

Классификация природных газов.  
Термодинамические особенности поведения  
углеводородных систем в пластовых условиях

---

*ЛЕКЦИЯ 5*

Газы нефтяных и газовых месторождений – это горючие газы. Они состоят из углеводородов: метана  $\text{CH}_4$ , этана  $\text{C}_2\text{H}_6$ , пропана  $\text{C}_3\text{H}_8$ , бутана  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , пентана  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  и гептана  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ . Это – ближайшие гомологи метана. Кроме углеводородов встречаются азот  $\text{N}_2$ , углекислый газ  $\text{CO}_2$ , иногда сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ . Довольно часто, но в очень небольших количествах в природном газе имеются сопутствующие инертные газы: гелий  $\text{He}$ , аргон  $\text{Ar}$ , ксенон  $\text{Xe}$  и др.

Углеводородные газы, состоящие в основном из метана, называются сухими. При незначительном содержании тяжёлых углеводородов (пропан, бутан и т.д.) называются тощими, и газы со значительным содержанием тяжёлых УВ называются жирными.

Для газов нефтяных месторождений характерно наличие от 0,4 до 40-50% тяжелых углеводородов. Газы, растворённые в нефти, называются нефтяными. Обычно они содержат от 30 до 80 % УВ газов, а также азот, оксид и диоксид углерода, сероводород, гелий, аргон, водород ( $N_2$ , CO,  $CO_2$ ,  $H_2S$ , He, Ar,  $H_2$ ) и другие компоненты. Поэтому содержание метана может составлять в нефтяных газах всего 20-30 % от состава газовой смеси.

Состав углеводородной части газов тесно связан с составом нефти. Легкие метановые нефти содержат газы, состоящие на 20-30 % из тяжелых углеводородов. Тяжелые нефти наоборот, содержат преимущественно метан. Соотношение метана и его гомологов меняется в нефтяных газах и с увеличением возраста пород. Газы древних отложений в среднем более обогащены тяжелыми УВ и азотом, чем молодые.

**Гидратообразование.** Наличие в газе воды обуславливает при определенной температуре и давлении образование кристаллогидратов углеводородных газов.

Гидраты газов представляют собой кристаллические соединения. Это твердые растворы, где растворителем является вода. Гидраты имеют эмпирические формулы: для метана –  $\text{CH}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; этана –  $\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ; пропана –  $\text{C}_3\text{H}_8 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  и др. Для каждого углеводорода характерна максимальная температура (критическая температура гидратообразования), выше которой нельзя вызвать образование гидратов никаким повышением давления. Для метана она равна 21,5 С; этана – 14,5 С; пропана – 5,5 С; бутана – 1,4 С. Чем тяжелее углеводородный газ, тем легче он образует гидраты, но начиная с пентана углеводороды гидратов не образуют.

Гидратообразование происходит в пористой среде осадочного чехла с формированием гидратных залежей, а также в процессе эксплуатации и транспорта газа. Гидратообразование приурочено к районам распространения многолетних мерзлых пород, (п-ов Ямал и др.), где глубина промерзания горных пород достигает 500-700 м и более. Внешне газовые гидраты похожи на лёд или снег.

# Ресурсы и месторождения природного газа

Мировые извлекаемые запасы газа оцениваются в 113 трлн. м<sup>3</sup>. Разведанные запасы газа:

- Россия — ~ 38 % от мировых (1 место в мире).
- Ближний и Средний Восток - ~ одна треть общемировых его запасов приходится (преимущественно нефтяной): Иран (14,2% от мировых запасов — 2 место в мире), Абу Даби (4,6 %), Саудовская Аравия (4,5 % — 3 место в мире), Катар (4,1 %), Ирак (2,4 %) и Кувейт (1,2 %).
- Азиатско-Тихоокеанский регион: Индонезия (2,5%), Малайзия (1,5 %), Китай (1 %}, Индия и Австралия (в сумме 1,2 % от мировых).
- Африка (7,5 %): Алжир (3,2 %), Нигерия (2,2 %) и Ливия (0,7 %).
- Американский континент: 14,1 % от мировых запасов, в т.ч. США — 4,1 % (4 — 5 место), Венесуэла - 2,9 %, Канада - 2,7 % и Мексика - 2,1 %.
- Западная Европа: 5,4 % от мировых запасов, в т.ч. Норвегия — 2,3 %, Нидерланды — 1,7 % и Великобритания — 0,6 %.

Уникальных (с запасом более 1 трлн. м<sup>3</sup>) месторождений природного газа в мире насчитывается 11.  
Из них 7 находится в России.

| Уникальные месторождения | Страна     | Начальные запасы,<br>трлн м <sup>3</sup> |
|--------------------------|------------|--|
| Уренгойское              | Россия     | 4  |
| Ямбургское               | Россия     | 3,78                                     |
| Штокмановское            | Россия     | 3  |
| Медвежье                 | Россия     | 1,55                                     |
| Заполярное               | Россия     | 2,6                                      |
| Астраханское             | Россия     |  |
| Оренбургское             | Россия     | 1,78                                     |
| Манхандл — Хьюготон      | США        | 2  |
| Слохстерен               | Нидерланды | 1,65                                     |
| Пазенун                  | Иран       | 1,4                                      |

# КЛАССИФИКАЦИИ ГАЗОВ

Углеводородные газы принято подразделять (классифицировать) в зависимости от происхождения на следующие группы:

- 1) природные (сухие), состоящие преимущественно из метана, добываемые из чисто газовых месторождений;
- 2) нефтяные (жирные), состоящие из метана и его низкомолекулярных гомологов ( $C_1 - C_5$ ), добываемые попутно с нефтью;
- 3) газоконденсатные, добываемые из газоконденсатных месторождений;
- 4) искусственные, — получаемые при переработке нефти (нефтезаводские) и твердых топлив (коксовый, генераторный, доменный и др.);
- 5) каменноугольные газы, содержащиеся в углях.

# Состав газа, % об.

| Месторождение           | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | C <sub>5</sub> H <sub>12+B</sub> | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S | N <sub>2</sub> |
|-------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|------------------|----------------|
| <b>Газовое</b>          |                 |                               |                               |                                |                                  |                 |                  |                |
| Уренгойское             | 96,00           | 0,09                          | 0,01                          | 0                              | 0,01                             | 0,49            | -                | 3,40           |
| Медвежье                | 99,20           | 0,08                          | 0,01                          | 0,07                           | 0,02                             | 0,06            | -                | 0,57           |
| Ямбургское              | 95,20           | 0,04                          | 0,01                          | 0,00                           | 0,01                             | 0,30            | -                | 4,00           |
| Газлинское              | 92,70           | 3,20                          | 0,90                          | 0,47                           | 0,13                             | 0,10            | -                | 2,50           |
| <b>Газоконденсатное</b> |                 |                               |                               |                                |                                  |                 |                  |                |
| Астраханское            | 54,15           | 5,54                          | 1,68                          | 0,93                           | 1,57                             | 21,55           | 12,60            | 1,98           |
| Оренбургское            | 81,70           | 4,50                          | 1,80                          | 1,00                           | 3,55                             | 2,35            | 4,00             | 1,10           |
| Карачаганакское         | 75,31           | 5,45                          | 2,62                          | 1,37                           | 5,98                             | 4,79            | 3,69             | 0,79           |
| Шатлыкское              | 95,70           | 1,70                          | 0,23                          | 0,04                           | 0,02                             | 1,24            | -                | 1,40           |
| <b>Нефтяное</b>         |                 |                               |                               |                                |                                  |                 |                  |                |
| Туймазинское            | 41,00           | 21,00                         | 17,40                         | 6,80                           | 4,60                             | 0,10            | 2,00             | 7,10           |
| Ишимбайское             | 42,40           | 12,00                         | 20,50                         | 7,20                           | 3,10                             | 1,00            | 2,80             | 11,00          |
| Жирновское              | 82,00           | 6,00                          | 3,00                          | 3,50                           | 1,00                             | 5,00            | -                | 1,50           |
| Мухановское             | 30,10           | 20,20                         | 23,60                         | 10,60                          | 4,80                             | 1,50            | 2,40             | 6,80           |

Газы газовых, газоконденсатных и нефтегазовых месторождений представляют собой смесь предельных углеводородов.

Газ содержит также неуглеводородные компоненты: азот, диоксид углерода, сероводород, инертные газы - гелий, аргон и др.

**Нефтяной газ является важным источником углеводородного сырья.** До недавнего времени попутный газ в нашей стране в основном сжигался в факелах на промыслах и лишь частично использовался на местные нужды. Так, в 1991 г. при общеотраслевых ресурсах нефтяного газа в 45,1 млрд м<sup>3</sup> было добыто 35 млрд м<sup>3</sup> и более 10 млрд м<sup>3</sup> сожжено в факелах и только 7,4 млрд м<sup>3</sup> газа поставлено на переработку и компремирование.

В настоящее время нефтяной газ 1 – ой степени сепарации используется для выработки электроэнергии на промыслах, используется как топливо в технологических целях (печи подогрева нефти) или сдается на переработку на ГПЗ.

Газ 2 – ой степени сепарации, наиболее богатый тяжелыми углеводородами и поэтому являющийся ценным химическим сырьем, продолжает сжигаться на факелах.

**Газоконденсатные залежи** — это скопления в недрах газообразных углеводородов, из которых при снижении давления выделяется жидкая углеводородная фаза — конденсат (смесь углеводородов — пентана и более высоких гомологов метана). Т.е. продукцией г/к скважины является газ и конденсат.

**Нефтяная залежь: газ растворен в жидкости (нефти).**

**Г/к залежь: жидкость (углеводороды) растворены в сжатом газе.**

В газах этих месторождений содержатся **2—5** % и более жидких углеводородов.

Содержание конденсата в газе различных газоконденсатных залежей изменяется в широких пределах: от **5—10** см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> (Рудки, Пунгинское) до **300—500** см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> (Русский Хутор, Вуктыл) и даже **1000** см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> и более (Талалаевское).

Продукция газовой промышленности:

1. **Природные и нефтяные газы**
2. **Газообразные чистые углеводороды**
3. **Жидкие смеси углеводородов**
4. **Твердые продукты газопереработки**