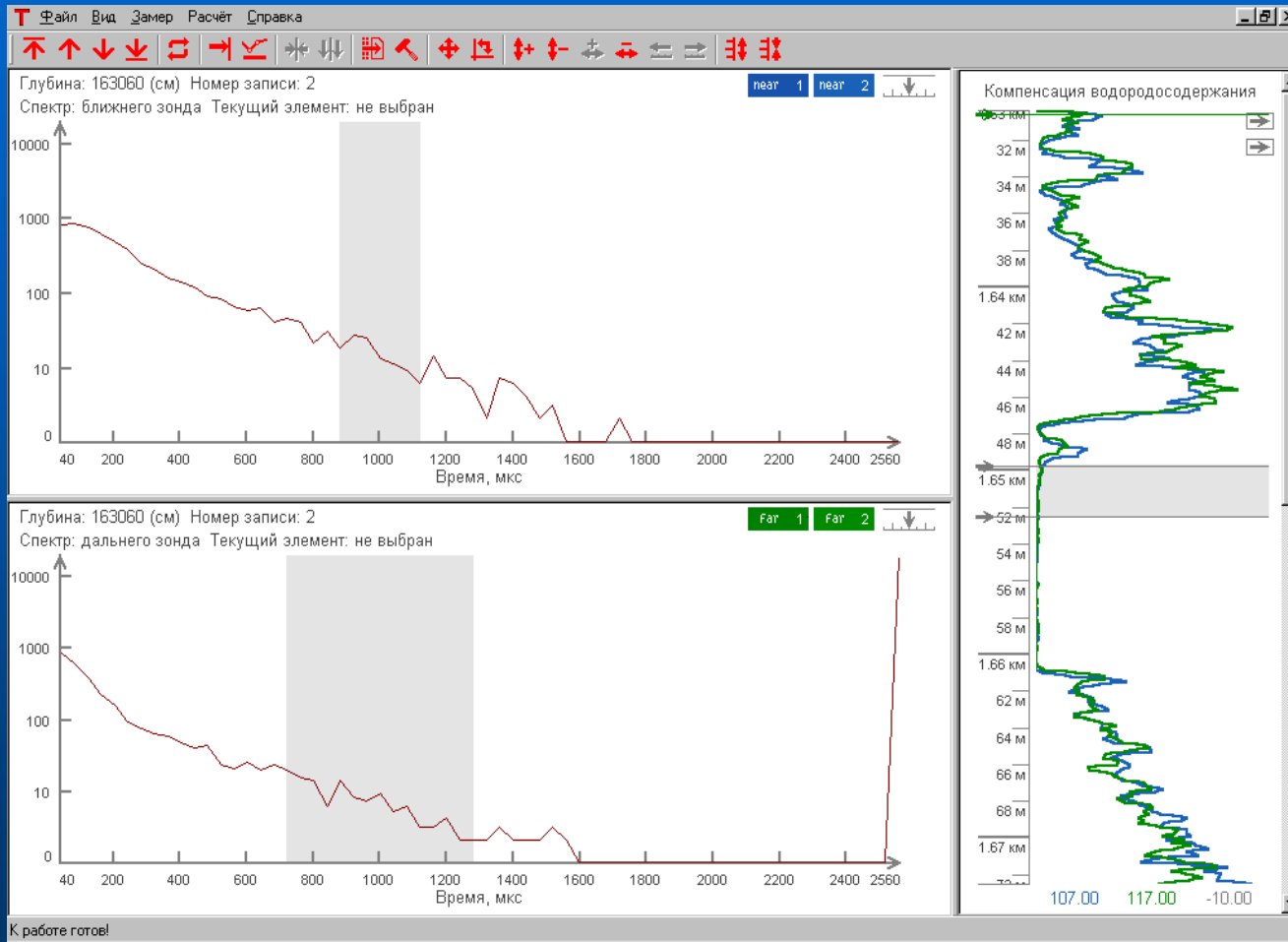
# «Анализатор спектров»



**Установка границ зон отклика**

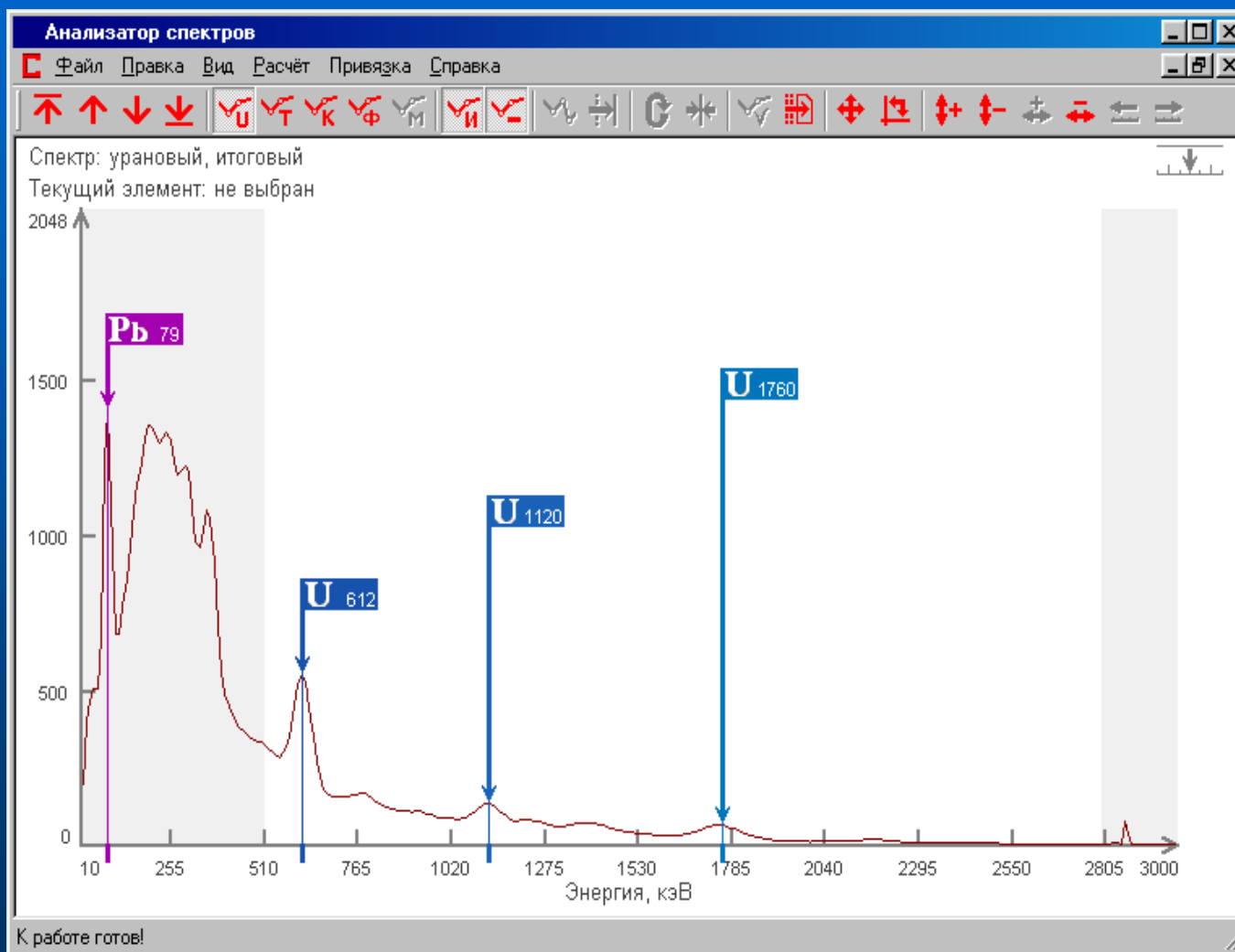


# «Анализатор спектров»



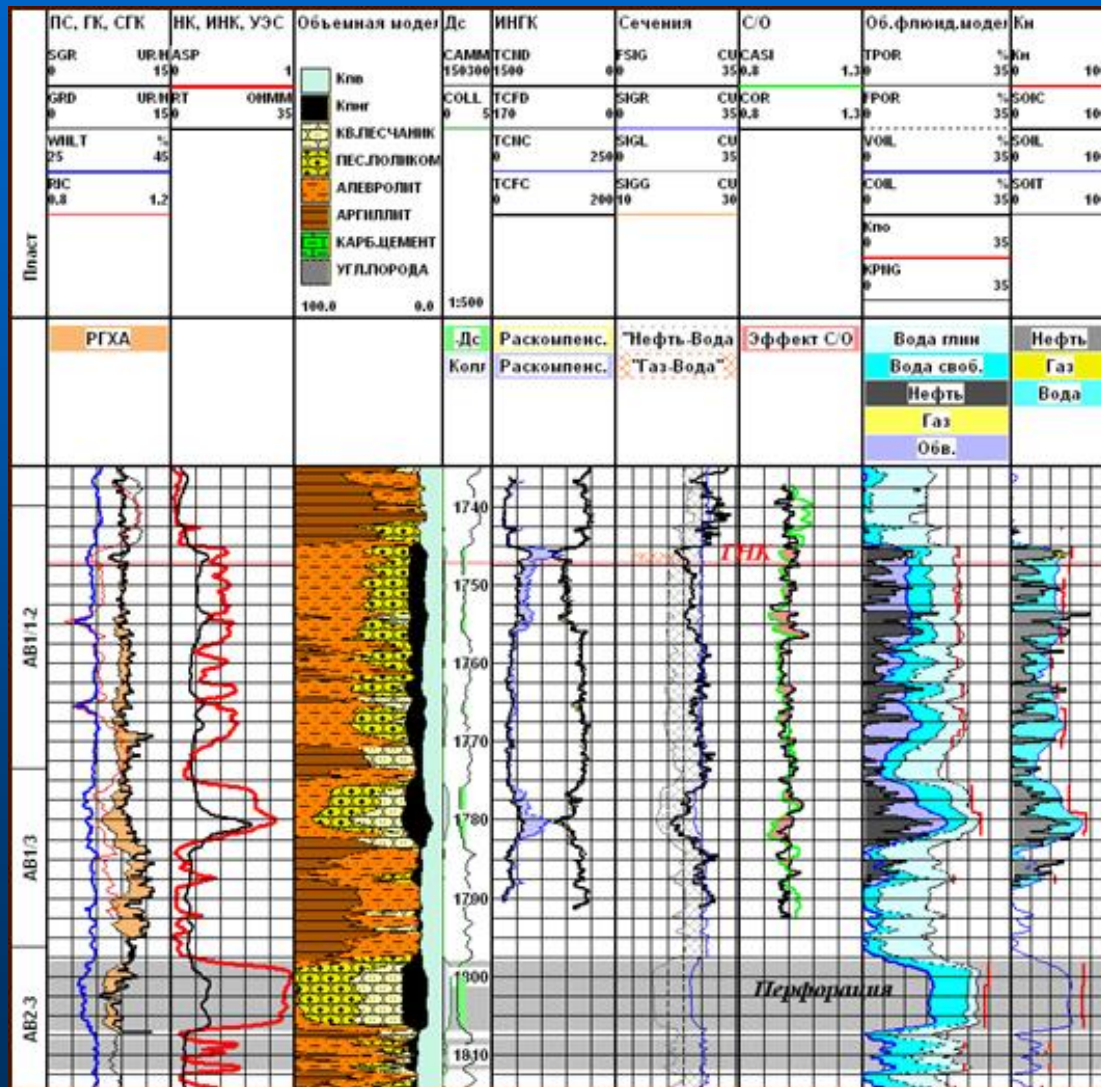
Расчет методом компенсации водородосодержания

# «Анализатор спектров»

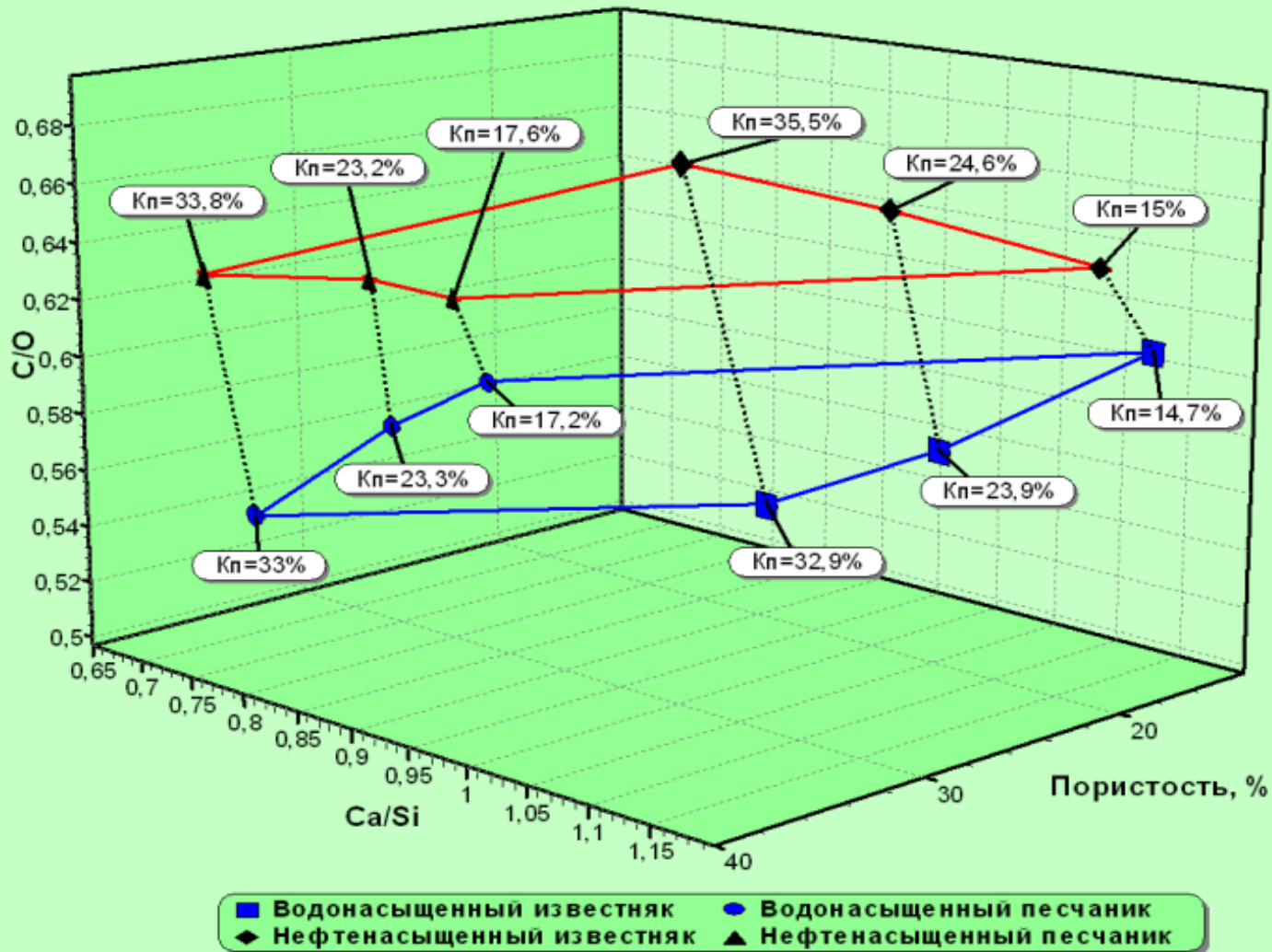


Спектр в урановой модели

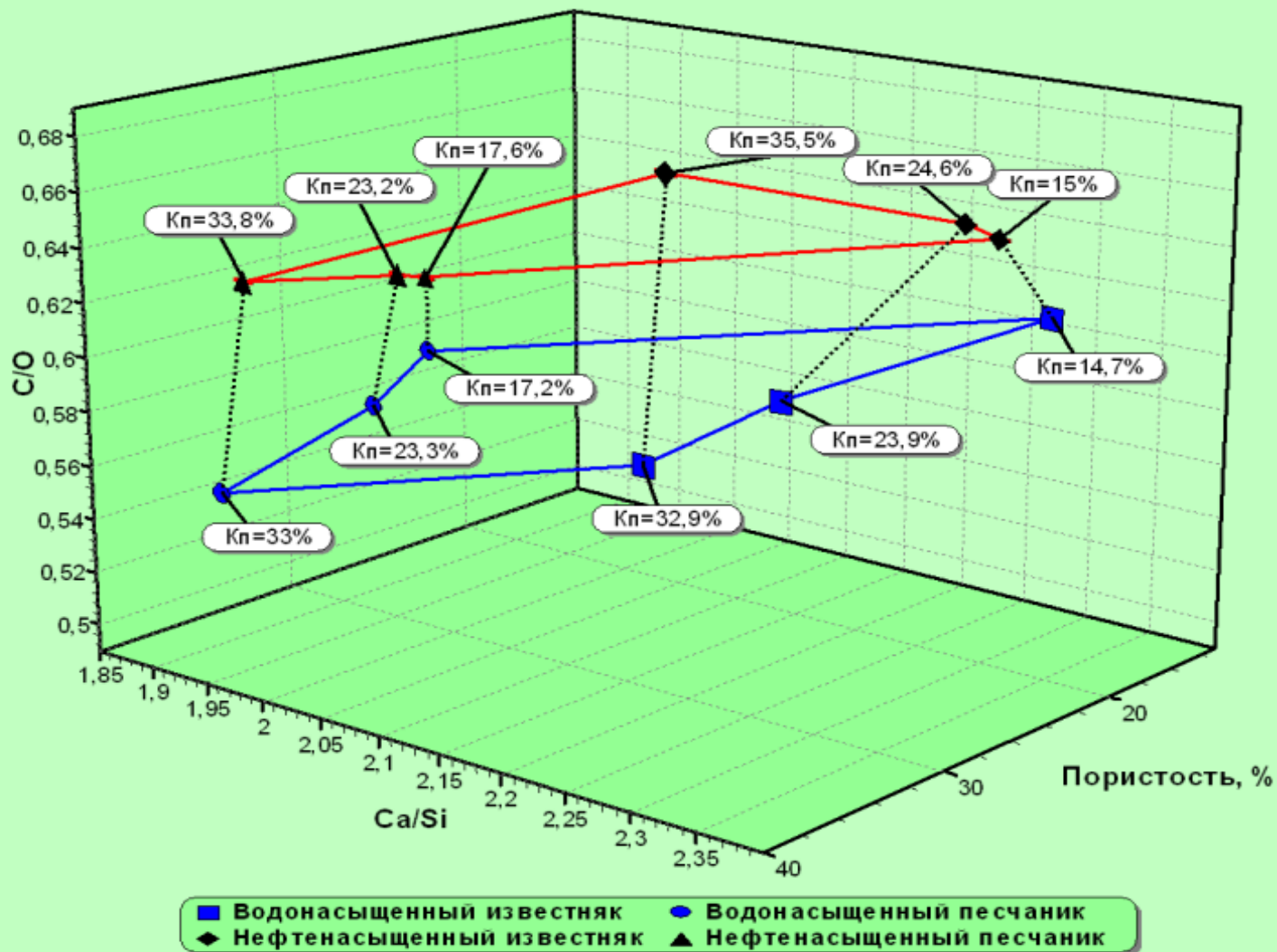
# Планшет каротажных диаграмм



# Номограмма для определения нефтенасыщенности по аналитическим параметрам C/O и Ca/Si-с (ГИРЗ)



# Номограмма для определения нефтенасыщенности по аналитическим параметрам C/O и Ca/Si-in (ГИИР)



# Формулы расчета коэффициента нефтенасыщенности методом $\Delta C/O$ (Halliburton)

Для аппаратуры Halliburton

$$K_n = 1.59 * \frac{\Delta C/O * (1 - 0.37 * K_p)}{K_p * (\Delta C/O + 0.17)}$$

$$\Delta C/O = R_{C/O} - 0.19 * R_{Ca/Si} + 0.13 K_p - 0.178 + k$$

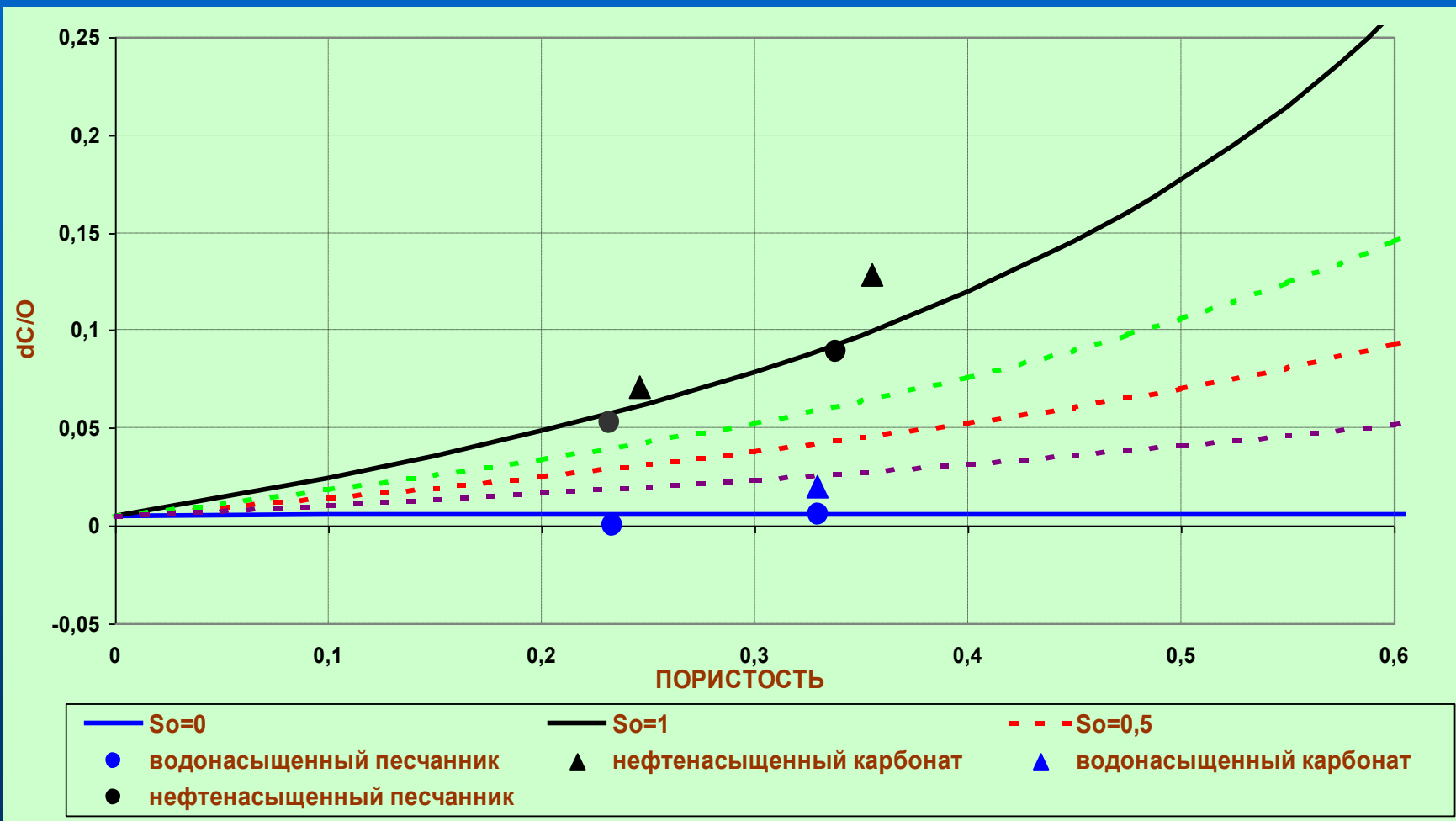
Для аппаратуры ИНГК-С-95 (ЗСК «Тюменьпромгеофизика»)

$$K_n = 1.5886 * \frac{\Delta C/O * (1 - 0.37 * K_p)}{K_p * (\Delta C/O + 0.273)}$$

$$\Delta C/O = R_{C/O} - 0.0969 * R_{Ca/Si} + 0.1933 K_p - 0.4186 + k$$

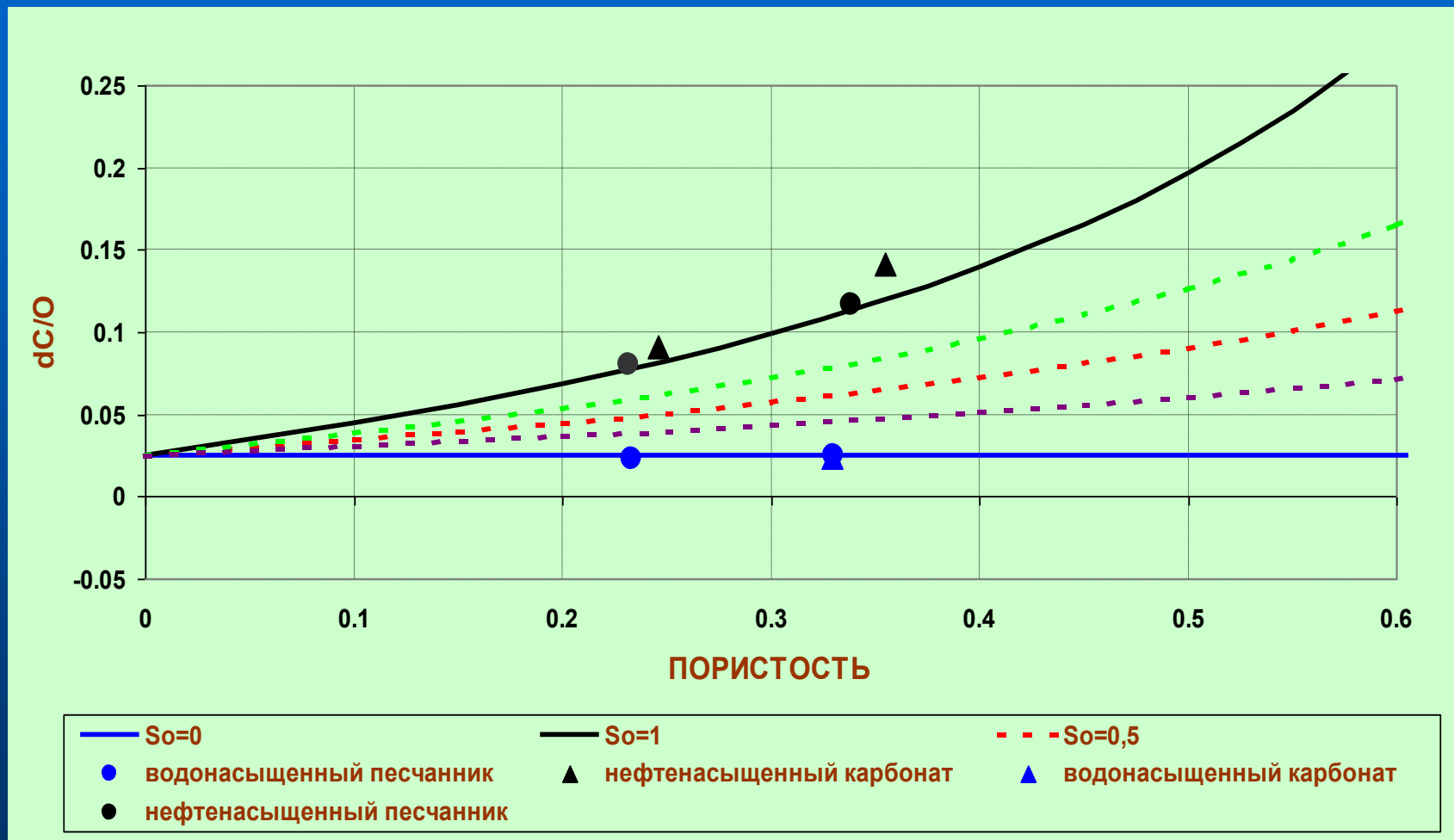
здесь  $K_n$  – коэффициент нефтенасыщенности (0...1);  $K_p$  - коэффициент пористости (0...1);  
 $\Delta C/O$  - параметр “Дельта C/O”,  $R_{C/O}$  - отношение счета в окне углерода к счету в окне кислорода по спектру ГИНР,  $R_{Ca/Si}$  - отношение счета в окне кальция к счету в окне кремния по спектру ГИНР,  $k$  – параметр близкий к нулю

# Номограмма Дельта C/O, полученная с использованием Ca/Si-in



$S_o$  – коэффициент нефтенасыщенности,  $dC/O$  – параметр учитывающий C/O, Ca/Si.

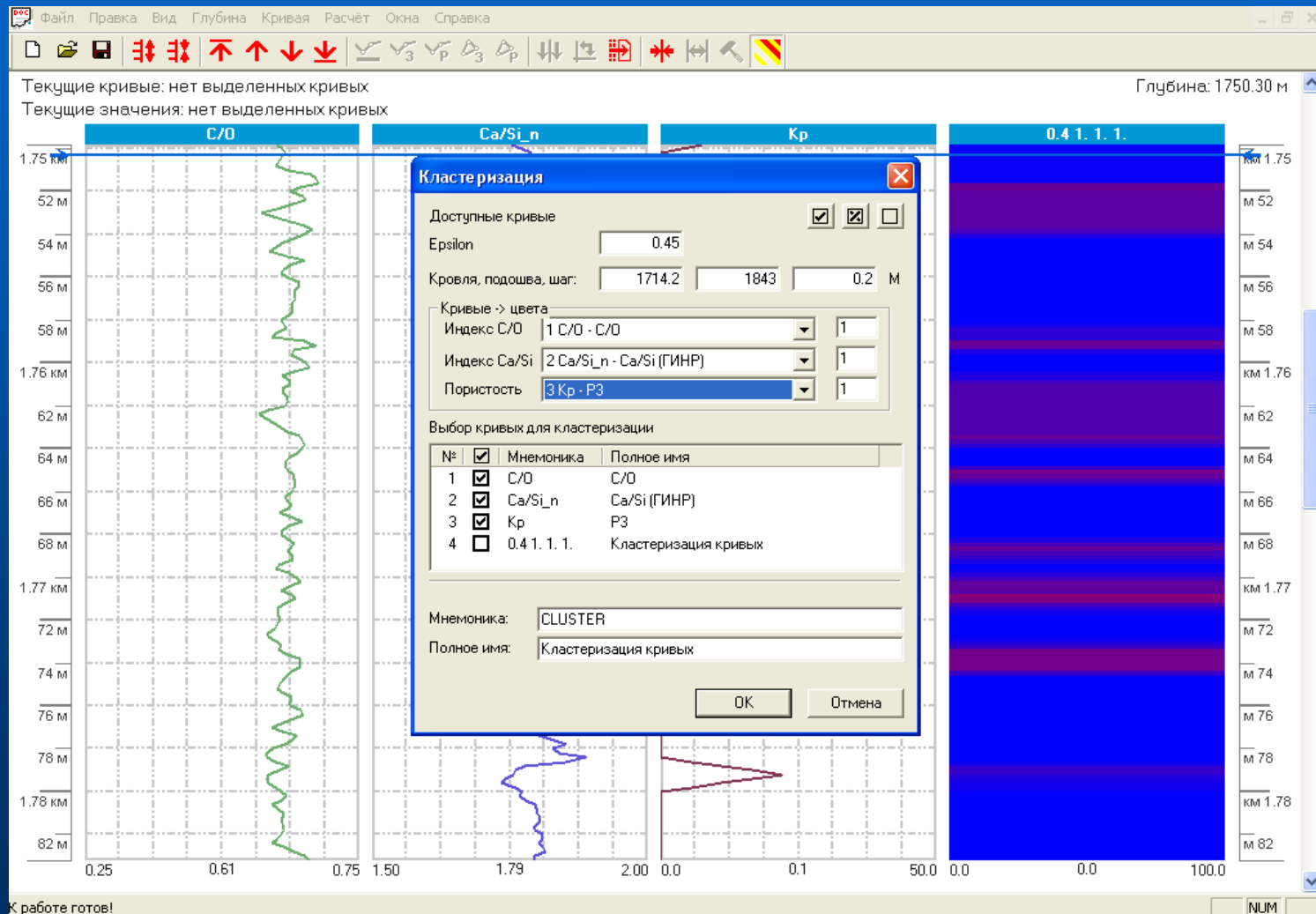
# Номограмма Дельта С/О, полученная с использованием Ca/Si-с



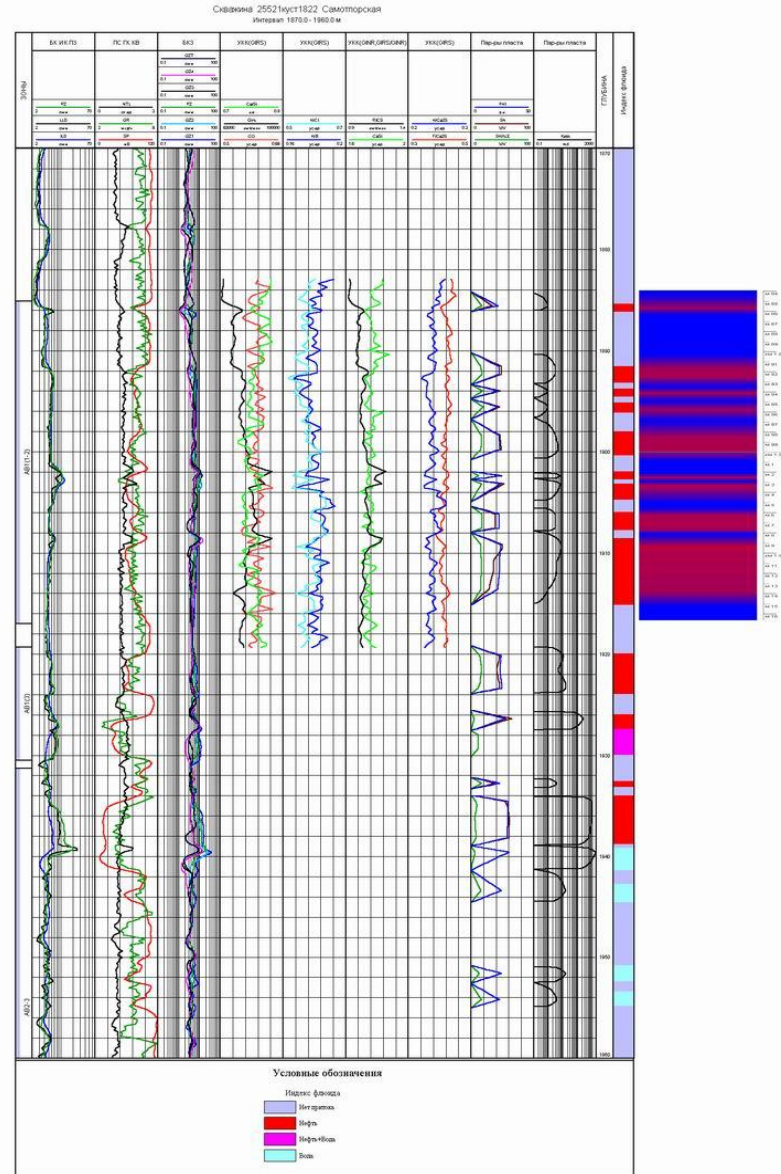
$S_o$  – коэффициент нефтенасыщенности,  $dC/O$  – параметр учитывающий C/O, Ca/Si.



# Программа расчета коэффициента нефтенасыщенности



# Кластеризация данных



# Участники проекта

- **Винокуров Александр Анатольевич**
  - Управление проектом
  - Разработка алгоритмов и программ
- **Мурзин Федор Александрович**
  - Разработка алгоритмов и программ
  - Тестирование
- **Ильин Игорь Владимирович**
  - Разработка алгоритмов и программ
  - Внедрение (работа с потенциальными заказчиками)
- **Семич Дмитрий Федорович**
  - Разработка алгоритмов и программ
  - Внедрение (работа с потенциальными заказчиками)

Спасибо за внимание!