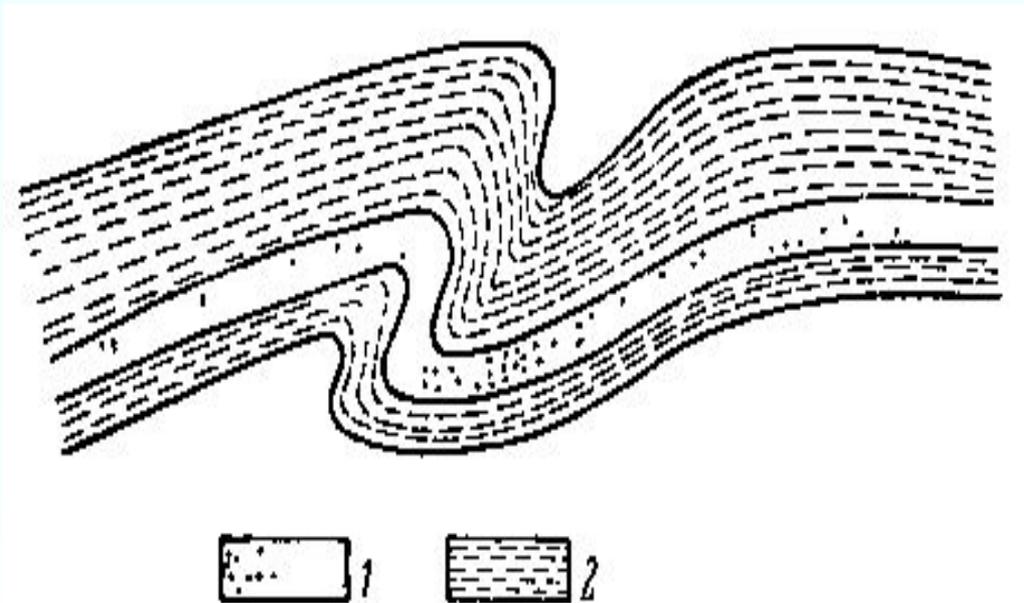


# Геологические процессы в земной коре

- Образование нефтяных и газовых месторождений
- Физико-химические свойства нефти, газа и пород, слагающих нефтяные пласты

**Пластовый резервуар** представляет собой коллектор, ограниченный на значительной площади в кровле и подошве плохо проницаемыми породами. Особенности такого резервуара является сохранение толщины и литологического состава на большой площади.



**Принципиальная схема  
пластового резервуара.**

1 – коллектор (песок);  
2 – плохо проницаемые  
породы (глины)

## ПРИРОДНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ. ЛОВУШКИ

*Под массивным резервуаром* понимают мощные толщи пород, состоящие из многих проницаемых пластов, не отделенных один от другого плохо проницаемыми породами.

- *однородные массивные резервуары* – сложены сравнительно однородной толщей пород, большей частью карбонатных

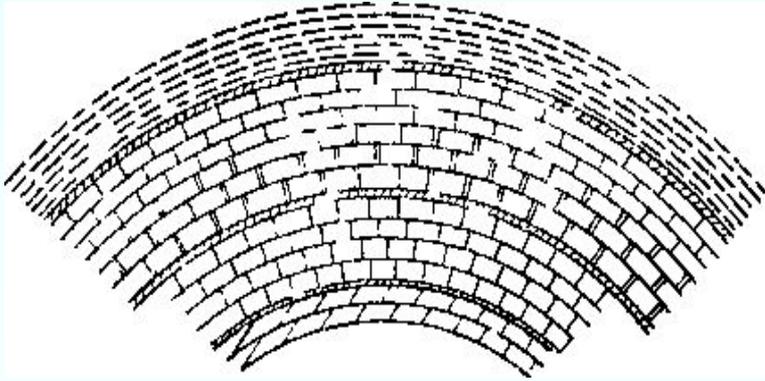


Схема однородного массивного резервуара.

- *неоднородные массивные резервуары* – толща пород неоднородна. Литологически она может быть представлена, например, чередованием известняков. Песков и песчаников, сверху перекрытых глинами.

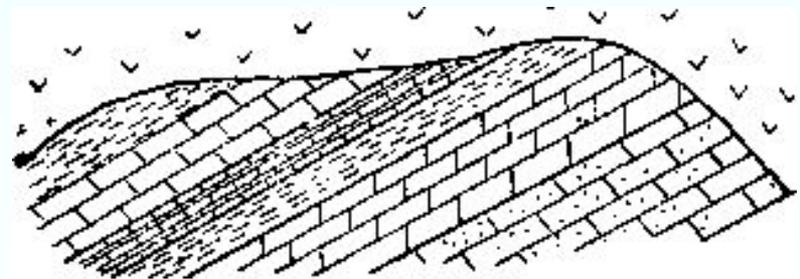
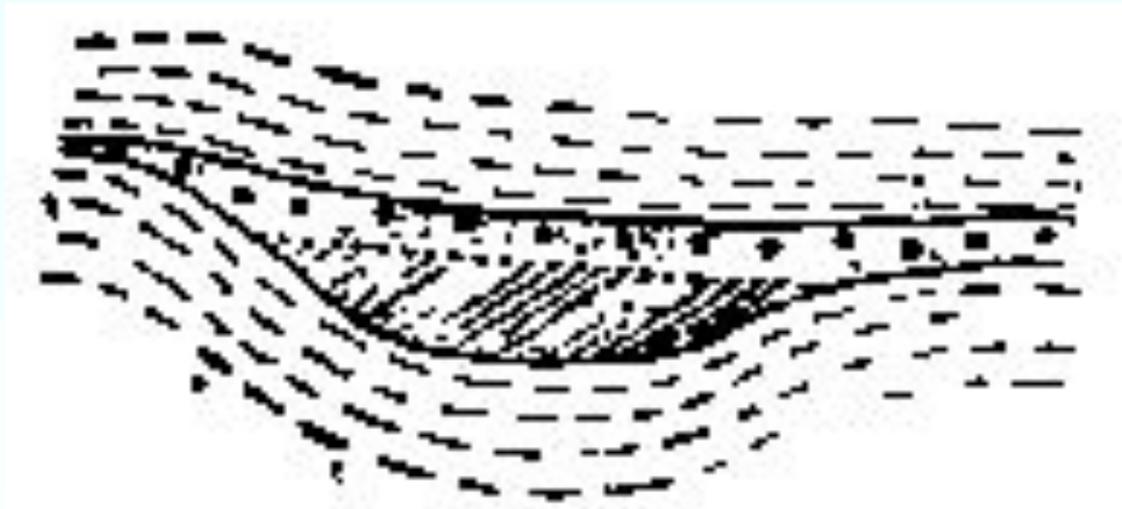


Схема неоднородного массивного резервуара

*Резервуары неправильной формы, литологически ограниченные со всех сторон*

В эту группу объединены природные резервуары всех видов, в которых насыщающие их газообразные и жидкие углеводороды окружены со всех сторон либо практически непроницаемыми породами, либо породами, насыщенными слабоактивной водой.



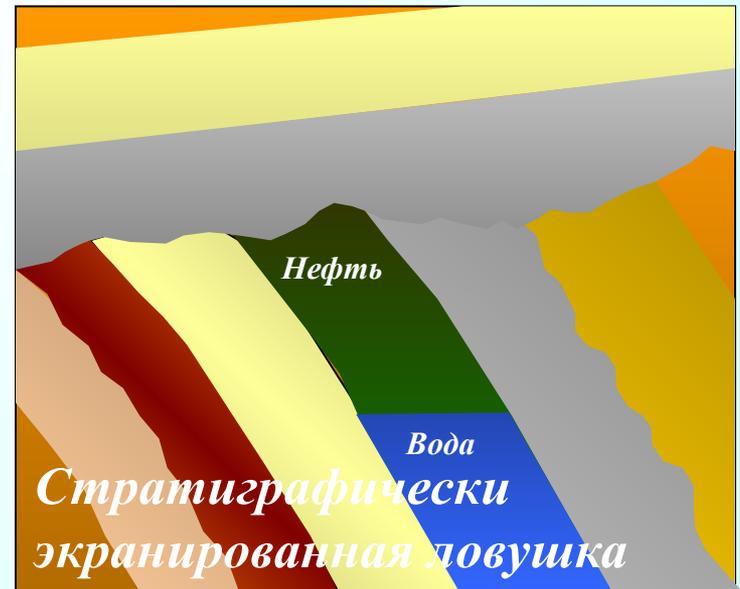
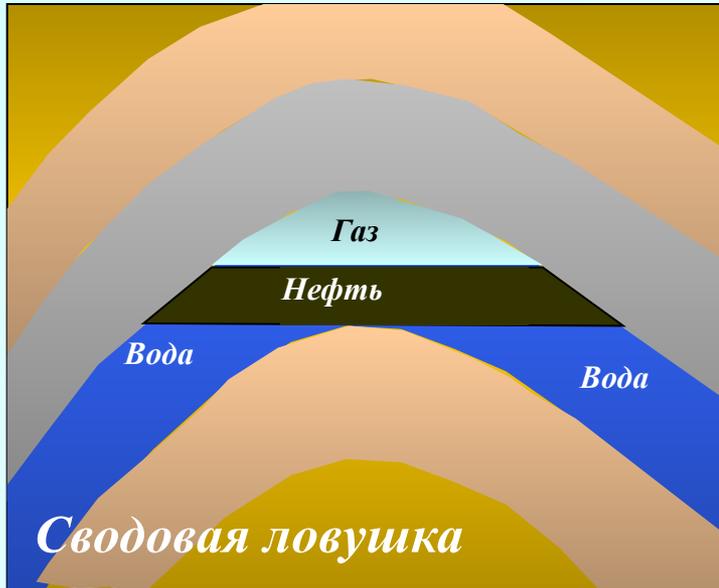
***Ловушка* – часть природного резервуара, в которой благодаря различного рода структурным дислокациям, стратиграфическому или литологическому ограничению, а так же тектоническому экранированию создаются условия для скопления нефти и газа.**

Гравитационный фактор вызывает в ловушке распределение газа, нефти и воды по их удельным весам.

## ПРИРОДНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ. ЛОВУШКИ

- **Структурная ловушка (сводовая)** – образованная в результате изгиба слоев.
- **Стратиграфическая ловушка** – сформированная в результате эрозии пластов – коллекторов и перекрытия их затем непроницаемыми породами.
- **Тектоническая ловушка** – образованная в результате вертикального смещения пластов относительно друг друга, пласт-коллектор в месте тектонического нарушения может соприкасаться с непроницаемой горной породой.
- **Литологическая ловушка** – образованная в результате литологического замещения пористых проницаемых пород непроницаемыми.

# ПРИРОДНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ. ЛОВУШКИ



**Скопление нефти, газа, конденсата и других полезных сопутствующих компонентов, сосредоточенные в ловушке, в количестве, достаточном для промышленной разработки, называется залежью.**

- *пластовая*

- *массивная*

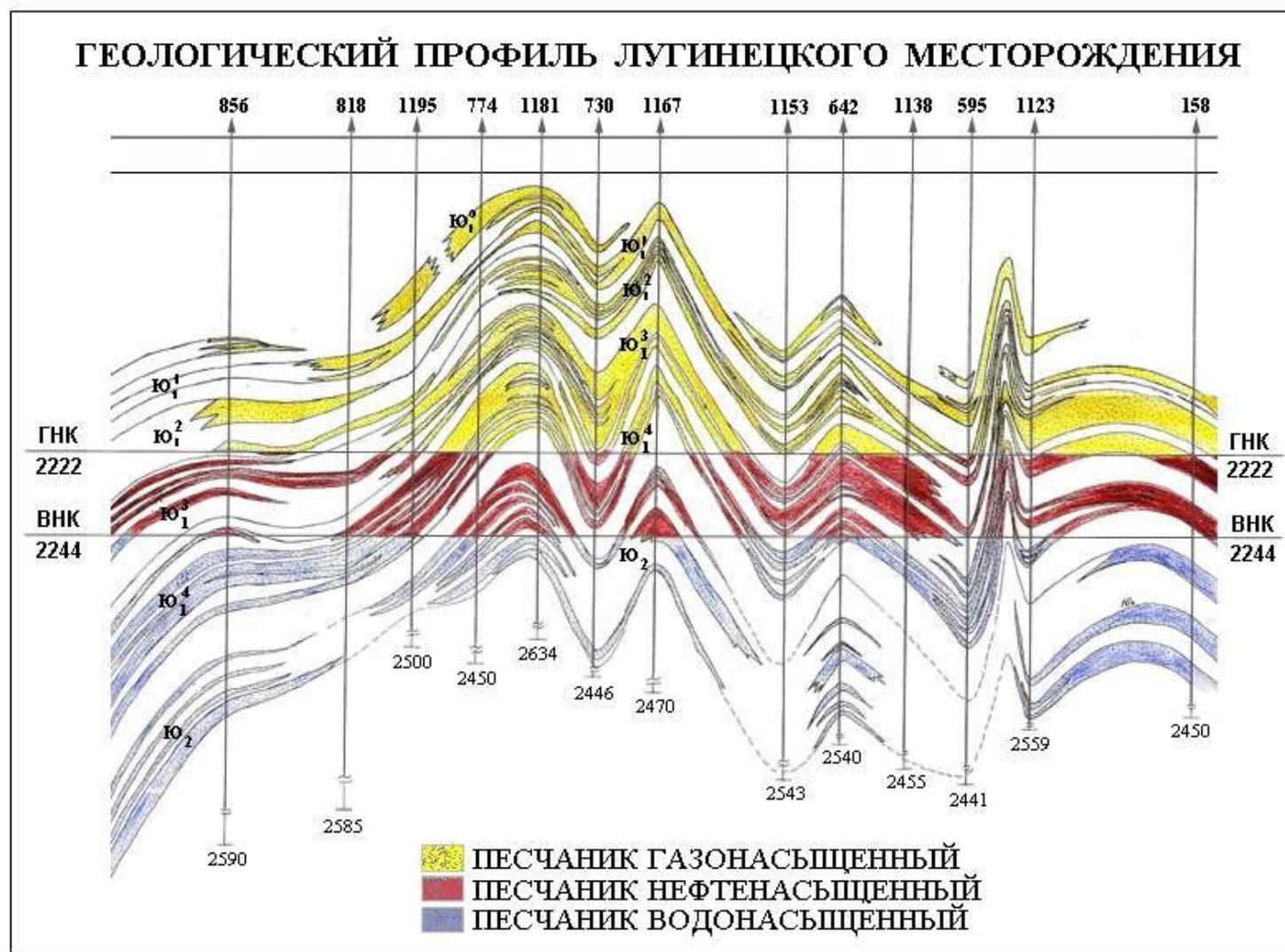
- *литологически ограниченная*

- *стратиграфически ограниченная,*

- *тектонически эранированная*



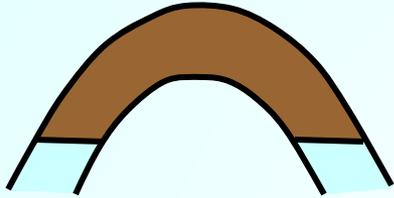
# Массивный тип залежи



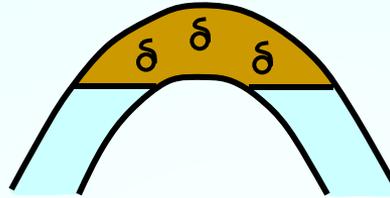
**Под *месторождением* нефти и газа понимается совокупность залежей, приуроченных территориально к одной площади и сведенных с благоприятной тектонической структурой.**

Понятия месторождение и залежь равнозначны, если на одной площади имеется всего одна залежь, такое месторождение называется *однопластовым*. Месторождение, имеющее залежи в пластах (горизонтах) разной стратиграфической принадлежности, принято называть *многопластовыми*

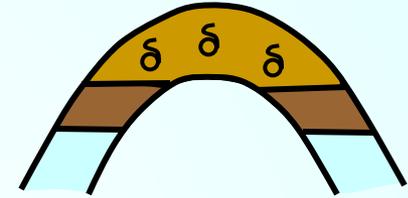
Классификация залежей по фазовому состоянию углеводорода



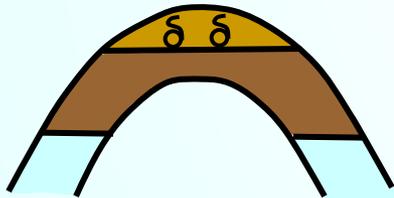
нефтяная



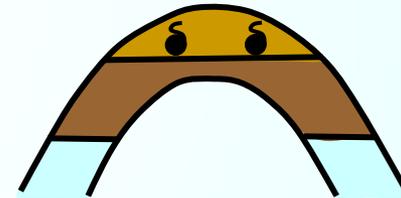
газовая



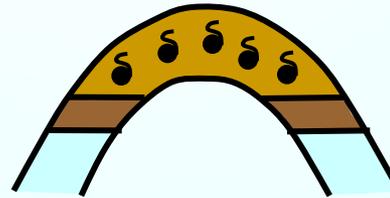
нефтегазовая



газонефтяная



газоконденсатнонефтяная



нефтегазоконденсатная

**ЁМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ**

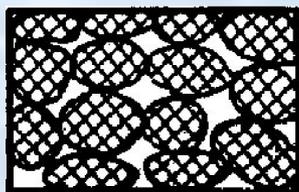
**Коллектором называется горная порода, обладающая такими геолого-физическими свойствами, которые обеспечивают физическую подвижность нефти или газа в ее пустотном пространстве.**

**Порода-коллектор может быть насыщена как нефтью или газом, так и водой.**

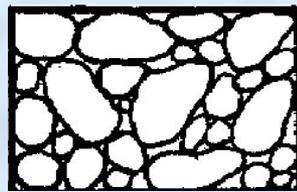
**ЁМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ**

Ёмкостные свойства породы определяются ее пустотностью:

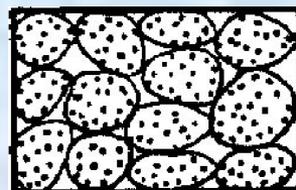
$$V_{\text{пуст.}} = V_{\text{пор}} + V_{\text{трещ.}} + V_{\text{каверн}}$$



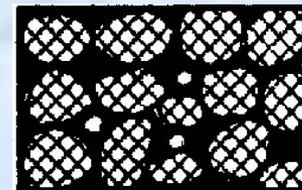
а



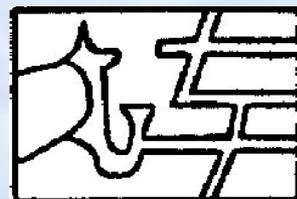
б



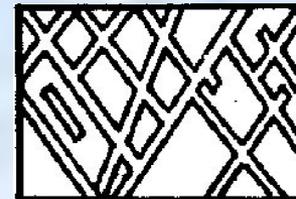
в



г



д



е

**Различные типы пустот в породе.**

а – хорошо отсортированная порода с высокой пористостью; б – плохо отсортированная порода с низкой пористостью; в – хорошо отсортированная пористая порода; г – хорошо отсортированная порода, пористость которой уменьшена в результате отложения минерального вещества в пустотах между зернами; д – порода, ставшая пористой благодаря растворению; е – порода, ставшая коллектором благодаря трещиноватости.

## ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ

### ПОРИСТОСТЬ И СТРОЕНИЕ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

#### Значения пористости некоторых осадочных пород

Горная порода	Пористость, %
Глинистые сланцы	0,54-1,4
Глины	6,0-50,0
Пески	6,0-52
Песчаники	3,5-29,0
Известняки	до 33
Доломиты	до 39
Известняки и доломиты, как покрышки	0,65-2,5

# **Н Е Ф Т Ь**

**Природная смесь, состоящая преимущественно из углеводородных соединений метановой, нафтеновой и ароматической групп, которые в пластовых и стандартных условиях находятся в жидкой фазе.**

**Кроме углеводородов (УВ) в нефтях присутствуют сернистые, азотистые, кислородные соединения, металлоорганические соединения.**

# КЛАССИФИКАЦИЯ НЕФТЕЙ по углеводородному составу

*Метановые*

*(более 50 %)*

*Нафтеновые*

*(более 50 %)*

*Ароматические*

*(более 50 %)*

# КЛАССИФИКАЦИЯ НЕФТЕЙ

по содержанию парафинов

*Малопарафинистые*

*(не выше 1,5 %)*

*Парафинистые*

*(1,51 - 6,00 %)*

*Высокопарафинистые*

*(выше 6,00 %)*

Содержание парафина в нефти иногда достигает 13 - 14 % и больше.

**Нефтяной парафин** - это смесь твердых УВ двух групп, резко отличающихся друг от друга по свойствам, - *парафинов*  $C_{17}H_{36}$  -  $C_{35}H_{72}$  и *церезинов*  $C_{36}H_{74}$  -  $C_{55}H_{112}$ .

Температура плавления первых  $27-71^{\circ}C$ , вторых –  $65-88^{\circ}C$ . При одной и той же температуре плавления церезины имеют более высокую плотность и вязкость.

# КЛАССИФИКАЦИЯ НЕФТЕЙ по содержанию серы

*Малосернистая*  
(не выше 0,5 %)

*Сернистая*  
(0,51 - 2,0 %)

*Высокосернистая*  
(выше 2,0 %)

# КЛАССИФИКАЦИЯ НЕФТЕЙ по содержанию смол

*Малосмолистые*

*(меньше 5 %)*

*Смолистые*

*(5 - 15 %)*

*Высокосмолистые*

*(выше 15 %)*

**ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТЕЙ**

- **Газосодержание (газонасыщенность)** пластовой нефти - это объем газа растворенного в  $1\text{ м}^3$  объема пластовой нефти:  
 $G=V_{\text{г}}/V_{\text{пл.н.}}$  ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ )

Газосодержание пластовых нефтей может достигать 300-500  $\text{м}^3/\text{м}^3$  и более, обычное его значение для большинства нефтей 30-100  $\text{м}^3/\text{м}^3$ . Вместе с тем известно большое число нефтей с газосодержанием не выше 8-10  $\text{м}^3/\text{м}^3$ .

- **Давлением насыщения** пластовой нефти называется давление, при котором газ начинает выделяться из нее. Давление насыщения зависит от соотношения объемов нефти и газа в залежи, от их состава, от пластовой температуры.

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТЕЙ

- **Коэффициент сжимаемости** (или объемной упругости) характеризует относительное приращение объема нефти при изменении давления на единицу. Для большинства пластовых нефтей  $= (1-5) \cdot 10^{-3} \text{ МПа}^{-1}$

$\beta_n = (1/V)(\Delta V/\Delta p)$ , где  $\Delta V$  - изменение объема нефти,  $V$  - исходный объем нефти,  $\Delta p$  - изменение давления.

- **Объемный коэффициент пластовой нефти** показывает, какой объем занимает в пластовых условиях  $1 \text{ м}^3$  дегазированной нефти:  
 $b_n = V_{\text{пл.н.}} / V_{\text{дег.}} = \rho_n / \rho_{\text{пл.н.}}$ , где  $V_{\text{пл.н.}}$  - объем нефти в пл. усл.,  $V_{\text{дег.}}$  - объем того же кол-ва нефти после дегазации при атмосферном давлении и  $t=20^\circ\text{C}$ ,  $\rho_{\text{пл.н.}}$  - плотность нефти в пл. усл.,  $\rho$  - плотность нефти в станд. усл.
- **Усадка нефти** - уменьшение объема пластовой нефти при извлечении ее на поверхность  $U = (b_n - 1)/b_n * 100$

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТЕЙ

При подсчете запасов нефти объемным методом изменение объема пластовой нефти при переходе от пластовых условий к поверхностным учитывают с помощью так называемого *пересчетного коэффициента*.

- **Пересчетный коэффициент**  $\theta = 1/b = V_{\text{дег}}/V_{\text{п.н.}} = \rho_{\text{п.н.}}/\rho_{\text{н}}$
- **Коэффициент теплового расширения  $\alpha_{\text{н}}$**  показывает, на какую часть  $\Delta V$  первоначального объема  $V_0$  изменяется объем нефти при изменении температуры на  $1^\circ\text{C}$

$$\alpha_{\text{н}} = (1/V_0) (\Delta V/\Delta t).$$

Размерность  $\alpha_{\text{н}}$  -  $1/^\circ\text{C}$ .

Для большинства нефтей значения коэффициента теплового расширения колеблются в пределах  $(1-20) \cdot 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$ .

**Колориметрические свойства нефти** зависят от содержания в ней окрашенных веществ (смола, асфальтенов).

**ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТЕЙ**

- **Под плотностью пластовой нефти** понимается масса нефти, извлеченной из недр с сохранением пластовых условий, в единице объема. Она обычно в 1,2-1,8 раза меньше плотности дегазированной нефти, что объясняется увеличением ее объема в пластовых условиях за счет растворенного газа. Известны нефти, плотность которых в пласте составляет всего 0,3-0,4 г/см<sup>3</sup>. Ее значения в пластовых условиях могут достигать 1,0 г/см<sup>3</sup>

*По плотности пластовые нефти делятся на:*

- *легкие с плотностью менее 0,850 г/см<sup>3</sup>;*
- *тяжелые с плотностью более 0,850 г/.*

Легкие нефти характеризуются высоким газосодержанием, тяжелые -  
НИЗКИМ.

**ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТЕЙ**

- **Вязкость** **пластовой нефти  $\mu_n$** , определяющая степень ее подвижности в пластовых условиях, также существенно меньше вязкости ее в поверхностных условиях. Это обусловлено повышенным газосодержанием и пластовой температурой.

Давление оказывает небольшое влияние на изменение вязкости нефти в области выше давления насыщения. В пластовых условиях вязкость нефти может быть в десятки раз меньше вязкости дегазированной нефти.

Вязкость зависит также от плотности нефти: легкие нефти менее вязкие, чем тяжелые. Вязкость нефти измеряется в  $\text{мПа} \cdot \text{с}$

*По вязкости нефти делятся на:*

*незначительной вязкостью -  $\mu_n < 1 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ ;*

*маловязкие -  $1 < \mu_n \leq 5 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ ;*

*с повышенной вязкостью -  $5 < \mu_n \leq 25 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ ;*

*высоковязкие -  $\mu_n > 25 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ .*

## **ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НЕФТЕЙ**

### ***В СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ***

**плотность, молекулярная масса, вязкость, температура  
застывания и кипения**

### ***В ПЛАСТОВЫХ УСЛОВИЯХ***

**газосодержание, давление насыщения растворенным  
газом, объемный коэффициент, вязкость, коэффициент  
сжимаемости, коэффициент теплового расширения,  
плотность.**

# ГОРЮЧИЙ ГАЗ (ГАЗ)

Природные углеводородные газы представляют собой смесь предельных УВ.

Основным компонентом является метан  $\text{CH}_4$ .

Наряду с метаном в состав природных газов входят более тяжелые УВ, а также неуглеводородные компоненты:

азот N, углекислый газ  $\text{CO}_2$ , сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ , гелий He, аргон Ar.

В природных условиях находится в газообразной фазе в виде отдельных скоплений либо в растворенном в нефти или воде состоянии, а в стандартных условиях – только в газообразной фазе.