

**Институт геологии и нефтегазового дела им. К.
Турысова**

**GEO214 ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН
(ПРОДВИНУТЫЙ)**

8– лекция

**Интерпретация диаграмм гамма-гамма каротажа плотностного.
Изучение разрезов скважин в комплексе с другими
геофизическими методами, определение объемной плотности
по диаграммам ГГМ**

**Д.т.н., профессор
Ратов Боранбай Товбасарович**

Методы вторичного гамма-излучения

ГАММА-ГАММА МЕТОД

Гамма-гамма-каротаж

- **Гамма-гамма-каротаж (ГГК)** заключается в облучении горных пород γ -квантами искусственного источника и измерении рассеянного **γ -излучения**.
- Различают две основные модификации **ГГК**:
- **плотностной ГГК (ГГКП)** - породы облучают источником жестких гамма-квантов.
- **селективный ГГК (ГГКС)** - породы облучают источником мягких гамма-квантов с энергией менее 0,3—0,4 МэВ.

Скважинный прибор ГГ метода

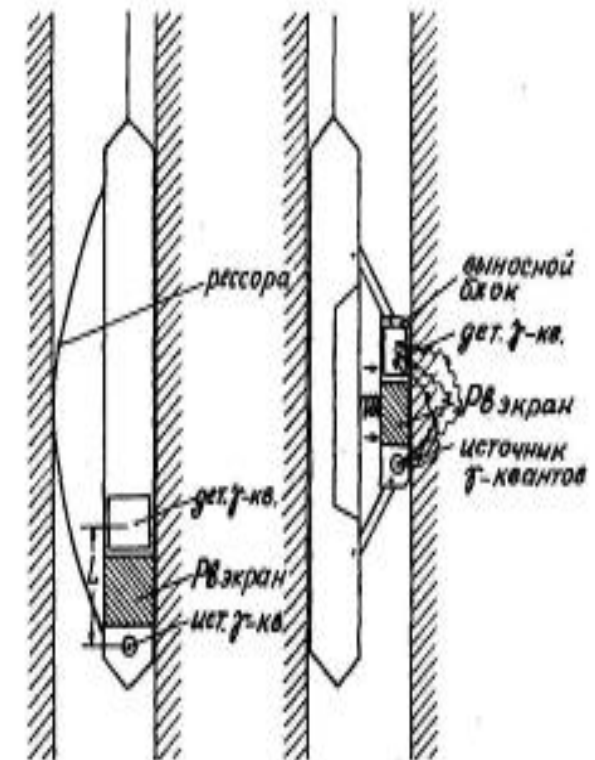
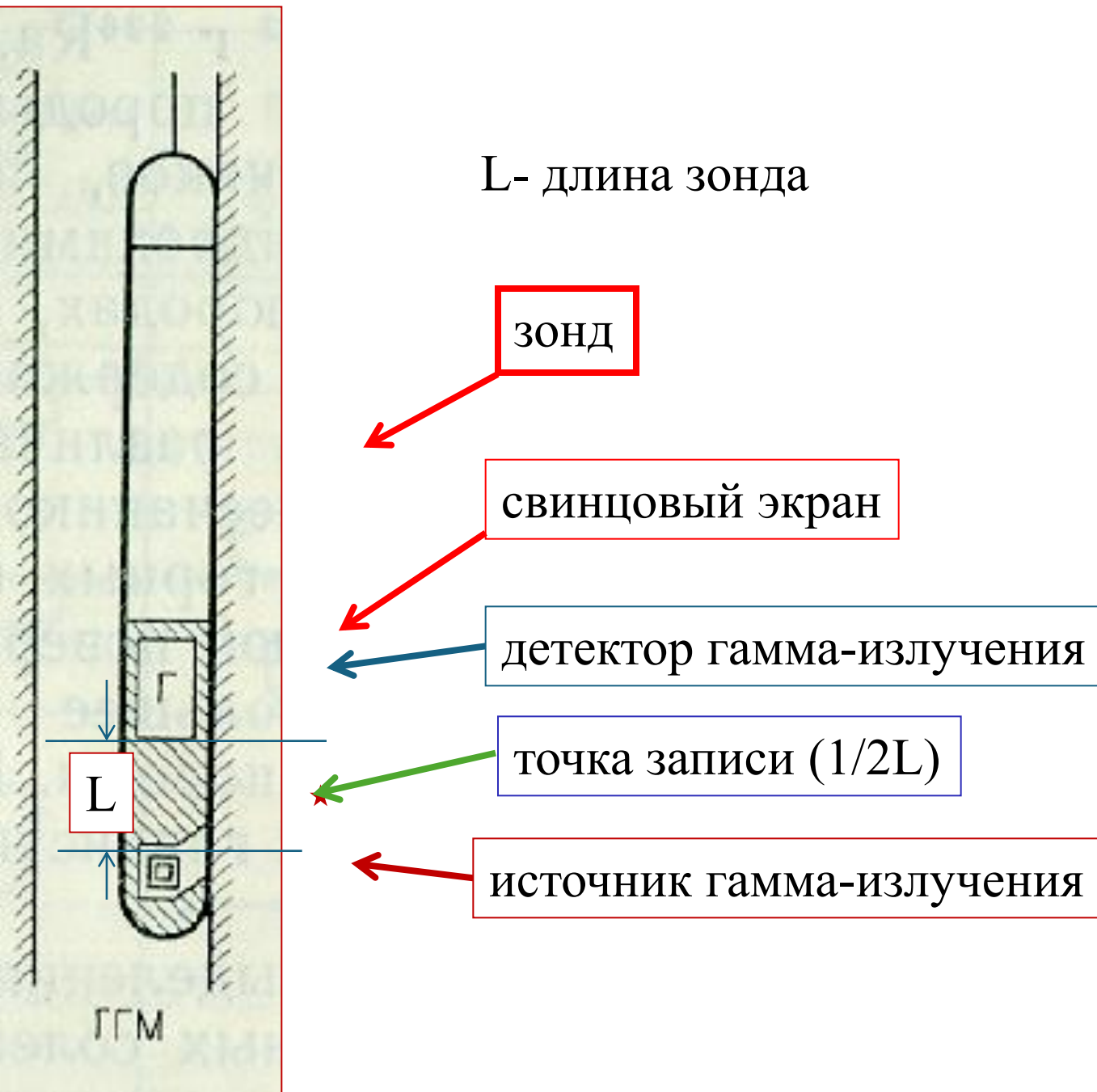


Рис. 12.4. Устройство скважинных приборов для гамма-гамма-каротаж

Аппаратура ГГК

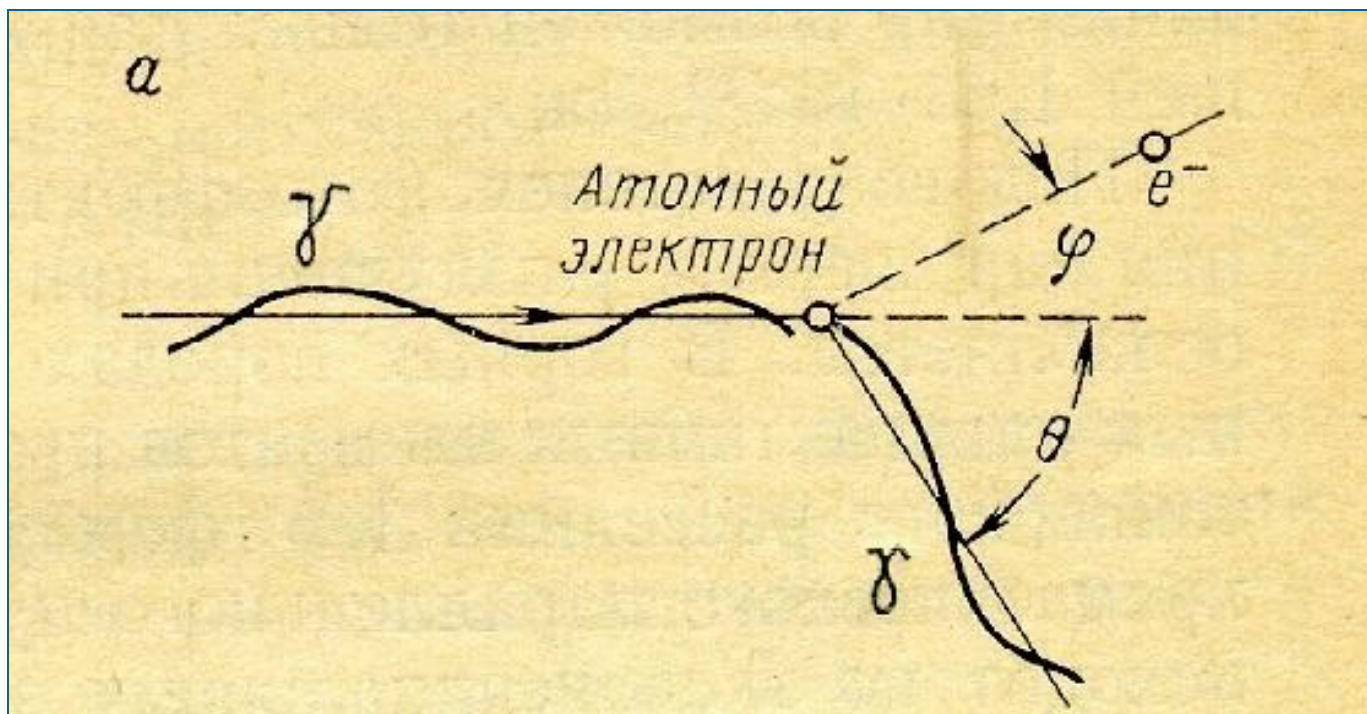
- Аппаратура ГГК устроена так же, как и аппаратура ГК, но скважинный снаряд дополняется источником **γ -квантов**. Расстояние между центрами детектора и источника называется **длиной зонда**. Чтобы прямое **γ -излучение** источника не попадало на детектор, между ними помещают свинцовый экран.
- Рассеянное излучение имеет более низкую энергию, чем прямое, поэтому для уменьшения его поглощения в буровом растворе детектор **γ -квантов** так же, как и источник, прижимают к стенке скважины.
- Для уменьшения влияния **кавернозности** скважин и детектор, и источник могут быть размещены в небольшом выносном блоке, прижимаемом к стенке скважины и способном заходить в каверны

Плотностной гамма-гамма-каротаж (ГГК-П)

- Плотностной гамма-гамма-каротаж (ГГК-П) основан на изучении комптоновского рассеяния γ -квантов в горных породах.
- Этот эффект наблюдается при достаточно высокой энергии γ -квантов, то в ГГК-П используют источники с энергией $E_\gamma > 0,5$ МэВ.
- Такими источниками являются искусственные изотопы Co^{60} ($E_\gamma = 1,17$ МэВ и $1,33$ МэВ), Cs^{137} ($E_\gamma = 0,66$ МэВ) и естественный ЕРЭ - Ra^{226} , который дает целый спектр γ -квантов с энергиями от $0,35$ до $1,76$ МэВ.
- Длина зондов от 20 до 50 см.

ГГМ. Плотностная модификация. ГГМ-П.

Источник $E > 0,5$ МэВ
(комптоновское рассеивание).
Регистрация с $E > 0,2$ МэВ



Область применения

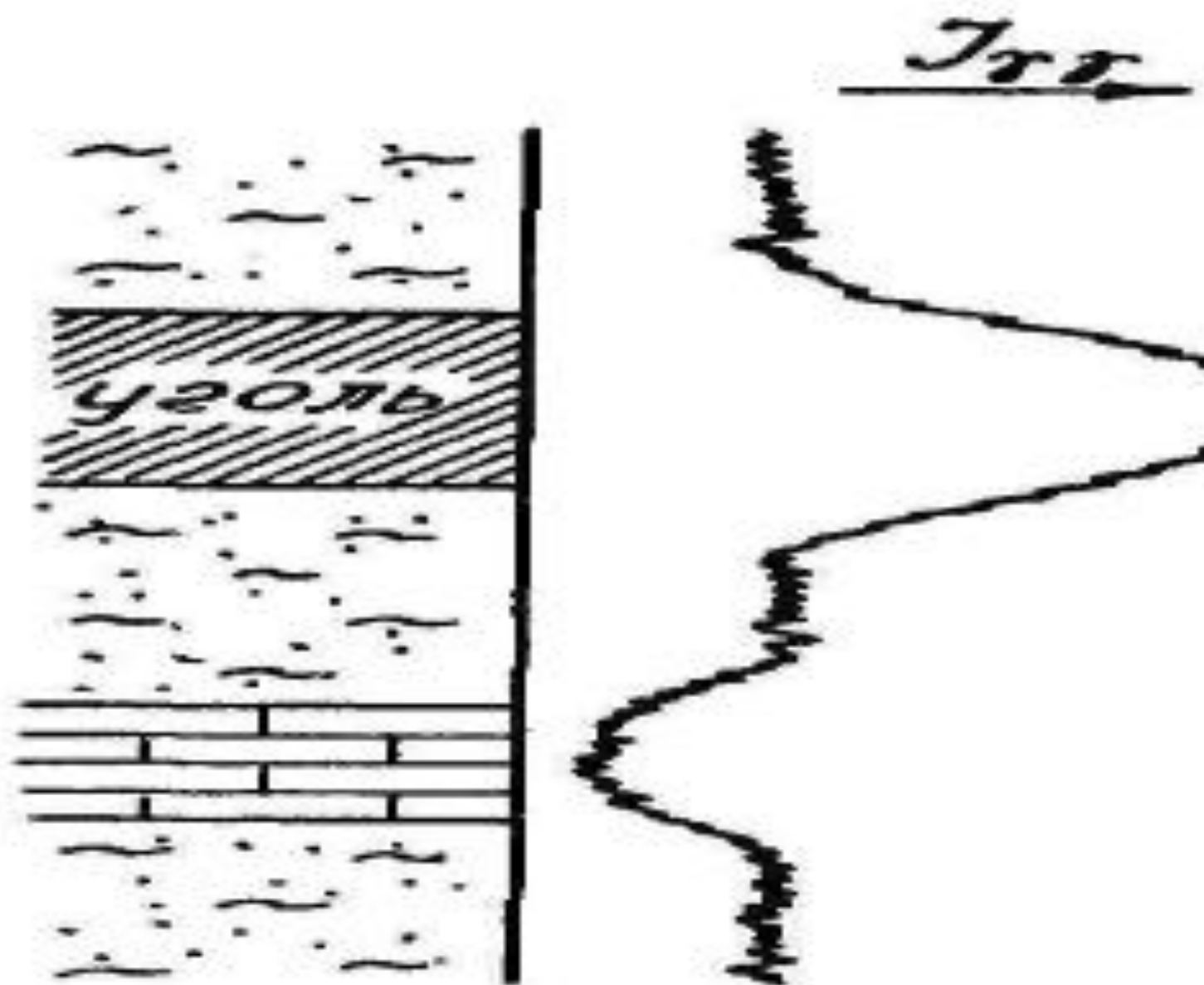
- ГГК-П находит применение при исследовании нефтяных и газовых, углеразведочных и рудных скважин.
- На нефтяных и газовых месторождениях ГГК-П применяют для дифференциации разрезов скважин по плотности и для определения пористости пород-коллекторов. Как известно, плотность породы σ_n , и коэффициент пористости K_n связаны функциональной зависимостью

$$\sigma_n = (1 - K_n) \cdot \sigma_{ск} + K_n \cdot \sigma_{жс}$$

- где $\sigma_{ск}$ и $\sigma_{жс}$ - соответственно, плотности минерального скелета и жидкости, насыщающей поры породы. Эти параметры определяют при лабораторных исследованиях керна.

Область применения

- На месторождениях ископаемых углей **ГГК-П** применяют для выделения угольных интервалов.
- Поскольку плотность углей ($\sigma_y = 1,15-1,75$) г/см³ намного меньше, чем плотность песчано-глинистых вмещающих пород ($\sigma_{вм} = 2,5 - 2,7$) г/см, то над угольными интервалами интенсивность рассеянного **γ -излучения** значительно повышается
- Границы угольных пластов определяют по правилу полумаксимума аномалии.
- На рудных месторождениях **ГГК-П** применяют для выделения рудных интервалов в тех случаях, когда их выделение затруднено по данным других методов.



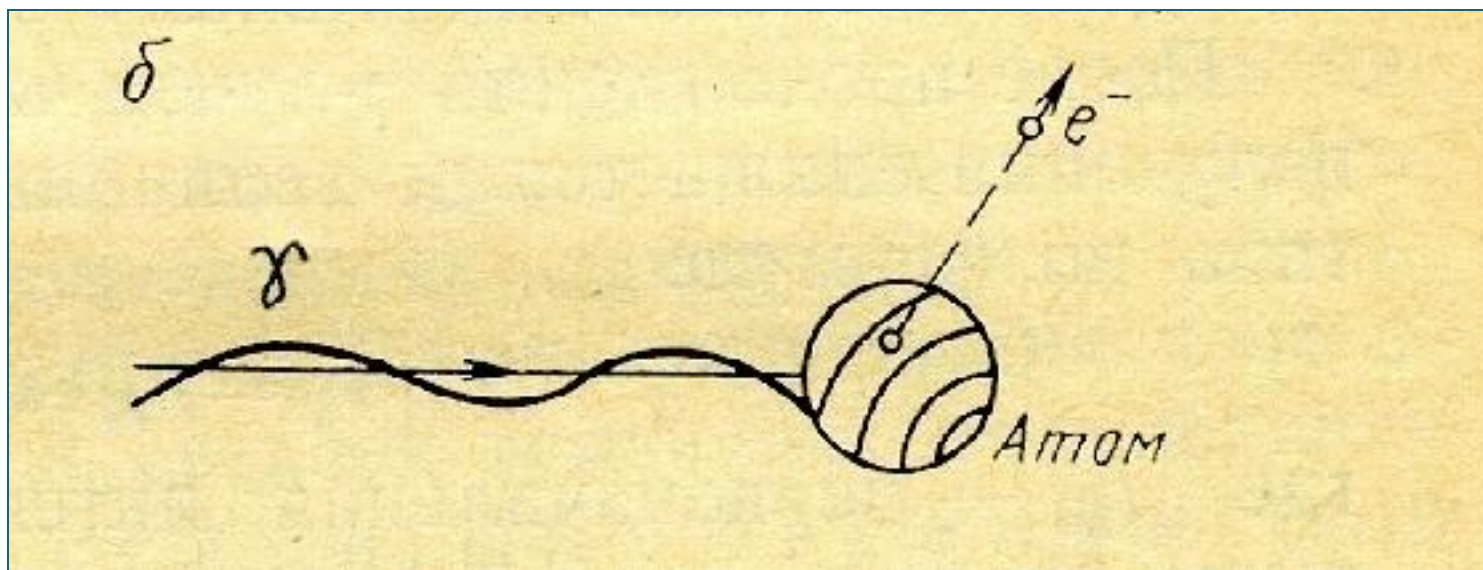
Аномалии на диаграмме плотностного гамма-гамма-каротажа над пластами пониженной (ископаемый уголь) и повышенной (известняк) плотности

Селективный гамма-гамма-каротаж

- Селективный гамма-гамма-каротаж (**ГГК-С**, он же **Z-ГГК**) основан на изучении фотопоглощения γ -квантов в горных породах.
- Этот эффект превалирует при низкой энергии γ -квантов, в **ГГК-С** используют источники с энергией $E_\gamma < 0,5$ МэВ.
- Такими источниками являются искусственные радионуклиды: Sn^{119} ($E_\gamma = 0,39$ МэВ), Se^{75} ($E_\gamma = 0,27$ МэВ), Hg^{203} ($E_\gamma = 0,28$ МэВ). Длина зонда 10-20 см.

ГГМ. Селективная модификация. ГГМ-С.

Источник $E < 0,3 \text{ МэВ}$
(энергия фотоэффекта).
Регистрация с $E < 0,2 \text{ МэВ}$



Область применения

- ГГК-С применяется, главным образом, на угольных и рудных месторождениях.
- На угольных месторождениях ГГК-С используют для определения зольности углей. Чистый уголь имеет $z_{эф} \approx 6$, поскольку состоит из углерода. Негорючий остаток углей (зола) состоит, в основном, из кремнезема и глинозема с примесью окислов железа, $z_{эф}$ золы составляет 12-13 единиц.
- Между зольностью углей A^c и их $z_{эф}$ существует функциональная зависимость.
- Поскольку метод ГГК-С чувствителен к малейшим изменениям $z_{эф}$ среды, то по его результатам легко оценить зольность ископаемых углей. Этот метод был разработан проф. Уткиным В.И. Им же предложена удобная палетка для оценки A^c непосредственно по диаграмме ГГК.

Область применения

- На рудных месторождениях метод **ГГК-С** применяют для выделения рудных интервалов в разрезах скважин. При измерении спектра рассеянного **у-излучения** можно определить, каким элементом вызвано поглощение, т.е. возможно изучение вещественного состава руд.

Область применения

- Жидкость с высоким атомным номером, проникая в поры пласта, повышает $Z_{эф}$ коллектора в целом, причем тем сильнее, чем выше пористость.
- Этот эффект отчетливо фиксируется по разности показаний каротажа ГГК-С, проведенного до и после заполнения скважины раствором с аномально высоким $Z_{эф}$.
- Расчеты показывают, что этот метод обладает очень высокой чувствительностью и позволяет определять пористость пород, начиная с $K_p=2\%$. Способ признан изобретением и защищен патентом Российской Федерации.

Влияние скважинных условий

- ГГК в обеих модификациях имеет малый радиус исследования (10 — 15 см), поэтому на его показания большое искажающее влияние оказывают скважинные условия: изменение диаметра скважины, толщина глинистой корки, плотность промывочной жидкости и т. д. Для уменьшения этого влияния применяют специальные двухзондовые приборы.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность гамма-каротажа?
2. Назовите основные естественные радиоактивные элементы.
3. Какие магматические породы и почему обладают повышенной радиоактивностью? Какие осадочные?
4. Какие Вам известны детекторы гамма-квантов?
5. Какие основные узлы входят в состав каротажных радиометров?
6. Почему ограничена скорость ГК?
7. Какой способ используют для определения границ пластов большой мощности по диаграммам ГК?
8. Как определяют по ГК содержание радиоактивных элементов?
9. Какие мешающие факторы учитывают при количественной интерпретации диаграмм ГК?
10. Назовите 3 основные вида взаимодействия гамма-излучения с веществом.
11. Как устроен скважинный прибор ГГК?
12. Чем отличается плотностной ГГК от селективного?
13. Какие задачи решаются с помощью ГГК-П на нефтяных и рудных месторождениях?
14. Какие задачи решаются с помощью ГГК-С?
15. Получите выражение для расчета K_n по результатам ГГК-П из формулы (12.11).

•