



ПАО «Газпром»

Российский государственный университет
нефти и газа имени И. М. Губкина
(Национальный исследовательский
университет)



Презентационные материалы онлайн-курса «Основные технологические процессы Upstream-сектора нефтегазового комплекса»

**Стационарные нейтронные
методы. Физические основы
нейтронного гамма- и нейтрон-
нейтронных методов. Влияние
размера зонда на характер
диаграмм нейтронных методов.
Определение нейтронной
пористости. Назначение и
области применения этих
исследований**

Зависимость показаний детектора надтепловых нейтронов от водородосодержания среды с изменением расстояния до источника (размера зонда) изменяется. На малых расстояниях, например, на «нулевом» зонде

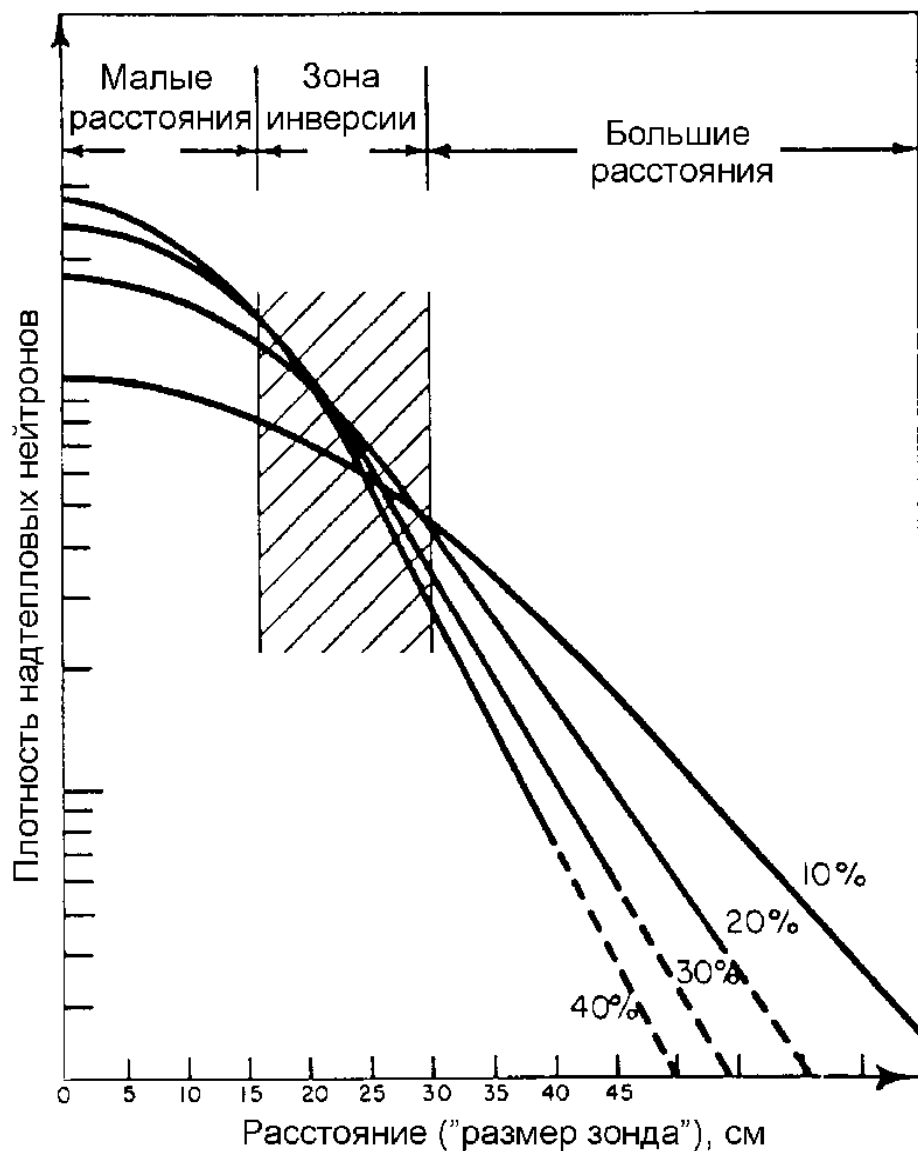
$$N_0(w) \sim \tau_0(m)^{-3/2},$$

зависимость от w возрастающая. На больших расстояниях r зависимость от m определяется экспонентой

$$N_0(w) \sim \exp[-r^2/4\tau_0(m)],$$

и зависимость становится убывающей

Эффект инверсии зависимости показаний ННМ_{НТ} от водородосодержания с изменением размера зонда (по Дж. Титтмену)



Нейтрон-нейтронный метод по тепловым нейтронам (ННМт) заключается в регистрации плотности нейтронов, диффундирующих в системе скважина – пласт после их замедления до тепловых энергий. Плотность тепловых нейтронов, измеряемая детектором при фиксированном размере зонда, зависит не только от эффективной длины замедления, но также от времени жизни τ и коэффициента диффузии D . Последние два параметра характеризуют водородосодержание породы и содержания элементов с высокими сечениями поглощения тепловых нейтронов (таких, как хлор, бор и т.д.).

Различные элементы при захвате одного теплового нейтрона испускают неодинаковое количество гамма-квантов. Это свойство называется эмиссирующей способностью. Минимальной эмиссирующей способностью обладают водород, кислород и углерод (около 1 гамма-кванта на один захват), максимальной – натрий и хлор (3.09 и 2.36 гамма-квантов на один захват соответственно).

Общее содержание водорода в горных породах пропорционально суммарному содержанию в них воды и нефти, и оценивается **водородным индексом** ω (эквивалентной влажностью), который равен отношению объемной концентрации водорода в данной среде к его концентрации в пресной воде при нормальных условиях. Водородный индекс для пресной воды $\omega_B=1$. Поскольку объемное содержание водорода в нефти близко к его содержанию в пресной воде, то $\omega_H=\omega_B=1$.

Для чистых пород, насыщенных водой, или нефтью с водой, водородный индекс

$$\omega_{ВП} = \omega_{НП} = \omega_B \cdot K_{П} = K_{П},$$

то есть численно равен их пористости.

В газонасыщенных коллекторах

$$\omega_{П} = \omega_B \cdot K_B \cdot K_{П} + \omega_H \cdot K_H \cdot K_{П} + \omega_G \cdot K_G \cdot K_{П} = K_{П} \cdot (K_B + K_H) + \omega_G \cdot K_G \cdot K_{П}$$

В глинистых коллекторах, скелет которых содержит химически связанную воду ($\omega_{св}$)

$$\omega_{П} = K_{П} + K_{ГЛ} \cdot \omega_{св}$$

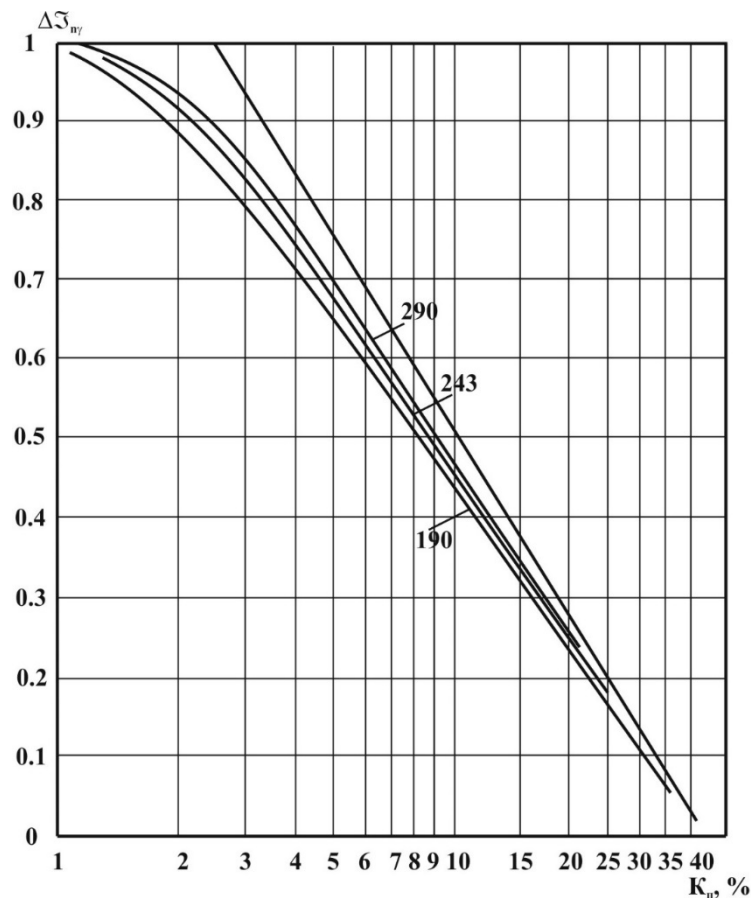
Минерал, группа минералов	$\omega_{\text{св}}$
Каолинит	0.36
Хлориты магнезиальные	0.34
Гидромусковит	0.19
Монтмориллонит	0.22
Глины Волго-Уральской провинции	0.25
Глины Западной Сибири	0.20

Нейтронная пористость

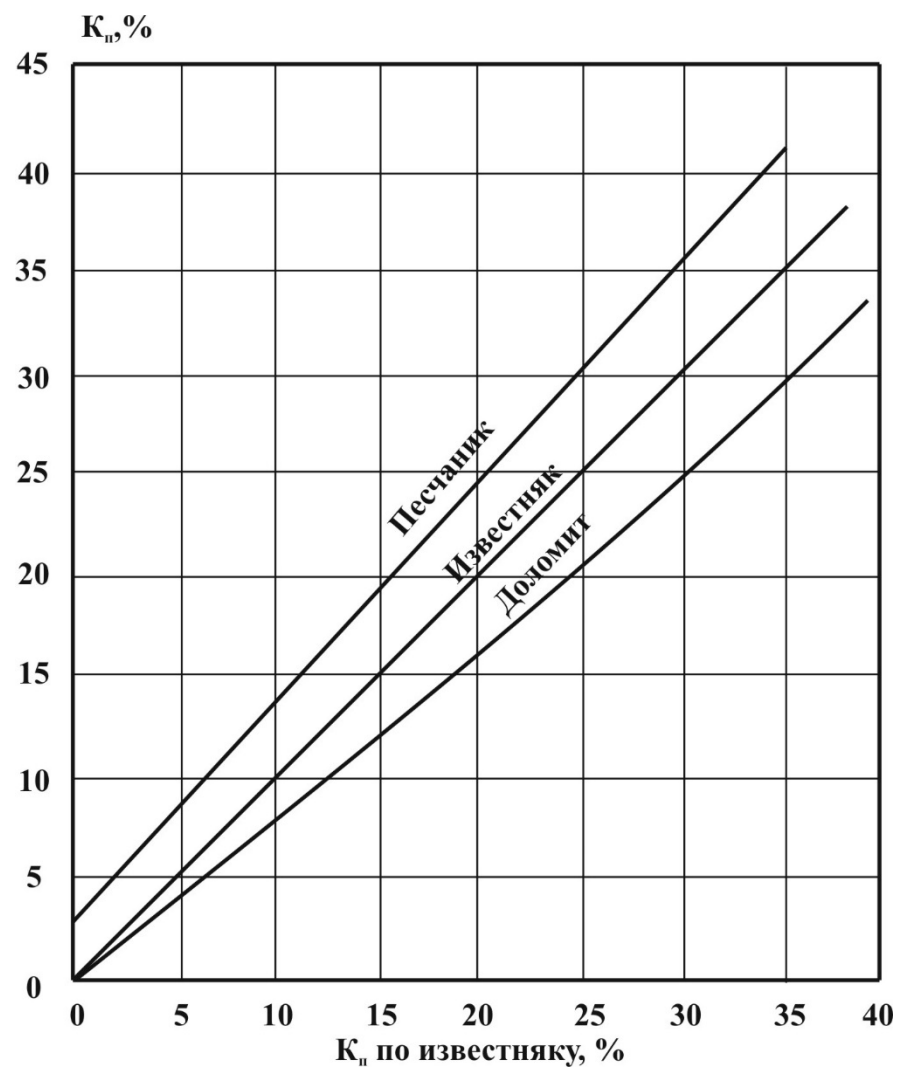
На практике величину эквивалентной влажности горных пород часто именуют нейтронной пористостью $K_{п,н}$. При измерениях однозондовыми приборами коэффициент пористости $K_{п,н}$ можно определить, пользуясь зависимостями двойного разностного параметра ΔI от $K_{п,н}$

$$\Delta I_{н\gamma} = \frac{I_{н\gamma.п} - I_{н\gamma.min}}{I_{н\gamma.max} - I_{н\gamma.min}}$$

Зависимость параметра $\Delta I_{н\gamma}$ от коэффициента пористости
Шифр кривых – диаметр скважины, мм



Влияние состава скелета на значение пористости



Задачи, решаемые нейтронными методами

1. Расчленение разреза по литологии.
2. Корреляция разрезов скважин.
3. Определение характера насыщения.
4. Количественное определение коллекторских свойств горных пород, оценка начальной, текущей и остаточной нефтенасыщенности.
5. Контроль продвижения пластовых вод, определение интервалов обводнения пластов и положения водонефтяного и газожидкостного контактов.