

Formation Evaluation

LITHOLOGY LOGS GAMMA RAY LOG

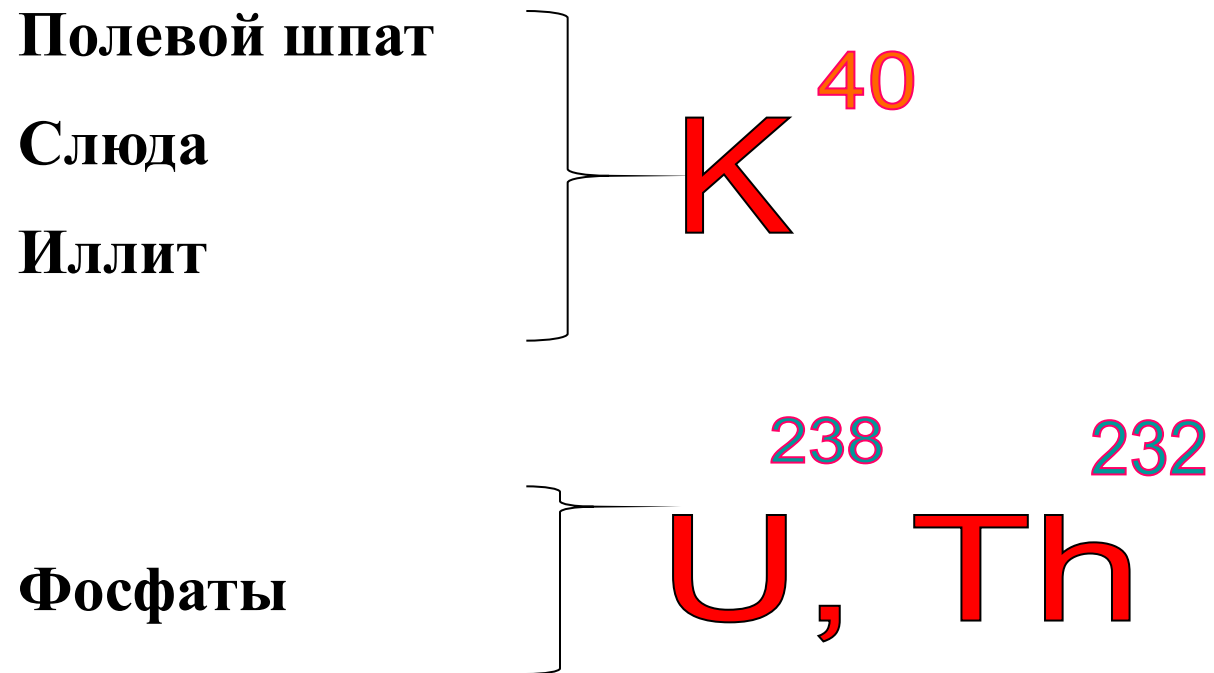
Введение

- Простой индикатор глин
- Обычный инструмент корреляции
- Может выполняться в открытых и обсаженных скважинах
- Обычно выполняется на керне для глубинной привязки к каротажам

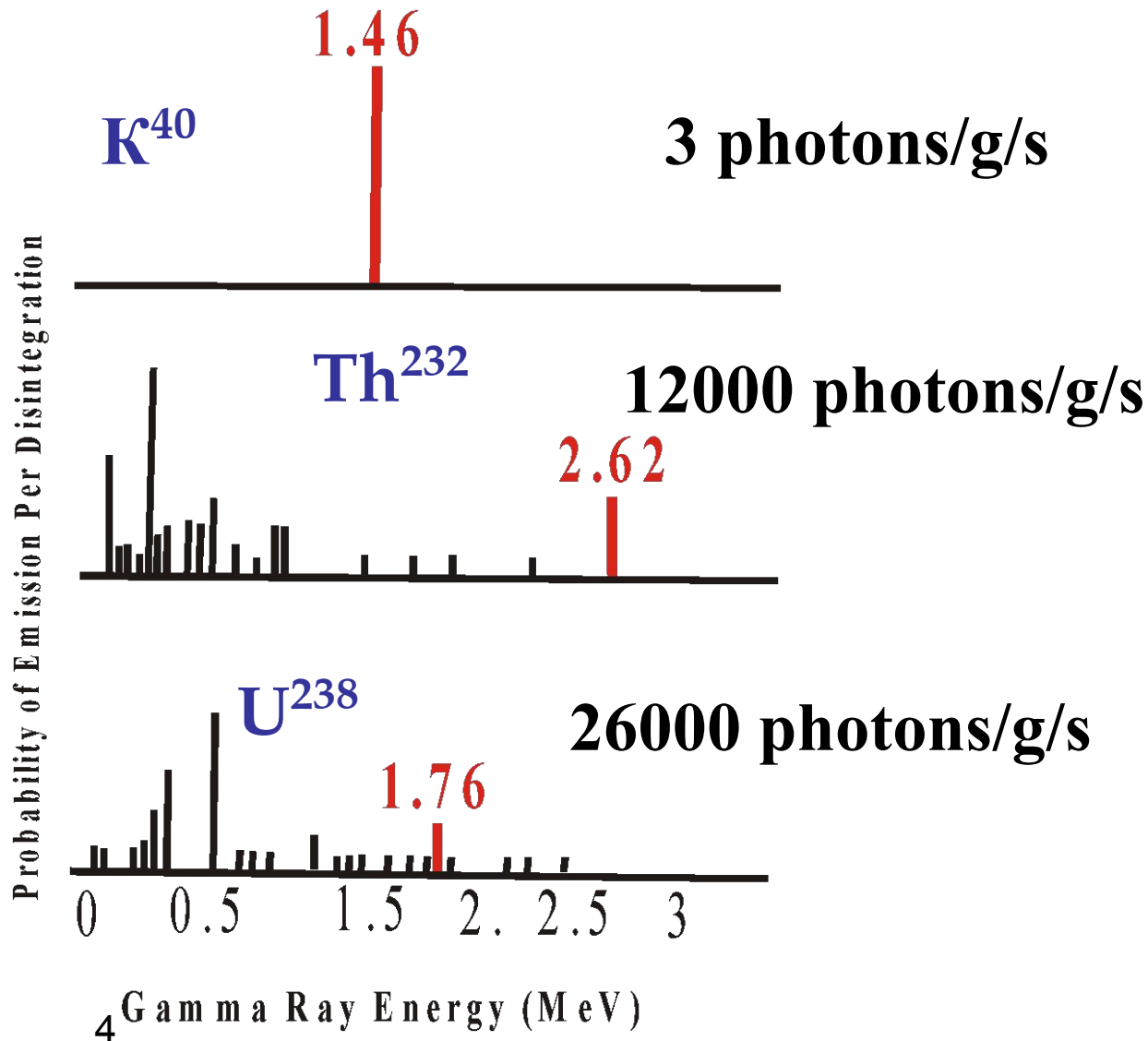
НО

- Регулярно искажает содержание глин (не может отличить глины от РА минералов)

Естественная гамма активность



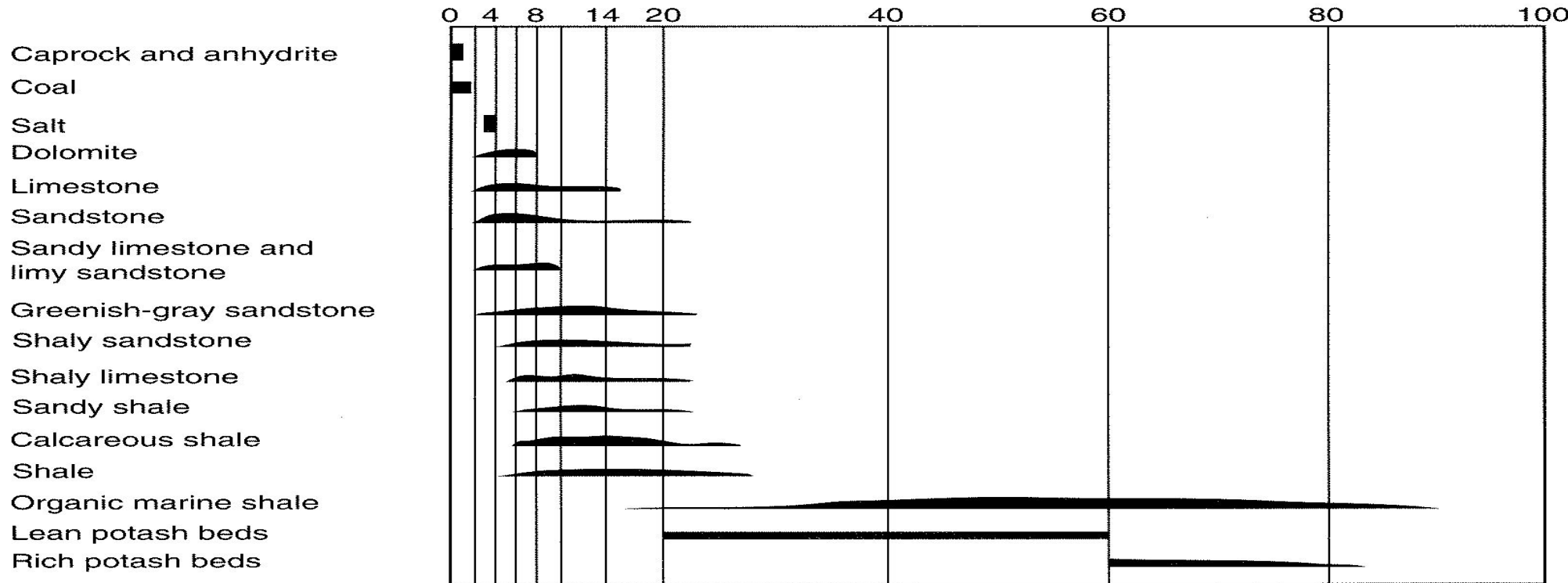
Энергетические спектры



Калий, кроме естественных причин, может быть привнесён буровыми растворами с **KCl**. Коррекция существенна при **10% KCl** и более.

Th и U ряды образуются при распаде элементов. Для **U** особенно важно, что некоторые продукты раннего распада чрезвычайно **хорошо растворимы и подвижны** в системах горных пород.

Группы пород по радиоактивности



(After Russell, 1941)

Самая высокая радиоактивность наблюдается в калиевых пластах и в глинах, которые сформировались в восстановительной обстановке в присутствии органического материала

Группы пород по радиоактивности

Низкая РА

- Галит
- Ангидрит
- Гипс
- Известняк
- Крупнозернистый кварцевый песчаник
- Доломит
- Каменный уголь

Средняя РА

- Низкая РА
+
- Пелитовые частицы
 - Алевритовые частицы
 - Доломитизация
 - Монацитовые пески
 - Карнотитовые пески
 - Урано-ванадиевые минералы

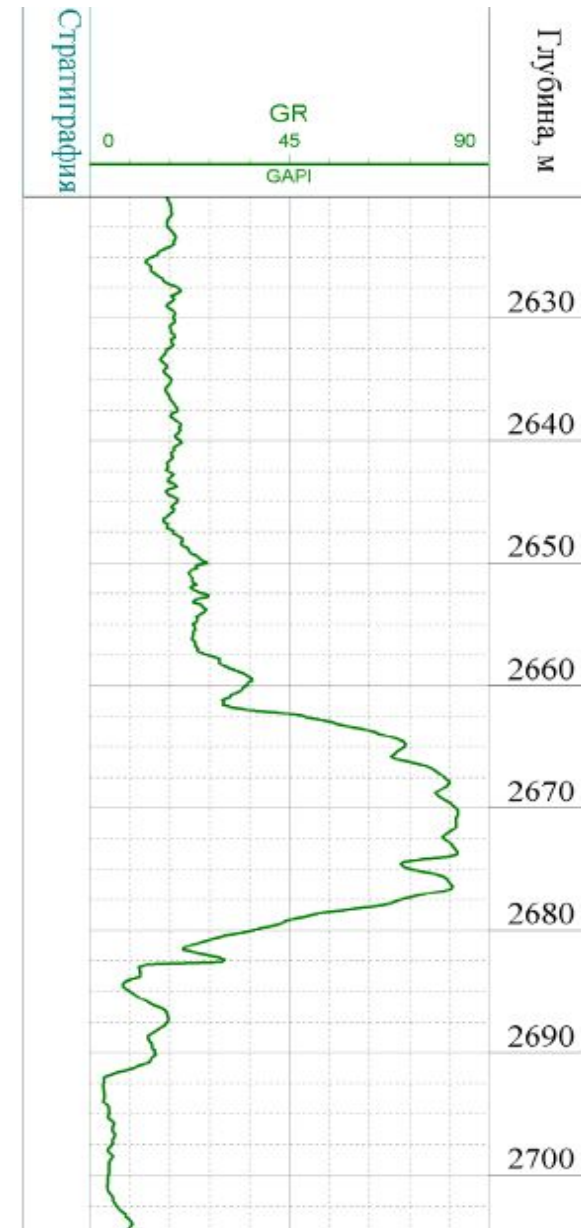
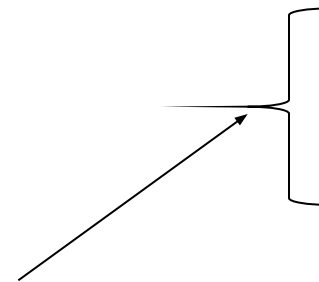
Высокая РА

- Илы
- Черные битуминозные глины
- Аргиллиты
- Глинистые сланцы
- Калийные соли
- Калиевые полевые шпаты

Причины радиоактивности глин

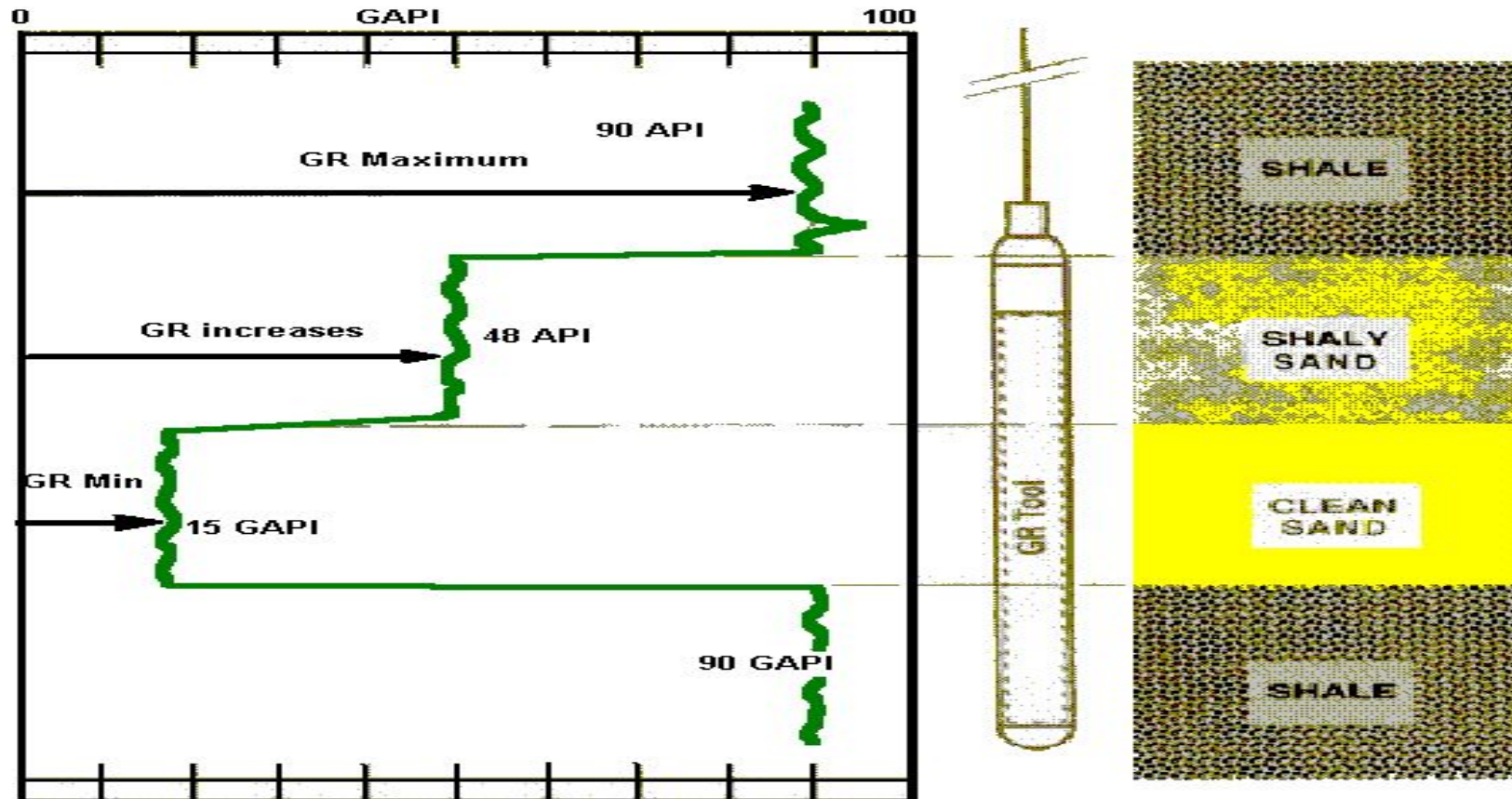
- Адсорбция радиоактивных элементов
- Длительность накопления пелитового материала
- Коллоидные осадки

Черные битуминозные глины Баженовской свиты



Типичная диаграмма ГК

Typical Gamma Ray Responses



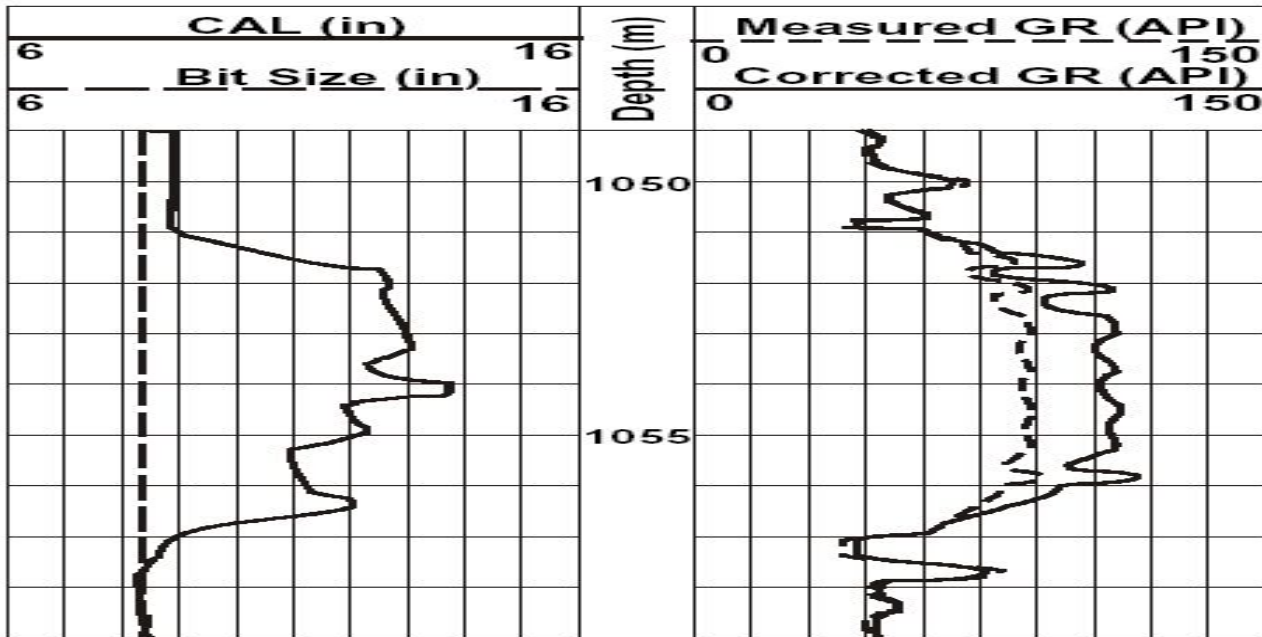
$$V_{shGR} = (GR_{log} - GR_{min}) / (GR_{max} - GR_{min})$$

GRmin: Sand = 15; LS = 12; Dolomite = 10

Коррекция кривой ГК

На показания влияют:

- Мощность пласта
- Диаметр скважины
- Плотность бурового раствора
- Скорость подъема

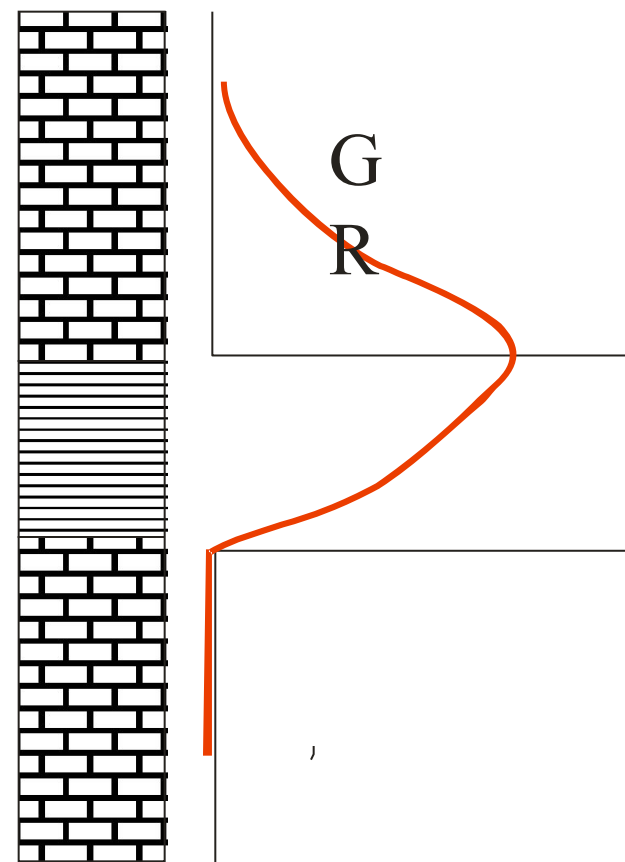


Назначение гамма-каротажа

- **Литологическое расчленение**
- **Оценка глинистости**
- **Выявление урановых и ториевых руд**
- **Увязка других методов ГИС**

Определение границ пласта

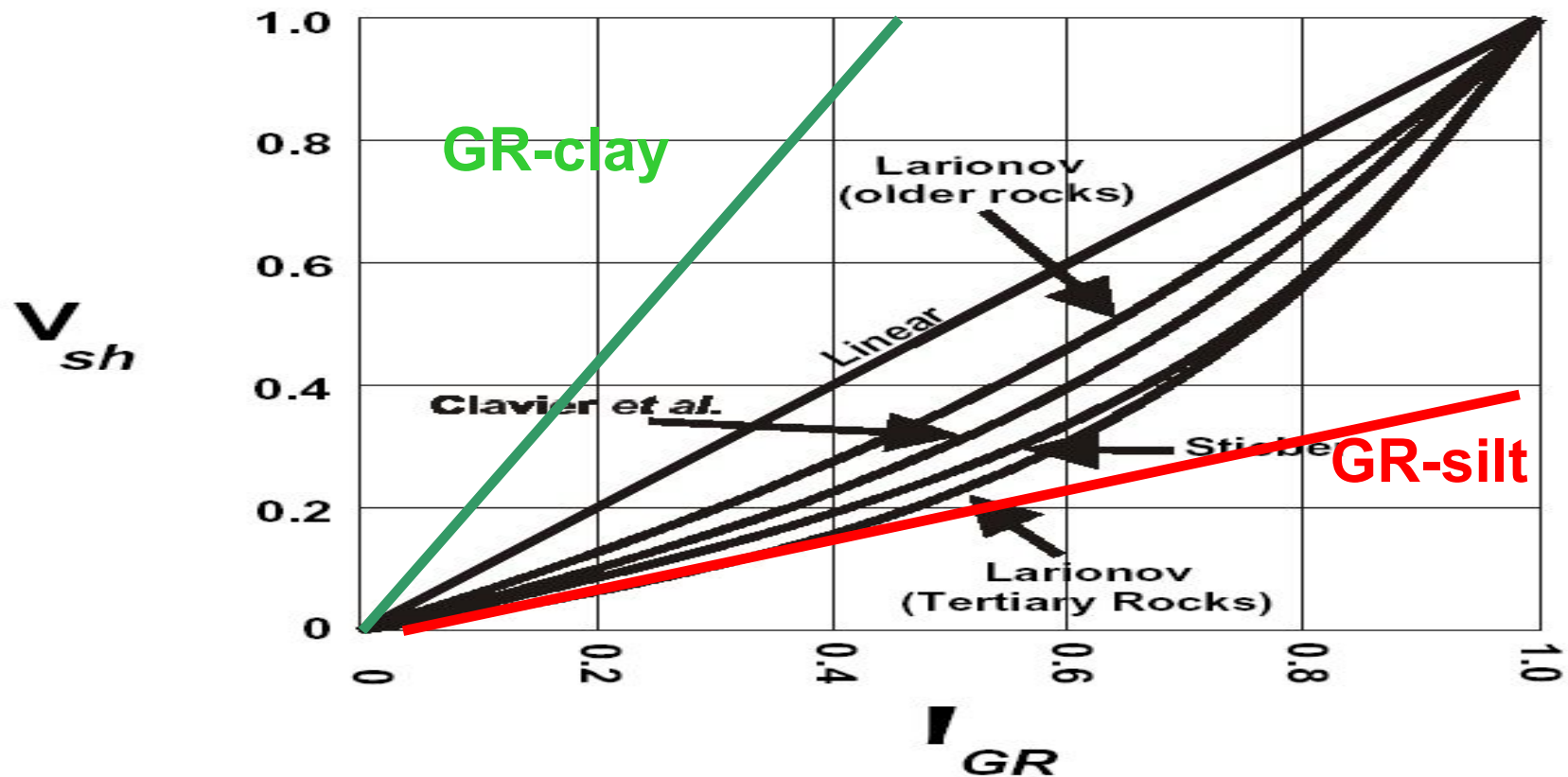
С удовлетворительной для практики точностью определение границ можно делать по точкам, соответствующим середине перегиба.



Разрешающая способность метода - 30 см.

Скорость подъема прибора должна быть порядка 400 - 600 м/ч.

Определение глинистости



$$I_{gr} = (GR - GR_{clean}) / (GR_{sh} - GR_{clean})$$

GR - измеренное гамма-излучение

GR_{cl} - гамма-излучение песчаника

GR_{sh} - гамма-излучение глин

Нелинейные модели глинистости

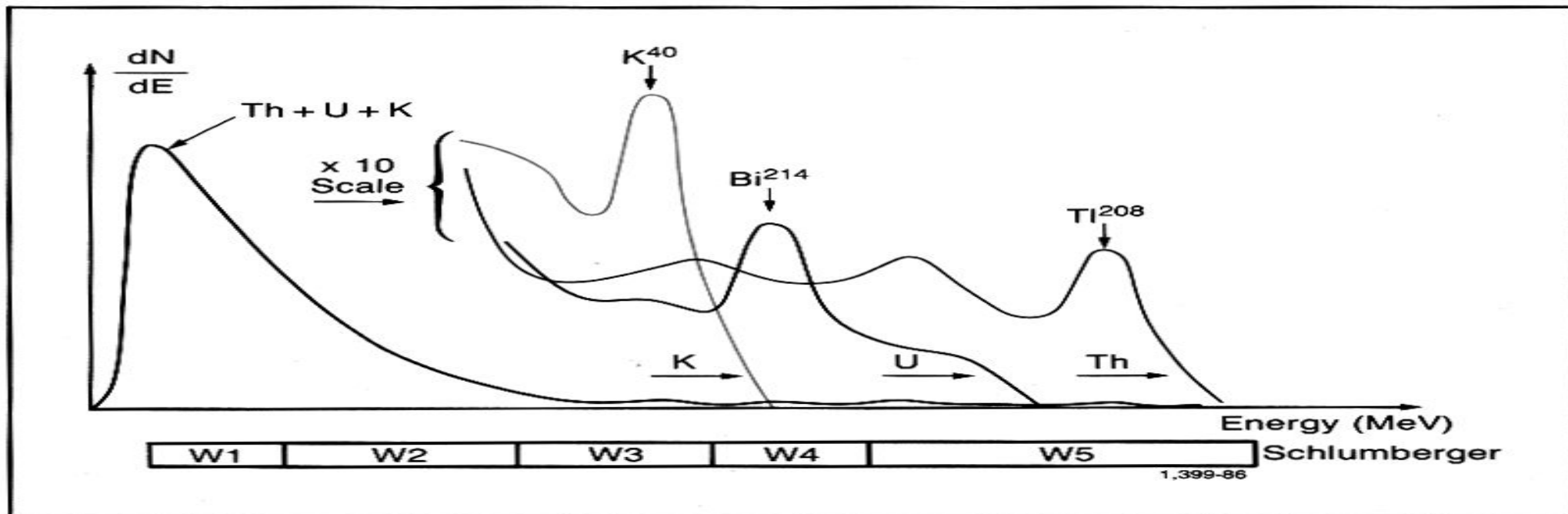
$$V_{sh} = 0.33 \cdot (2^{2 \cdot I_{gr}} - 1) - Larionov$$

$$V_{sh} = 1.7 - \left(3.38 - (I_{gr} + 0.7)^2 \right)^{0.5} - Clavier$$

$$V_{sh} = \frac{0.5 \cdot I_{gr}}{1.5 - I_{gr}} - Steiber$$

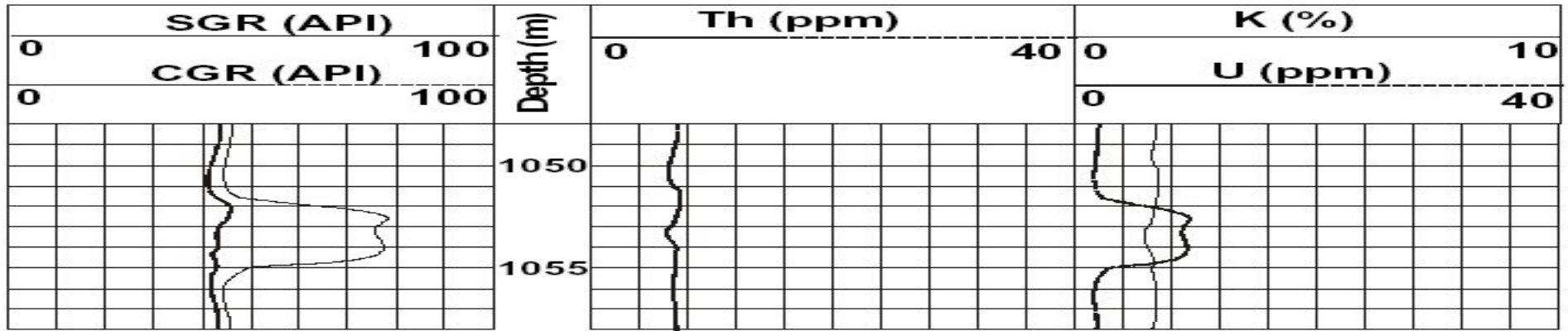
Спектроскопический ГК

Гамма-спектроскопический каротаж - более информативный индикатор содержания глины, чем ГК



Спектрометрический ГК

Пример результатов спектрометрии



SGR - суммарная кривая радиоактивности CGR = SGR-U

Глубина исследования - около 1 фута (как для GR)

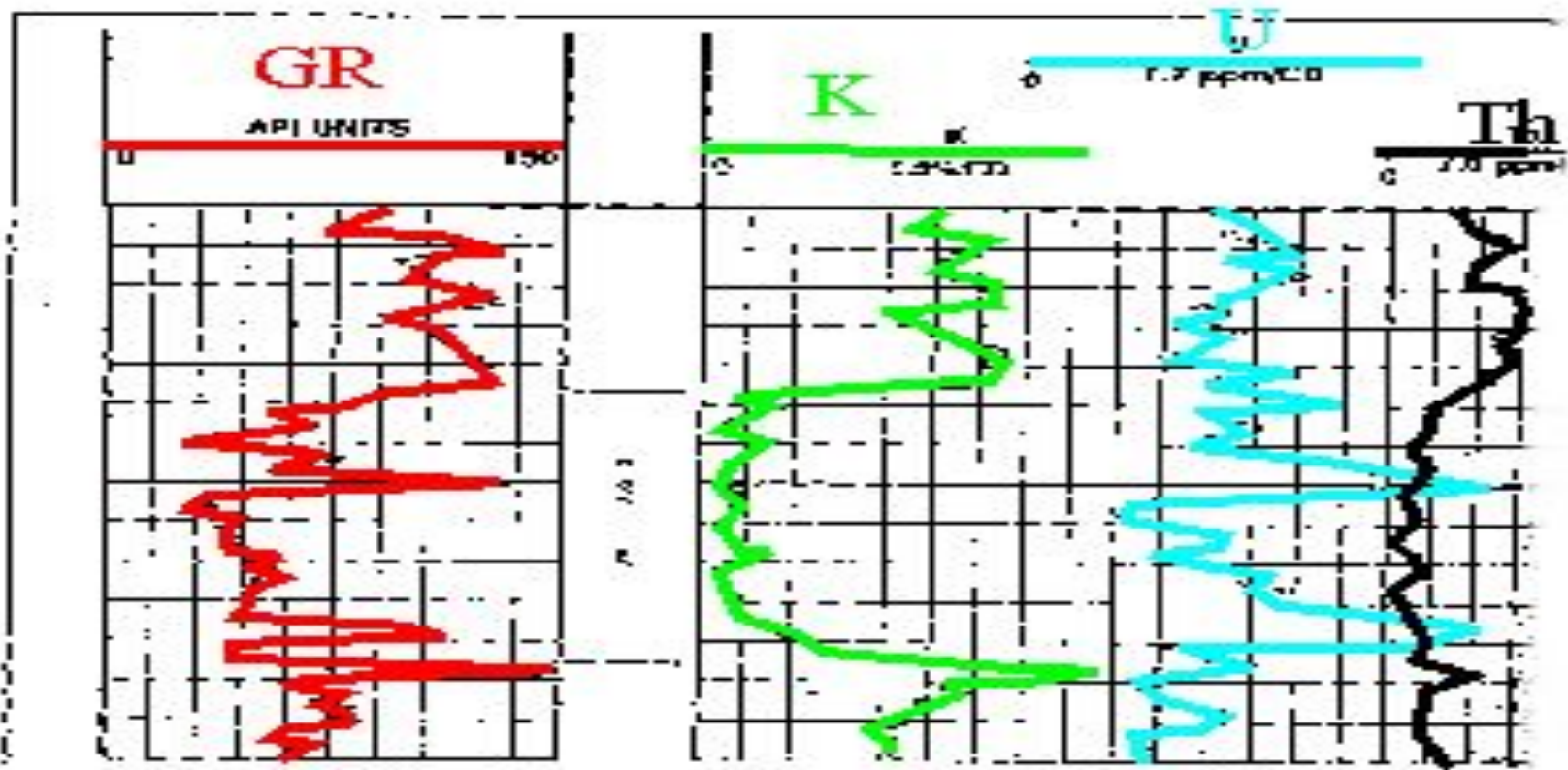
Скорость подъема прибора – 300 м/ч (в 2-3 раза медленнее GR)

Вертикальное разрешение – 1 фут

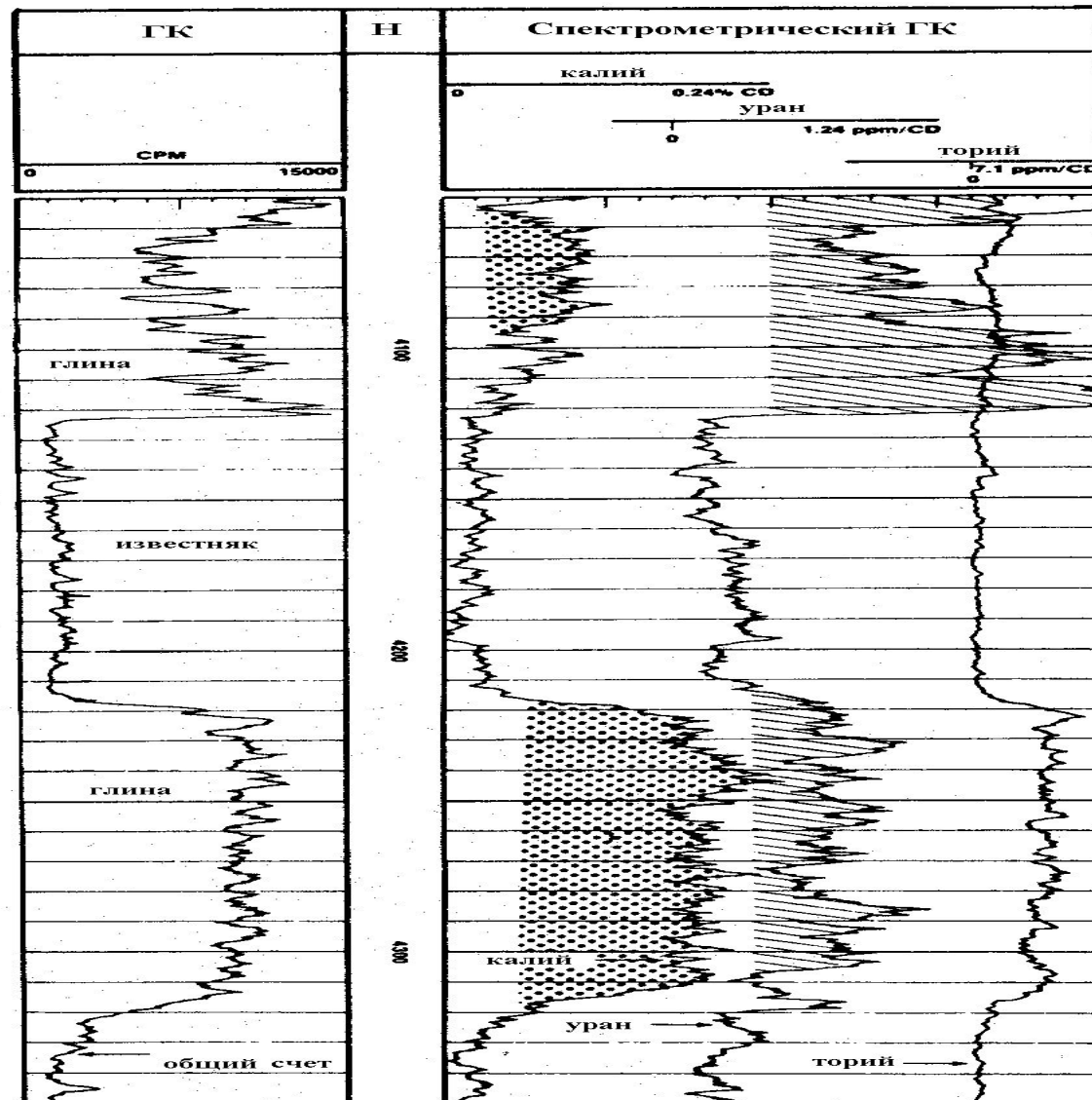
Поправки за скважину – аналогично GR

Спектрометрический ГК

Один проницаемый пласт.
По ГК можно выделить 3.



Определение типов глин по гамма-спектрометрическим показаниям



Спектрометрический ГК

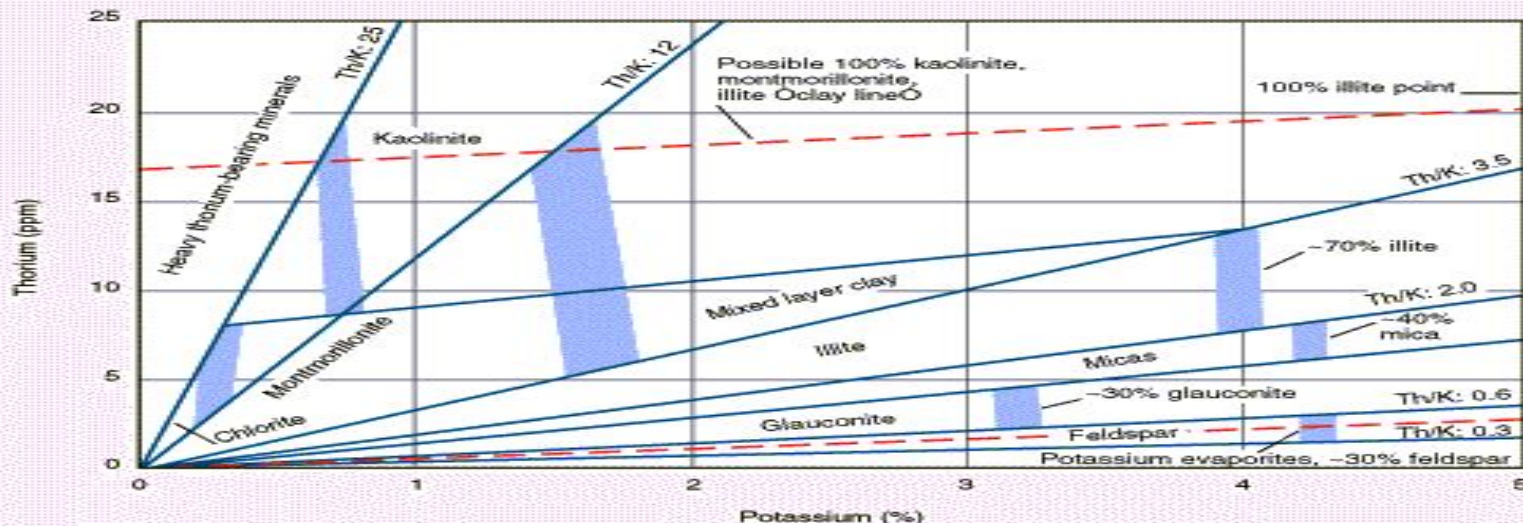
Определение типа и природы глин

Crossplots for Porosity, Lithology and Saturation

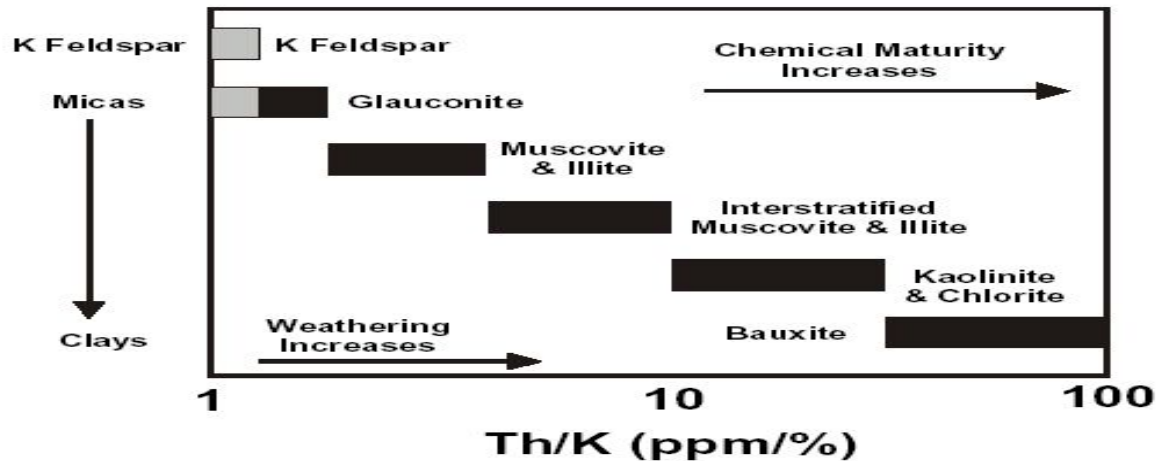
Schlumberger

Mineral Identification from
NGS* Natural Gamma Ray Spectrometry Log

CP-19



*Mark of Schlumberger
© Schlumberger



Резюме

- **Естественная гамма-активность связана с содержанием U, Th, K.**
- **U, Th, K сконцентрированы в глинах**
- **Показания в глинах отклоняются вправо, в песчаниках – влево**
- **GR применяется для определения глинистости и корреляции, для увязки каротажных кривых**
- **Гамма-спектрометрия применяется для определения типа глин и их природы, определения условий осадконакопления и выделения несогласий. (Th/K отношение стабильно в последовательном накоплении осадков)**
- **Измерения проводятся в единицах API, приборы эталонируются**
- **Глубинность – 15-30 см, разрешающая способность – 30 см.**