



ПАО «Газпром»

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

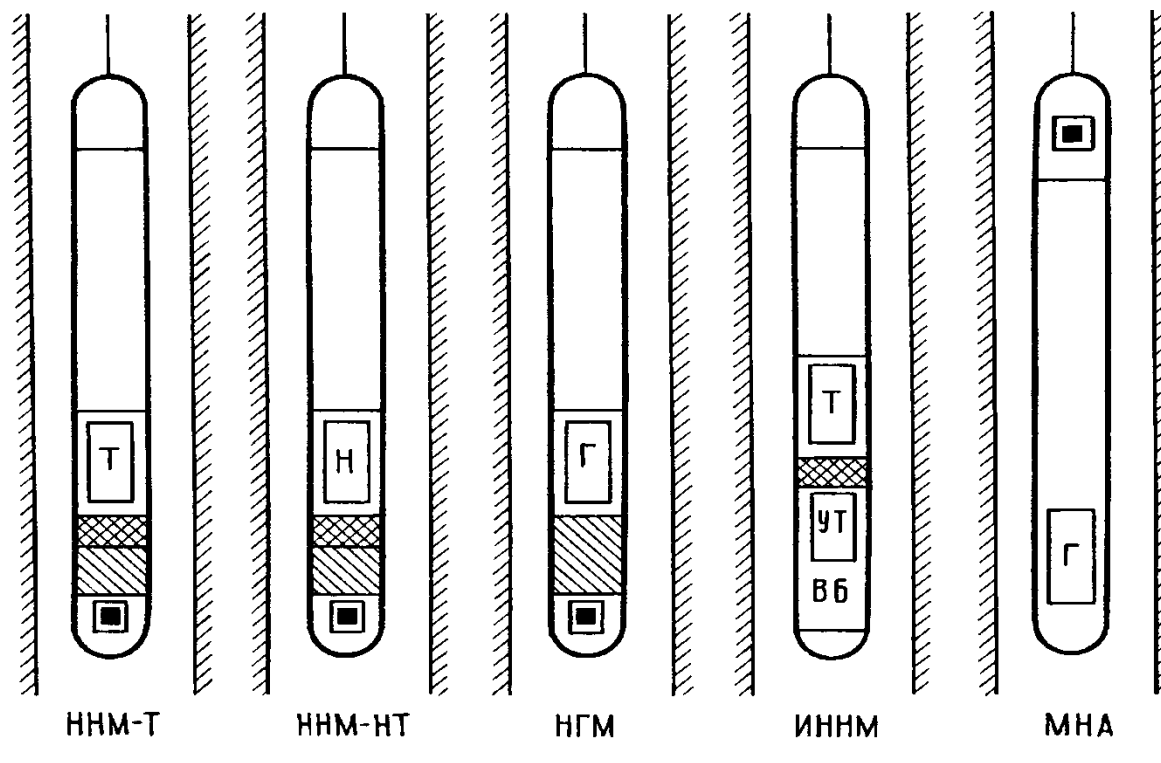


Презентационные материалы онлайн-курса «Основные технологические процессы Upstream-сектора нефтегазового комплекса»

Нейтронные свойства горных пород. Замедляющие свойства пород. Длина замедления, длина диффузии, время жизни тепловых нейтронов

1. метод спектрометрии гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР);
2. метод наведенной активности (активационный анализ) на быстрых нейтронах (НАБ);
3. метод резонансной активации;
4. нейтрон-нейтронный метод по надтепловым нейтронам (ННМнт);
5. стационарный нейтрон-нейтронный метод по тепловым нейтронам (ННМт);
6. импульсный нейтрон-нейтронный метод по тепловым нейтронам (ИННМ);
7. стационарный нейтронный гамма-метод (НГМ);
8. спектрометрия захватного гамма-излучения (НГМ-С);
9. импульсный нейтронный гамма-метод (ИНГМ); имеет также спектрометрическую модификацию (ИНГМ-С или С/О-каротаж);
10. импульсный нейтронный гамма-нейтронный метод (ИНГНМ);
11. метод наведенной активности (активационный анализ) на тепловых нейтронах (НАт);
12. нейтронные методы, использующие реакцию деления;
13. фотонейтронный метод.

Схема зондов нейтронных методов



УТ – ускорительная трубка генератора нейтронов; ВБ – высоковольтный блок;
ЭС – электронная схема прибора.

Детекторы: гамма-излучения (Г), тепловых (Т) и надтепловых (Н) нейтронов

Макроскопические эффективные сечения рассеяния Σ_p и поглощения (захвата) Σ_3 горных пород

$$\Sigma_p = \frac{N_A \cdot \delta_{\Pi}}{100} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\sigma_{pi} \cdot m_{\varepsilon i}}{A_i}$$

$$\Sigma_3 = \frac{N_A \cdot \delta_{\Pi}}{100} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\sigma_{zi} \cdot m_{\varepsilon i}}{A_i}$$

где σ_{pi} и σ_{zi} – микроскопические эффективные сечения рассеяния и захвата i -го элемента соответственно; m_i – содержание i -го элемента в массовый %; A_i – относительная атомная масса i -го элемента

Основные пороодообразующие элементы (природная смесь изотопов) и сечения их взаимодействия (барн) с тепловыми нейтронами

Элемент	Полное сечение взаимодействия	Сечение рассеяния	Сечение поглощения	Вероятность рассеяния	Вероятность поглощения
Кислород	3.75	3.75	$1.2 \cdot 10^{-3}$	1.00	0.00
Кремний	1.86	1.70	0.160	0.91	0.09
Алюминий	1.64	1.40	0.236	0.856	0.144
Железо	13.62	11.0	2.62	0.808	0.192
Кальций	3.44	3.00	0.44	0.872	0.128
Натрий	4.53	4.00	0.534	0.883	0.117
Калий	3.60	1.50	2.10	0.417	0.58
Магний	3.66	3.60	0.063	0.983	0.017
Водород	20.63	20.3	0.33	0.984	0.016
Углерод	4.80	4.80	$3.4 \cdot 10^{-3}$	1.00	0.00

Элементы – аномальные поглотители тепловых и резонансных нейтронов в горных породах

Элемент	Сечение поглощения тепловых нейтронов, барн	Содержание в осадочных породах. г/т			
		Песчаных	Глинистых	Карбонатных	Среднее
Гадолиний Gd	49000	0.7	5	–	4.5
Самарий Sm	5800	3.7	5	1.4	5.25
Европий Eu	4600	0.7	1	–	1.1
Кадмий Cd	2450	–	0.37	0.03	0.3
Диспрозий Dy	930	2.6	4	0.8	3.4
Бор В	760	4	150	12	110
Ртуть Hg	375	0.03	0.015	0.02	0.023
Индий In	194	0.3	3	–	0.05
Эрбий Er	162	–	2.5	–	2.5
Гафний Hf	102	–	4–13	–	6.0
Литий Li	71	7–17	60	26	60
Гольмий Ho	67	–	1	–	0.95
Неодим Nd	51	–	18	–	25
Кобальт Co	37	–	23	–	–
Иттербий Yb	37	1.4	2.2	20	2.1
Хлор Cl	33	–	–	–	–

1. Длиной замедления быстрых нейтронов

$$L_s = \sqrt{\frac{\bar{r}^2}{6}}$$

где \bar{r}^2 — средний квадрат расстояния, на которое удаляется нейтрон от источника до точки, где он достигает теплового состояния.

2. Длиной диффузии L_d — средним расстоянием по прямой от места зарождения теплового нейтрона до места его поглощения;
3. Средним временем жизни τ тепловых нейтронов.

$$\tau = \frac{1}{v \cdot \Sigma_3}$$

4. Коэффициентом диффузии тепловых нейтронов.

$$D = \frac{L_d^2}{\tau}$$

5. Длиной миграции

$$M_n = \sqrt{L_s^2 + L_d^2}$$