



**ПЕТРОФИЗИКА (ПРЕЗЕНТАЦИЯ
ЛЕКЦИЯ № 4)**

**(Влажность, влагоемкость,
водо,-нефте,-
газонасыщенность)**

Лектор: доцент Дахнов А.В.
Кафедра исследования нефтегазовых пластовых
СИСТЕМ

ВЛАЖНОСТЬ-

содержание в породе воды

ВЛАГОЕМКОСТЬ-

W

СПОСОБНОСТЬ ПОРОДЫ УДЕРЖИВАТЬ ТО
ИЛИ ИНОЕ КОЛИЧЕСТВО ВЛАГИ

ВЛАГОЕМКОСТЬ

ВЛАГО-
ЕМКОСТЬ

W

ПОЛНАЯ
 W_p

КАПИЛ-
ЛЯРНАЯ
 $W_{\text{кап}}$

ПОДВЕ-
ШЕННАЯ
 $W_{\text{под}}$

МАКСИМ.
ГИГРОСКО
-
ПИЧЕСКА
Я
 $W_{\text{м.гигр}}$

ГИГРОСКО
-
ПИЧЕСКА
Я
 $W_{\text{гигр}}$

ПОЛНАЯ ВЛАГОЕМКОСТЬ W_p

-СПОСОБНОСТЬ ПОРОДЫ СОДЕРЖАТЬ РАЗНЫЙ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫЙ ОБЪЕМ V_v ВОДЫ НА ОПРЕДЕЛЕННЫЙ ОБЪЕМ V_c СУХОЙ ПОРОДЫ

$$W_p = V_v / V_c \text{ (\%, д.е.)}$$

ХИМИЧЕСКИ
СВЯЗАННАЯ

$$W_{\text{х.св}}$$

ФИЗИЧЕСКИ
СВЯЗАННАЯ

$$W_{\text{ф.св}}$$

ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННАЯ ВОДА



КРИСТАЛЛИЗАЦИОННАЯ ВОДА

**МИНЕРАЛЫ СОДЕРЖАТ МОЛЕКУЛЫ H_2O , КОТОРЫЕ
УДАЛЯЮТСЯ ПРИ $t \sim 300^\circ C$ И МЕНЬШЕ**

1) – СОДА - $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ ($t \sim 20^\circ C$) ($\delta_T = 1,42-1,47$)

2) - ГИПС - $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ($t \sim 400^\circ C$) → АНГИДРИТ $CaSO_4$
($\delta_T = 2,31-2,33$) ($\delta_T = 2,89-2,96$)

3) – МИРАБИЛИТ $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ ($t \sim 20^\circ C$) ($\delta_T = 1,48$)

КОНСТИТУЦИОННАЯ ВОДА

МИНЕРАЛЫ СОДЕРЖАТ ИОНЫ OH^- , H^+ , H_3O^+
УДАЛЯЕТСЯ ПРИ t от 300 до 1300°C

1. Тальк $\text{Mg}_3(\text{OH})_2(\text{Si}_2\text{O}_{10})$

2. Каолинит $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_3$

3. Монтмориллонит $(\text{AlMg})_2(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{H}_2\text{O}$
и др.

ФИЗИЧЕСКИ СВЯЗАННАЯ ВОДА

ФИЗИЧЕСКИ
СВЯЗАННАЯ
ВОДА
 $W_{\text{ф.св}}$

ПЛЕНОЧНАЯ

УГЛОВ ПОР И
ТУПИКОВЫХ
ПОР

КАПИЛЛЯРНО-
УДЕРЖИВАЕМ
АЯ

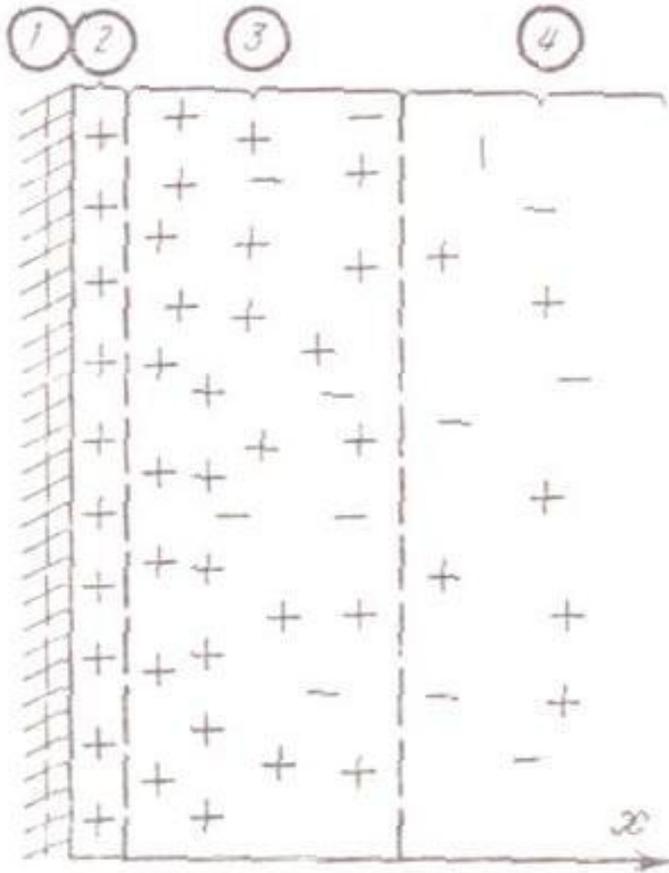
ПЛЕНОЧНАЯ ВОДА

ЭТО

ПОЛИСЛОИ

**ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОЛЕКУЛ
ВОДЫ**

ДЭС



1 – твердая фаза

2 – слой Штерна

3 – диффузный слой
Гуи

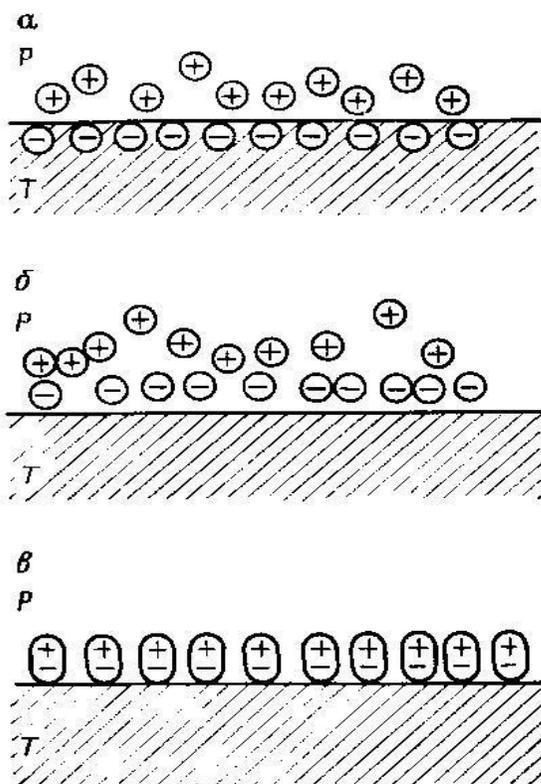
4 – свободный
раствор

ДЭС

ВИДЫ ДЭС:

- ИОННЫЙ ВИД
- АДСОРБИРОВАННЫЙ ВИД
- ОРИЕНТАЦИОННЫЙ ВИД

ДЭС



Строение ионного (а),
адсорбционного (б) и
ориентационного (в)

видов двойного
электрического

слоя

Р – раствор; Т = твердая
фаза породы

ДЭС

СВОЙСТВА ДЭС

$$\delta_v = 1,3-2 \text{ г/см}^3$$

$$\varepsilon = 10-30 \text{ отн. ед}$$

$$t = \text{от } -20 \text{ до } -193^\circ\text{C}$$

физически связанная вода

ВОДА УГЛОВ ПОР И ТУПИКОВАЯ ВОДА

Физически связанная вода

КАПИЛЛЯРНО- УДЕРЖИВАЕМАЯ

Связанная и остаточная вода

СВЯЗАННАЯ ВОДА $K_{\text{в.св}} = V_{\text{в.св}} / V_{\text{пор}}$

$r < 1,5 - 2 \cdot 10^{-3}$ мкм – прочносвязанная вода;

$r < 20 - 30 \cdot 10^{-3}$ мкм – физически связанная вода;

$r = 30 - 500 \cdot 10^{-3}$ мкм – капиллярно-удерживаемая вода и вода углов пор

$$p_k = 2\sigma \cos\theta / r_k$$

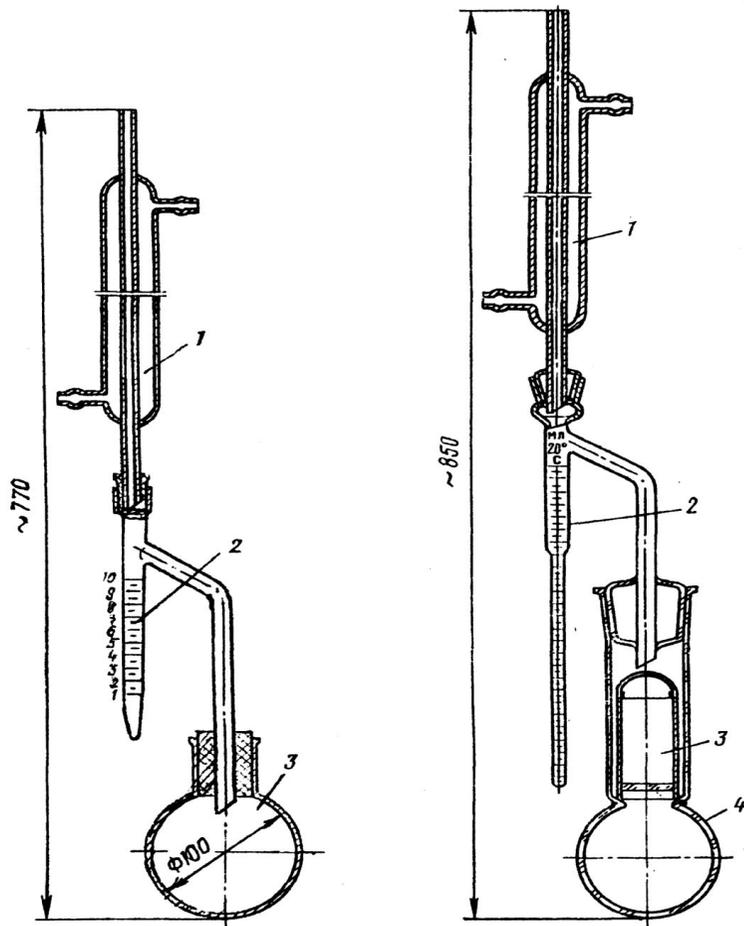
ОСТАТОЧНАЯ ВОДА

ОСТАТОЧНАЯ ВОДА

$$K_{\text{в.о}} = V_{\text{в.о}} / V_{\text{пор}}$$

**Способы определения:
прямой и косвенные**

ПРЯМОЙ МЕТОД

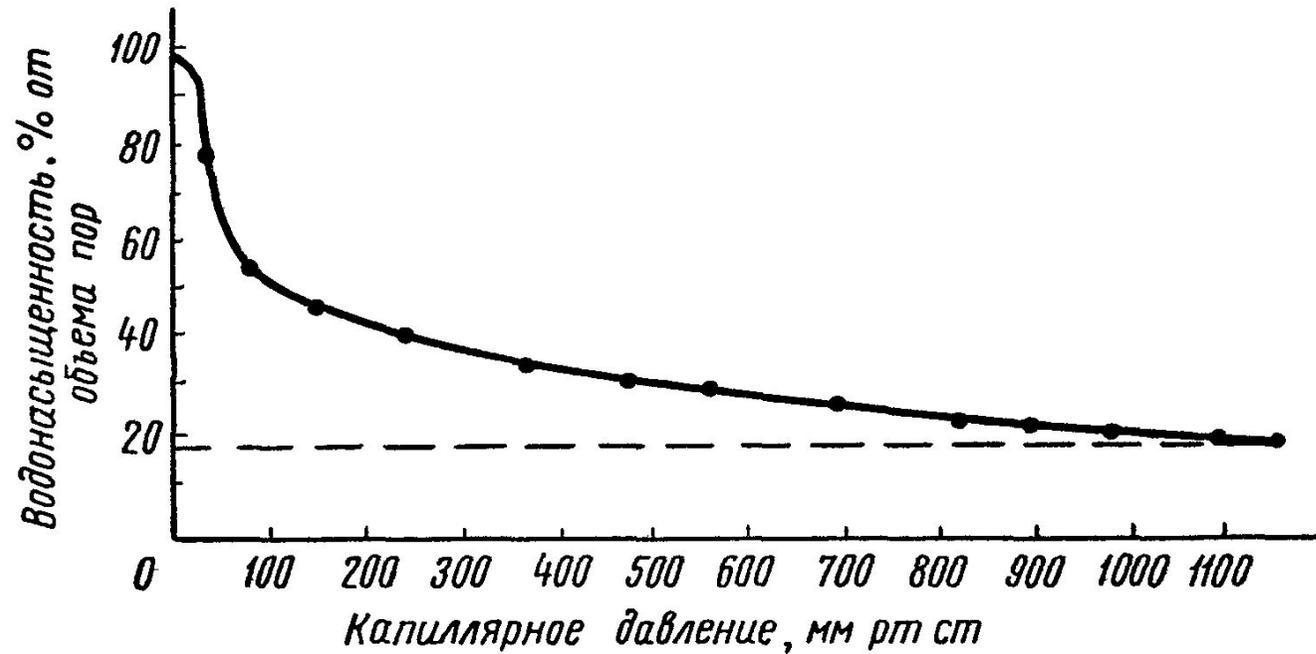


1. Прибор Дина и Старка
2. Прибор ЛП-4 (С.Л. Закса)

КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ $K_{В.О}$

1. Полупроницаемая мембрана
2. Центрифугирование
3. Испарение (сушка)
4. Капиллярная вытяжка
5. Вытеснение

ПРИМЕР КАПИЛЛЯРНОЙ КРИВОЙ

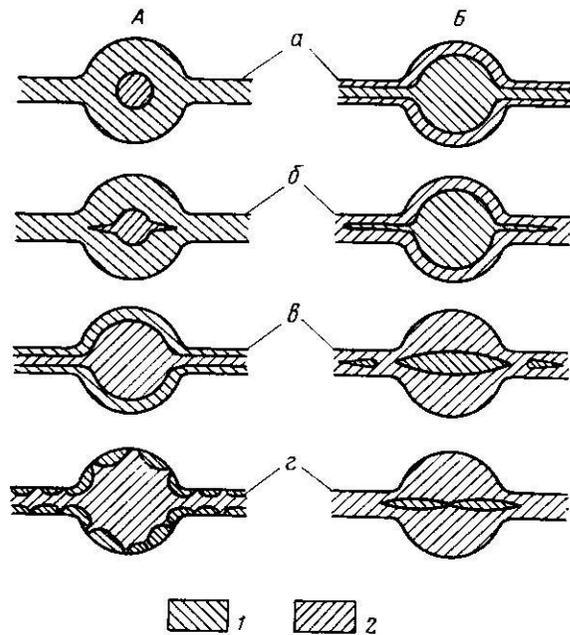


ВОДА

$$\begin{aligned} K_v &= V_v N_{\text{пор}} = \\ &= V_{\text{в.св}} N_{\text{пор}} + V_{\text{в.о}} N_{\text{пор}} + V_{\text{в.своб}} N_{\text{пор}} = \\ &= K_{\text{в.св}} + K_{\text{в.о}} + K_{\text{в.своб}} \end{aligned}$$

ГИДРОФИЛЬНЫЕ И ГИДРОФОБНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Водонефтегазонасыщение пород

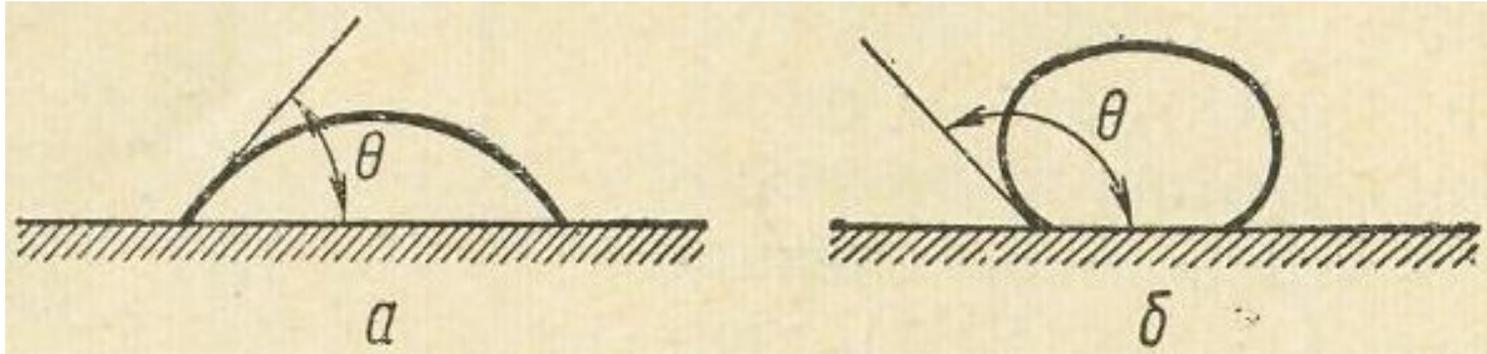


Схемы размещения воды и нефти в единичной поре гидрофильных (А) и гидрофобных (Б) коллекторов при различной степени их насыщения.

а – полное; б – более высокое, чем критическое; в – критическое; г – более низкое, чем критическое;

1 – вода; 2 - нефть

СМАЧИВАЕМОСТЬ



$\cos\theta > 0$
Гидрофильная

Угол $\theta > 90^\circ$, $\cos\theta < 0$
Гидрофобная поверхность

Водонефтегазонасыщение пород

$$\begin{aligned}V_{\text{пор}} &= V_{\text{в}} + V_{\text{г}} + V_{\text{н}} \rightarrow \\ \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{пор}}} &= 1 = \\ &= \frac{V_{\text{в}}}{V_{\text{пор}}} + \frac{V_{\text{г}}}{V_{\text{пор}}} + \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{пор}}}; \\ K_{\text{в}} + K_{\text{г}} + K_{\text{н}} &= 1\end{aligned}$$

нефтенасыщенные породы

$$K_H + K_B = 1$$

$$K_H = 1 - K_B$$

газонасыщенные породы

$$K_{\Gamma} + K_{\text{В}} = 1$$

$$K_{\Gamma} = 1 - K_{\text{В}}$$

нефтегазонасыщенные породы

$$K_H = 1 - (K_G + K_B)$$

$$K_G = 1 - (K_H + K_B)$$

ВОПРОСЫ САМОКОНТРОЛЯ

1. Краткая характеристика различных фаз, присутствующих в поровом пространстве горной породы.
2. Физически и химически связанная вода.
3. Остаточная вода и лабораторные способы ее определения
4. Двойной электрический слой. Происхождение, строение и свойства.
5. Гидрофильные и гидрофобные поверхности.
6. Коэффициенты нефте- газо- и водонасыщения продуктивных коллекторов.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

internet: www.vniigaz.ru
intranet: www.vniigaz.gazprom.ru
e-mail: vniigaz@vniigaz.gazprom.ru
телефон: (+7 495) 355-92-06
факс: (+7 495) 399-32-63