

# Геология нефти и газа

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ
2. ГЕОХИМИЯ НЕФТИ И ГАЗА
3. ПРЕВРАЩЕНИЕ НЕФТЕЙ И УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В ПРИРОДЕ
4. ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА
5. НЕФТЕГАЗОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ
6. ПОИСКИ И РАЗВЕДКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
7. ОСНОВЫ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

# **ОБЩИЕ ВОПРОСЫ**

## **Единицы измерения нефти**

1 баррель ~ 0,136 тонны нефти

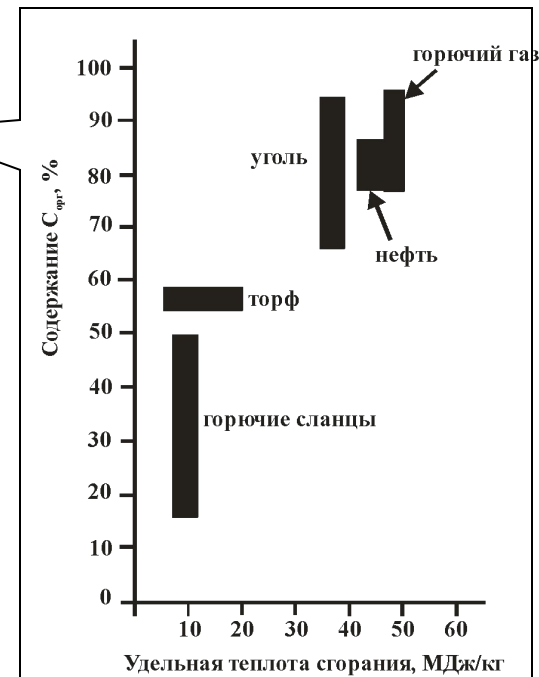
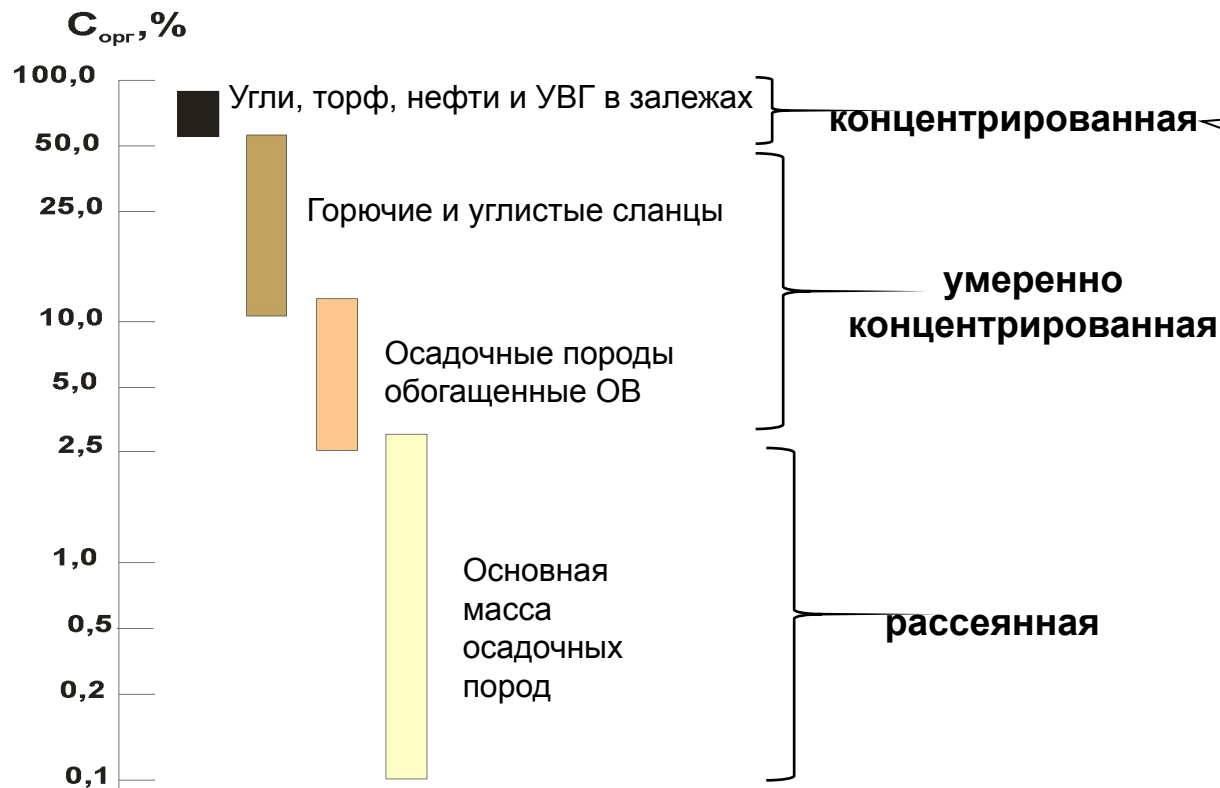
1 тонна ~ 7,35 барреля

# К горючим полезным ископаемым (*каустобиолитам*) отнесены вещества угольного и нефтяного ряда.

ископаемые угли, горючие сланцы, торф – породы, залегающие на месте их образования, и минералы (янтарь), отличающиеся высокой концентрацией ОВ.

нефть, ее производные (мальты, асфальты и др.) и газ т.е. вещества образование и условия залегания которых связаны с миграционными процессами.

## Формы проявления ископаемого органического вещества



- **Минерально-сырьевой комплекс (МСК)** - совокупность отраслей промышленности, осуществляющих добычу и переработку различных видов полезных ископаемых.
- **Энергетические ресурсы (ЭР)** – все доступные для промышленности и бытового использования источники разнообразных видов энергии: механической, тепловой, химической, электрической, ядерной.
- **Энергетический баланс (ЭБ)** -, баланс добычи, переработки, транспортировки, преобразования, распределения и потребления энергетических ресурсов и энергии от источника их получения до использования энергии потребителем; выражает количественное соответствие между расходом и приходом энергии, включая изменение запасов энергетических ресурсов.
- **Топливо-энергетический комплекс (ТЭК)** – совокупность отраслей промышленности, осуществляющих добычу и переработку различных видов первичных топливных и энергетических ресурсов, а также преобразующих эти первичные энергоресурсы в тепловую и электрическую энергию или в моторное топливо.
- **Топливо-энергетический баланс (ТЭБ)** - система показателей, отражающих соответствие между приходом и расходом топливо-энергетических ресурсов, источники их поступления и направления использования .

# Энергетические ресурсы

**Невозобновляемые ископаемые  
горючие и радиоактивные  
источники энергии**

**Традиционные  
виды  
энергетического  
сырья:**

*Нефть*

*Горючий газ*

*Уголь*

*Горючие сланцы*

*Уран*

**Нетрадиционные виды  
энергетического сырья:**

**1) Реальные к освоению:**

- нефть и газ из коллекторов с низкой проницаемостью;
- тяжелые высоковязкие нефти;
- природные битумы;
- сланцевые нефть и газ;
- газы угольных месторождений и бассейнов.

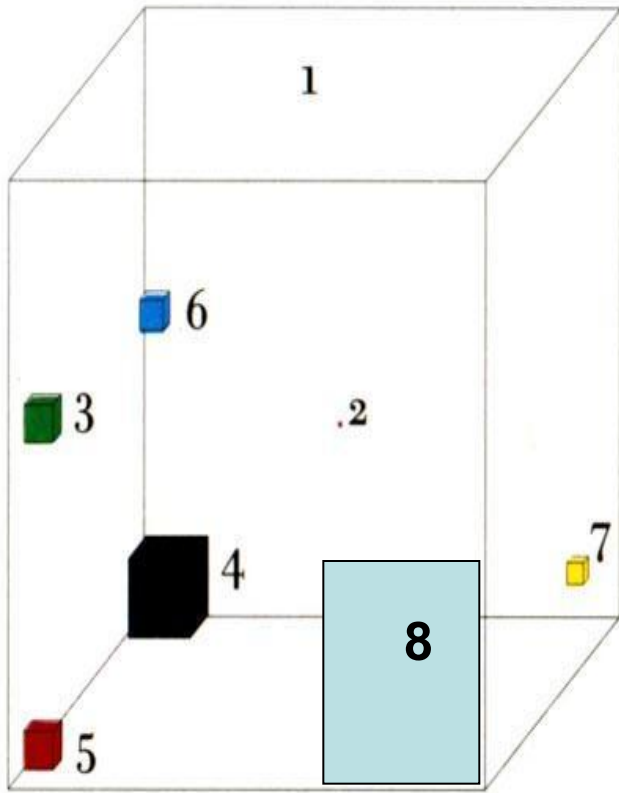
**2) Проблематичные для  
освоения:**

- водорастворенные газы;
- горючие газы в рудниках и глубинных частях литосферы.

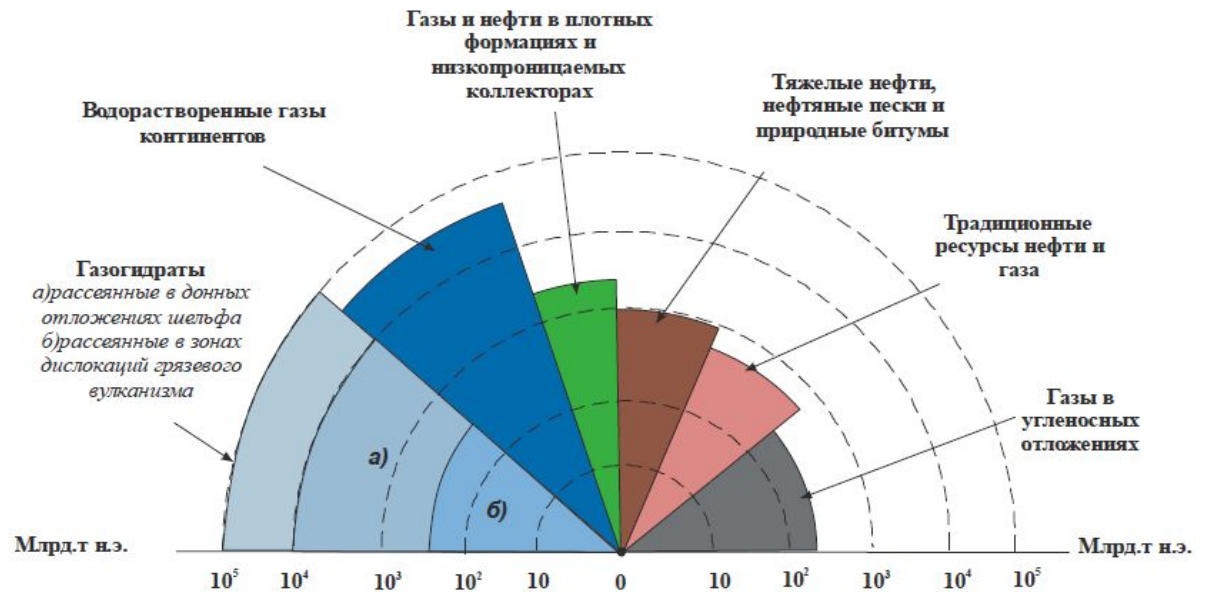
**Газогидраты**

**Возобновляемые  
(альтернативные)  
источники энергии:**

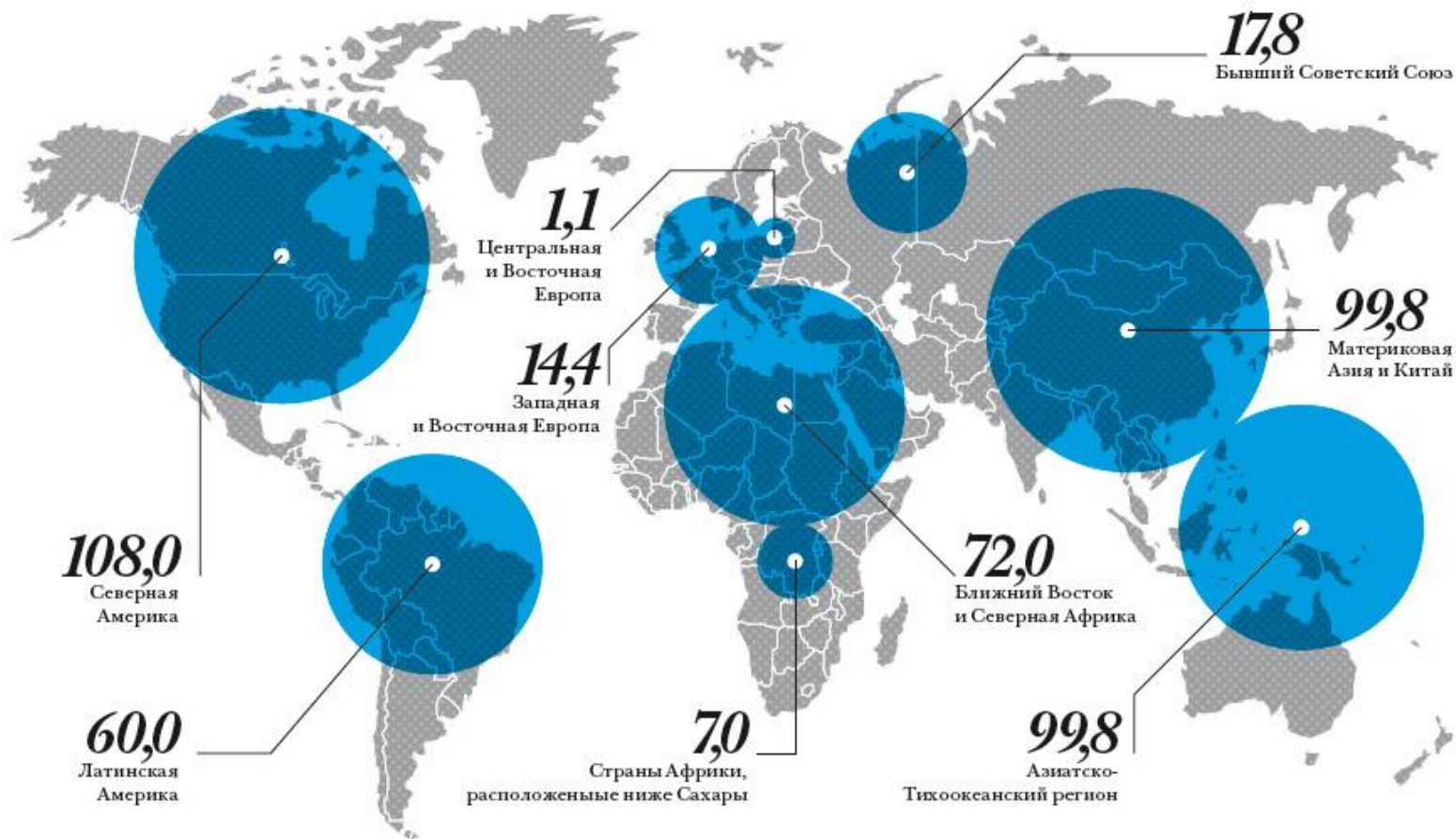
- геотермальная энергия внутреннего тепла Земли,
- тепло вулканических районов;
- гидроэнергетика рек и океанических (морских) приливов;
- ветровая энергия;
- солнечная энергия;
- Биоэнергетика (древесина, торф, биогаз, биоконверсия сельхозпродуктов, утилизация отходов городских агломераций и пр.)



1. Количество солнечной энергии, падающей на Землю в год.
2. Современное использование солнечной энергии.
3. Запасы природного газа.
4. Запасы угля.
5. Нефтяные запасы.
6. Запасы урана.
7. Мировое потребление энергии за год.
8. Запасы нетрадиционного углеводородного сырья



# Запасы сланцевого газа в мире



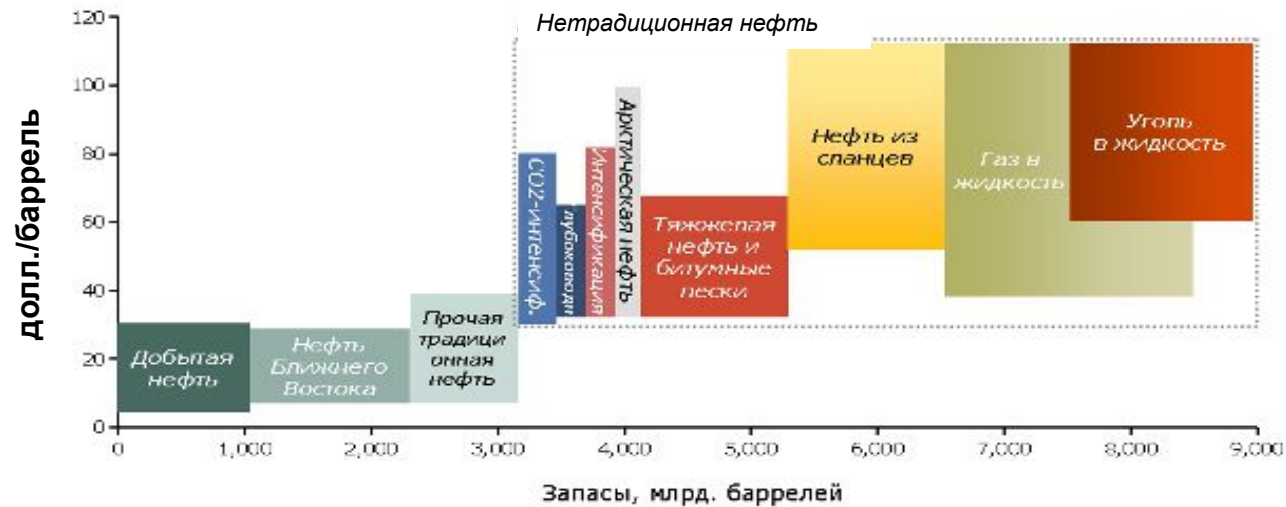
Запасы сланцевого газа - 480 трлн. м<sup>3</sup>

Запасы природного традиционного газа – 187,3 трлн. м<sup>3</sup>

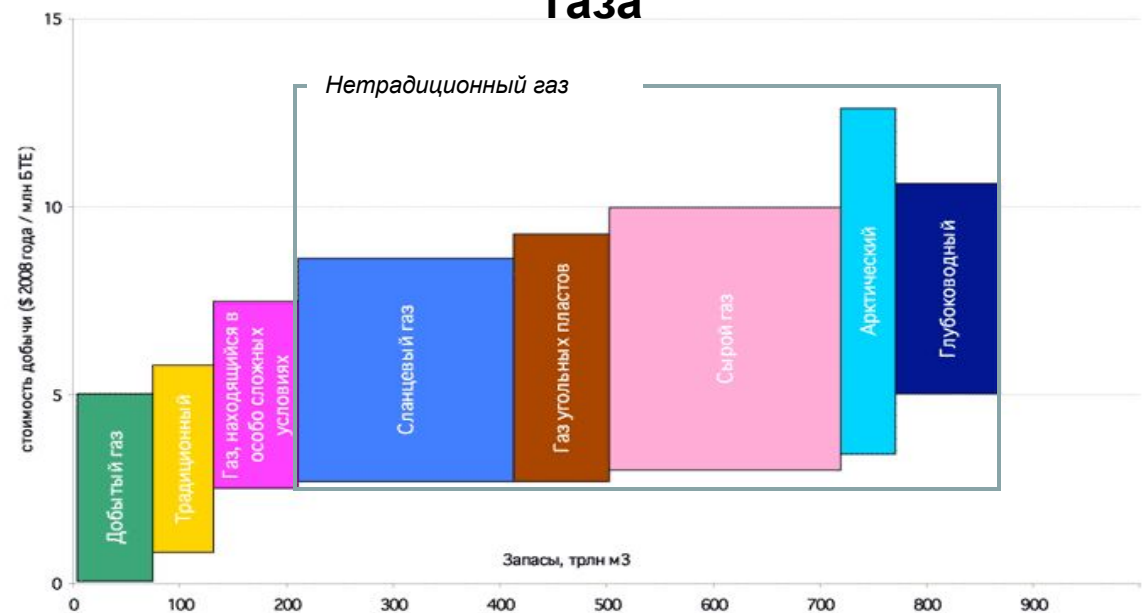


# Стоимость и запасы

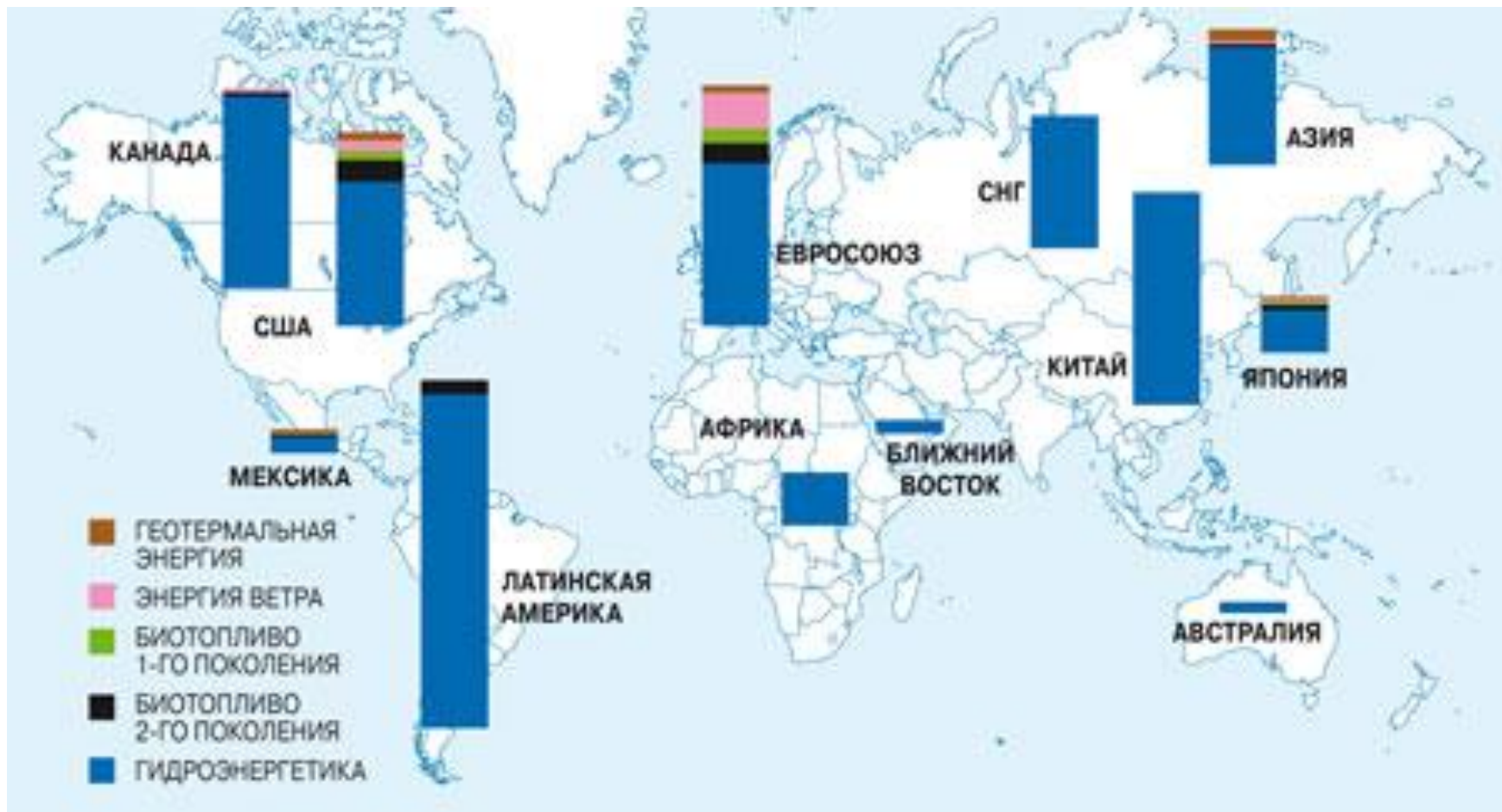
## нефти



## газа



# Выработка электроэнергии из возобновляемых источников в различных регионах земного шара



## Использование возобновляемых источников энергии, % от объема производства в стране:

Дания - 29 (ветровая энергия, биомасса)

Исландия – 20% (геотермальная),

Португалия и Филиппины – 17-18 (преимущественно ветровая),

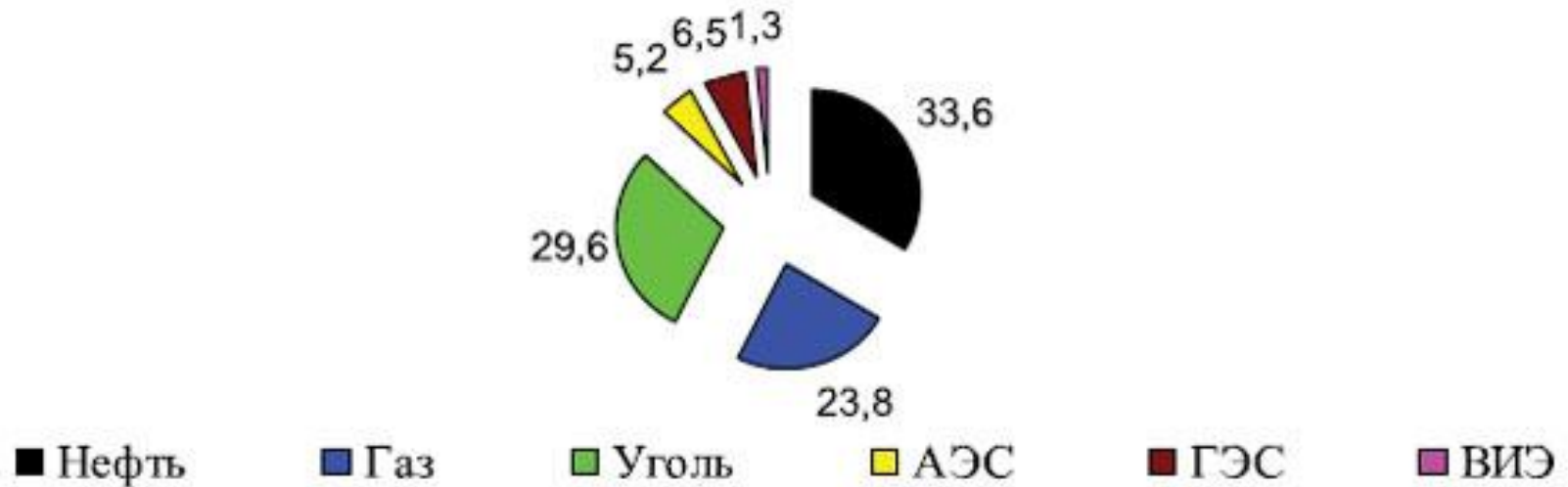
Германия, Испания и Финляндия– 12 (преимущественно ветровая),

Австралия и Нидерланды – 10-11 (солнечная, ветровая),



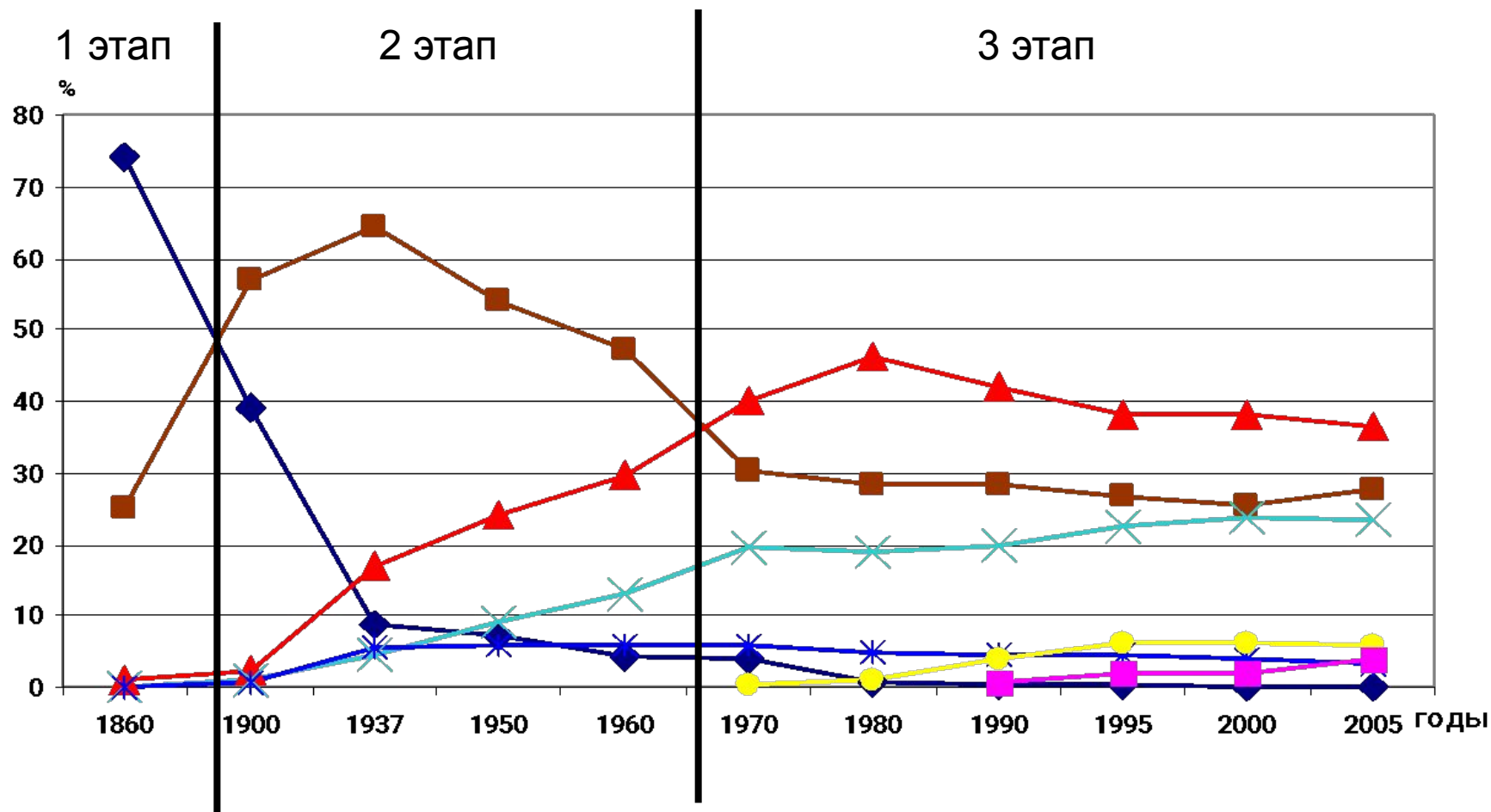
**В среднем по миру, доля в производстве первичной энергии возобновляемых источников составляет 10-12%, в России - ~1%.**

# Структура мирового энергобаланса по традиционным видам топлива (2012 г.)



Источник: рассчитано по BP Statistical Review of World Energy, June 2013.

# Динамика структуры мирового энергетического баланса

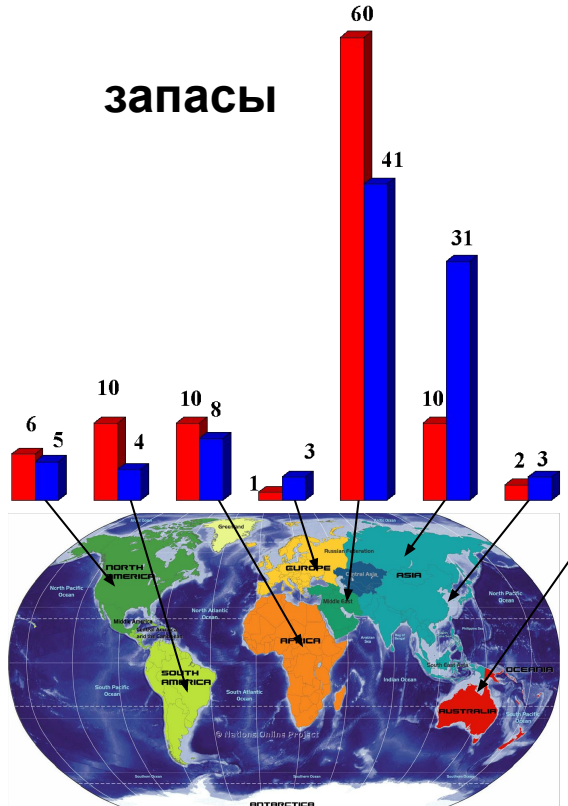


◆ Дровяное топливо и суррогаты  
▲ Нефть  
\* Гидроэнергетика  
■ Прочие

■ Уголь  
× Природный газ  
● Ядерная энергетика

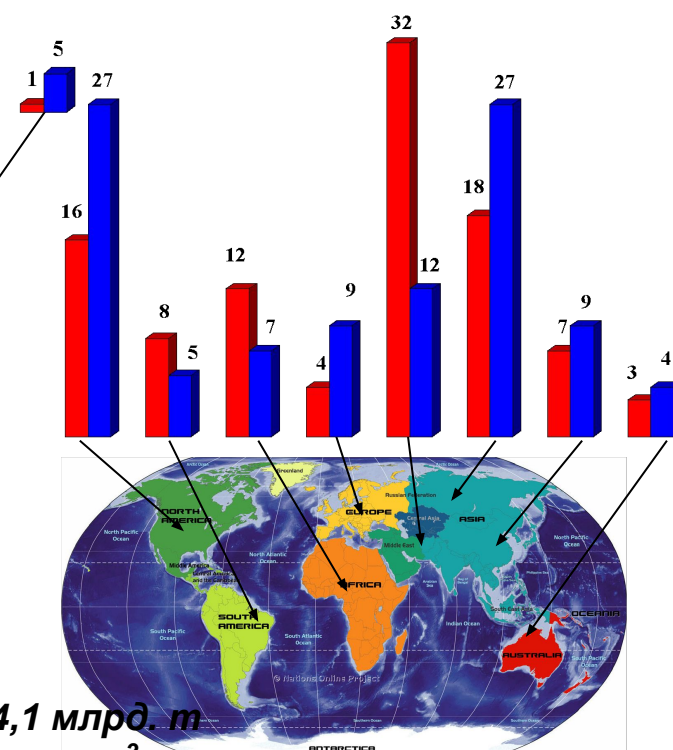
# Мировое распределение запасов, добычи и потребления нефти и газа (%)

запасы



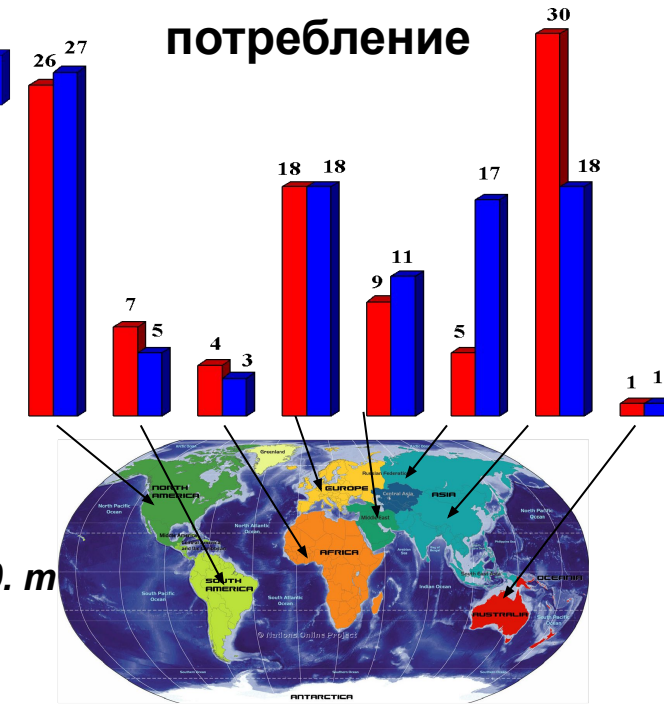
нефть - 235,8 млрд. т  
газ - 187,3 трлн. м<sup>3</sup>

добыча



нефть - ~4,1 млрд. т  
газ - 3,4 трлн. м<sup>3</sup>

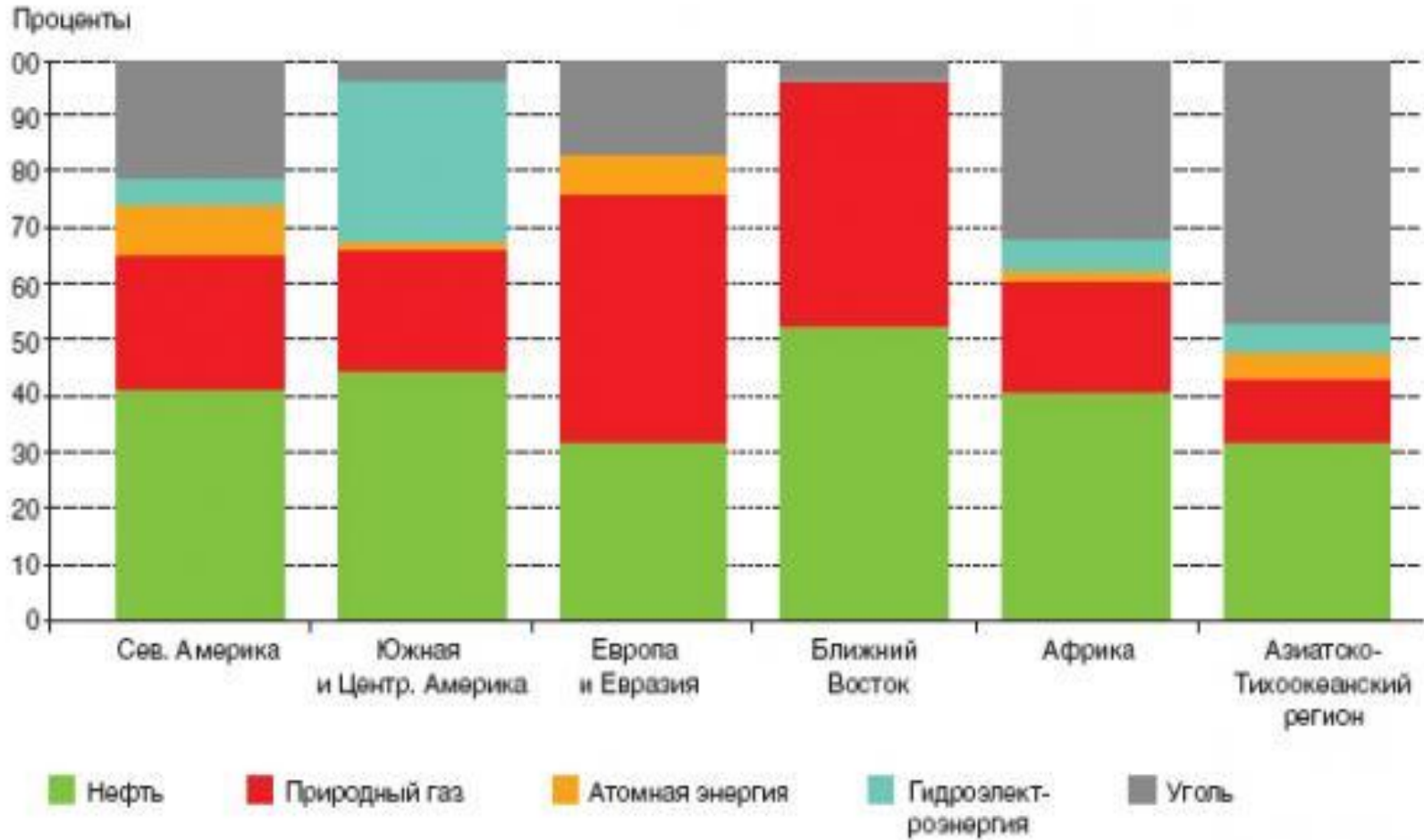
потребление



нефть - ~4,1 млрд. т  
газ - 3,3 трлн. м<sup>3</sup>

 нефть  
 газ

# Структура регионального энергопотребления по видам топлива



# СТРАНЫ, ОБЛАДАЮЩИЕ САМЫМИ КРУПНЫМИ ЗАПАСАМИ НЕФТИ и ГАЗА (2012г)

## нефть

| Страны            | Доля в мировых запасах нефти, % | Доля в мировой добыче нефти странами-экспортерами, % |
|-------------------|---------------------------------|--|
| Венесуэла         | 17,8                            | 3.4  |
| Саудовская Аравия | 15,9                            | 13.3   |
| Канада            | 10.4                            | 4,4  |
| Иран              | 9.4                             | 4,2  |
| Ирак              | 9.0                             | 3.7  |
| Кувейт            | 6.1                             | 3.7  |
| ОАЭ               | 5,9                             | 3.7  |
| <b>Россия</b>     | <b>5,2</b>                      | <b>12.8</b>  |
| Ливия             | 2,9                             | 1,7  |
| Нигерия           | 2.2                             | 2.8  |

## газ

| Страны            | Доля в мировых запасах газа, % | Доля в мировой добыче газа странами-экспортерами, % |
|-------------------|--------------------------------|---|
| Иран              | 18                             | 4,8   |
| <b>Россия</b>     | <b>17,6</b>                    | <b>17,6</b>   |
| Катар             | 13,4                           | 4,7   |
| Туркменистан      | 9,3                            | 1,9   |
| США               | 4,5                            | 20,4  |
| Саудовская Аравия | 4,4                            | 3,0   |
| ОАЭ               | 3,3                            | 1.5   |
| Венесуэла         | 3,0                            | 1,0   |
| Нигерия           | 2.8                            | 1.3   |
| Алжир             | 2,4                            | 2,4   |



# ОПЕК: история и функции



**ОПЕК, Организация стран-экспортеров нефти (OPEC, The Organization of the Petroleum Exporting Countries)** – международный картель, объединяющий большинство ведущих стран-экспортеров нефти

## Основные функции



Регулирование объемов добычи нефти путем установления квот для участников



Регулирование мировых цен на нефть за счет изменения объемов собственного экспорта

- ОПЕК создана на конференции в Багдаде в 1960 году пятью нефтяными державами
- В настоящее время в ОПЕК входят **12 государств**
- Они контролируют более **2/3 мировых запасов нефти**
- На их долю приходится **до 35-40%** от мировой добычи нефти и **55% ее экспорта**
- Штаб-квартира ОПЕК находится в **Вене (Австрия)**



«Корзина ОПЕК» – набор сортов нефти, поставляемых на рынок членами ОПЕК

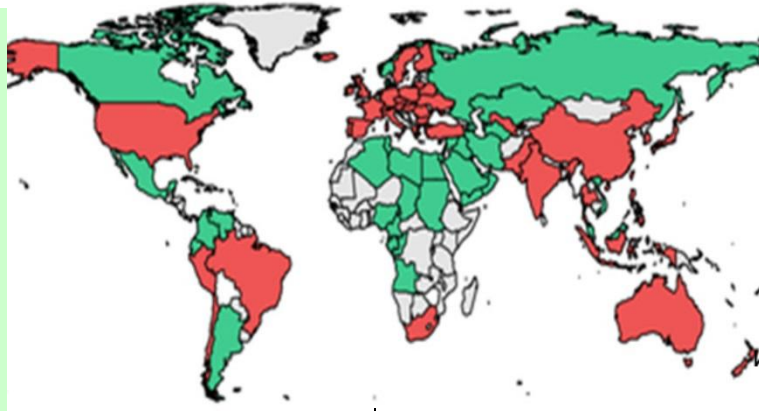
Цена «корзины» – это средневзвешенная цена этих сортов (за баррель)



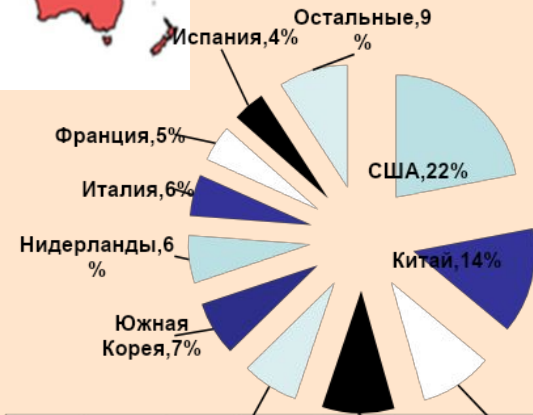
Источник: ОПЕК

# Экспорт, импорт нефти

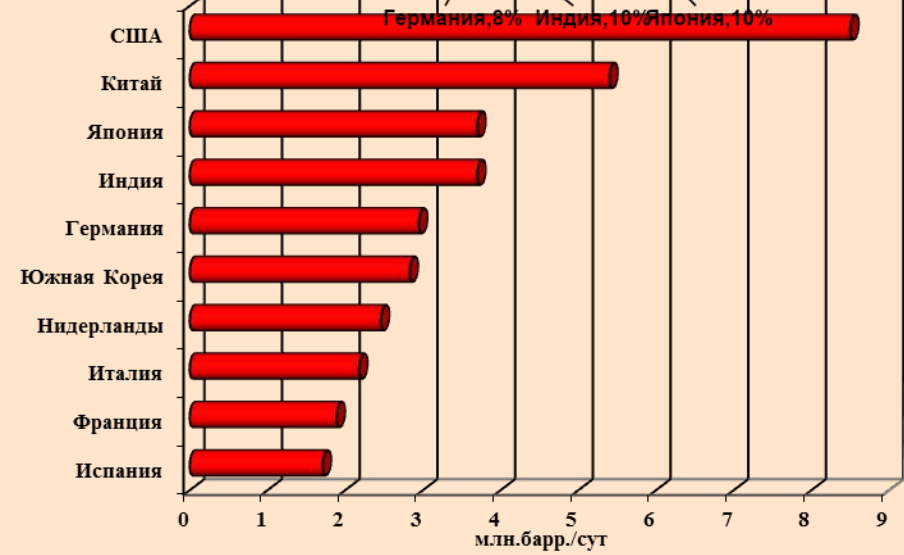
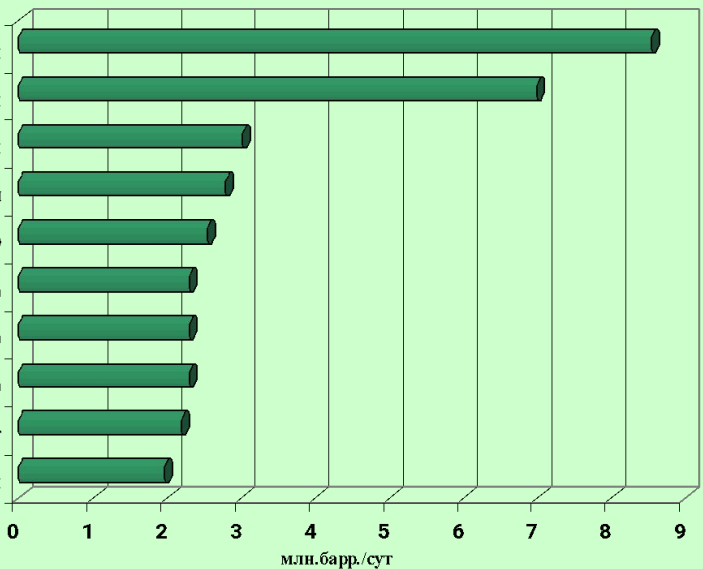
Страны- экспортеры нефти



Страны- импортеры нефти

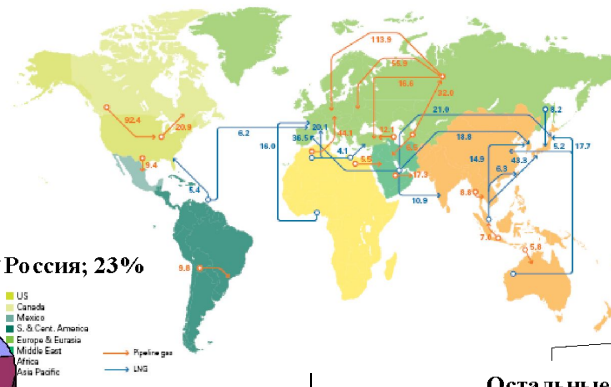
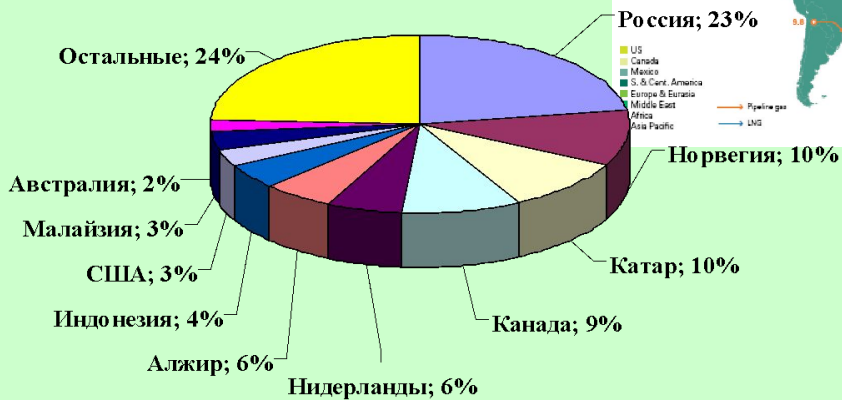


Саудовская Аравия  
Россия  
Норвегия  
Иран  
ОАЭ  
Венесуэла  
Канада  
Мексика  
Кувейт  
Великобритания

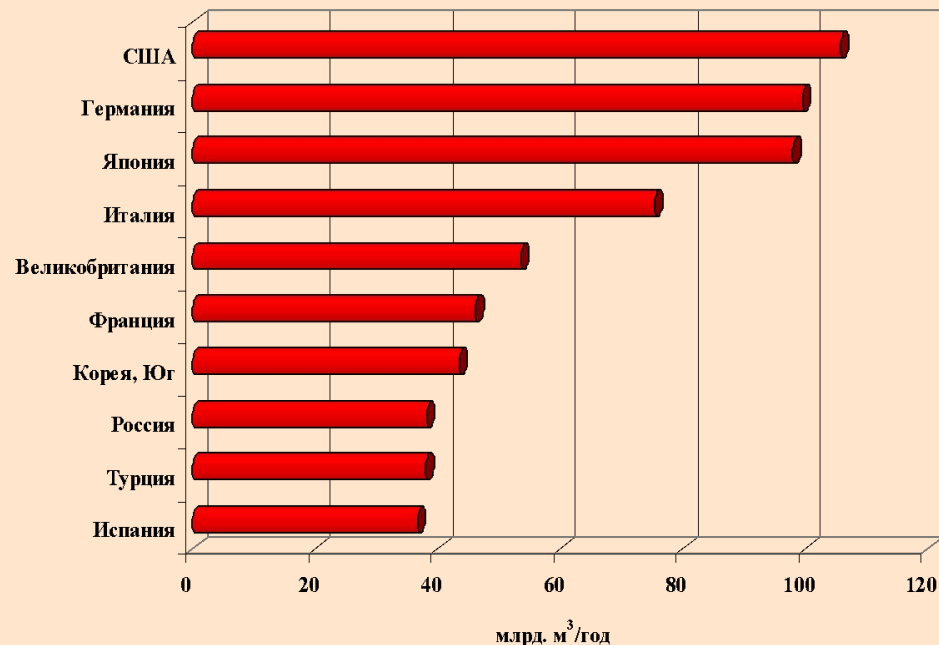
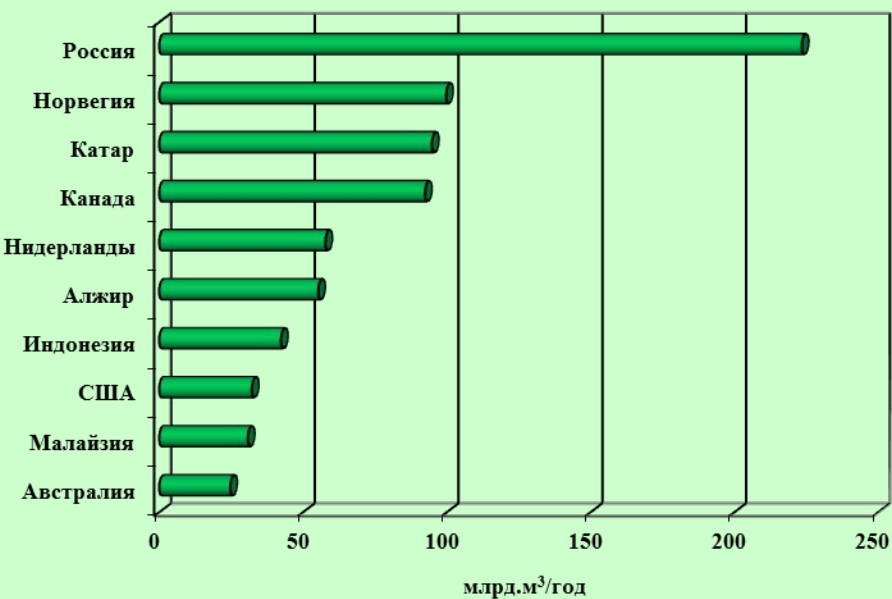
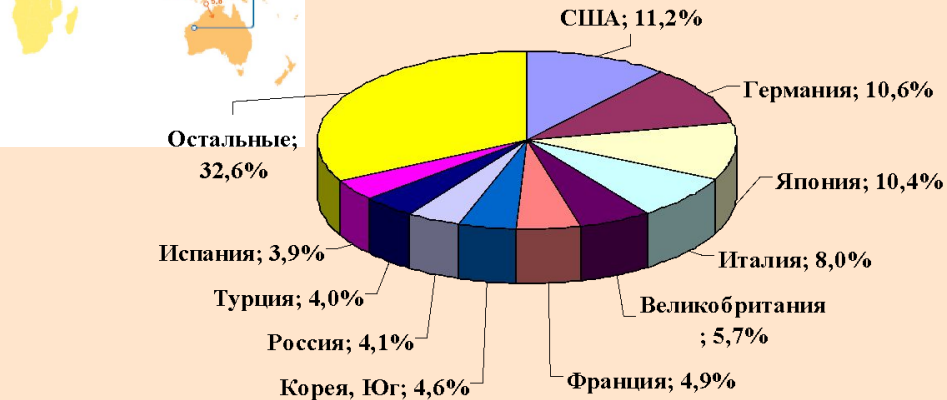


# Экспорт, импорт природного газа

## Страны- экспортеры газа



## Страны- импортеры газа

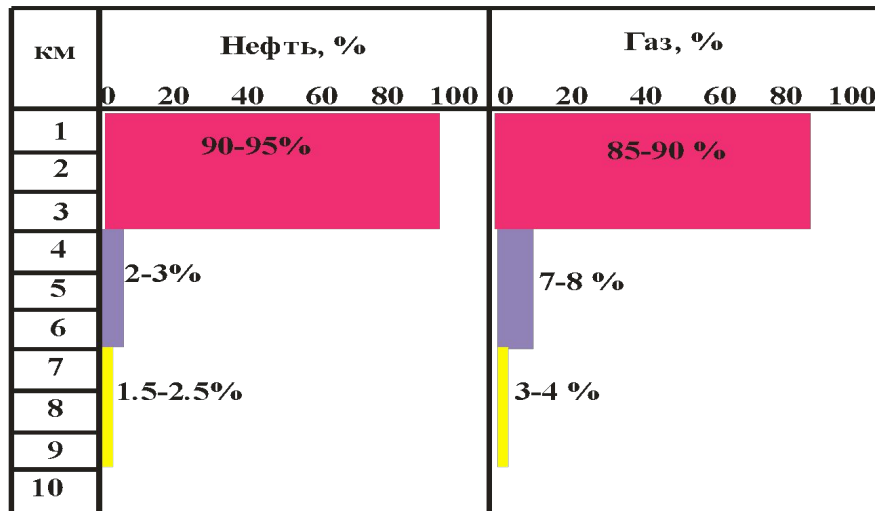


# Возрастное распределение мировых ресурсов нефти и газа

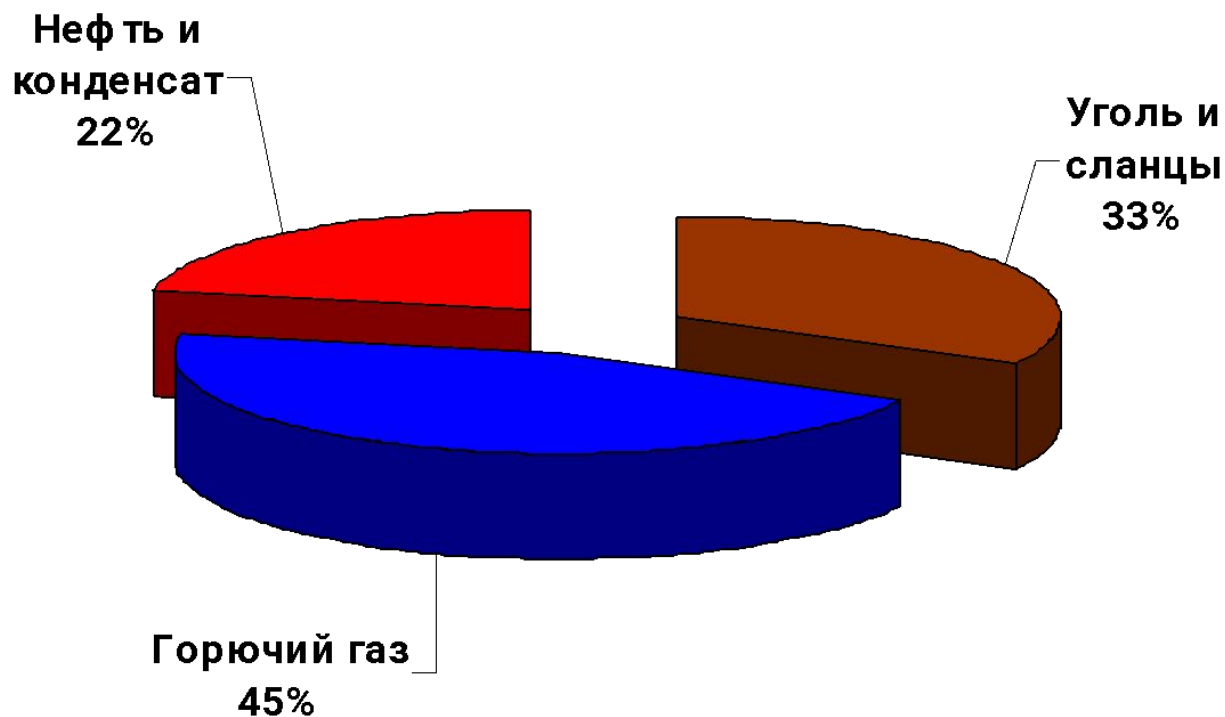
## по возрасту

|                 | Нефть, % | примеры  | Газ, % | примеры   |
|-----------------|----------|--|--------|---|
| <b>Кайнозой</b> | 25       | Персидский залив, Маракайбский бассейн                     | 11     | Мексиканский залив                                    |
| <b>Мезозой</b>  | 55       | Западная Сибирь, Мексиканский залив, Северное море, Аляска | 65.5   | Мексиканский залив, Западная Сибирь, Алжиро-Ливийский |
| <b>Палеозой</b> | 20       | Волго-Уральский, бассейны Северной Америки, Африки         | 23.5   | Западно-Канадский, Центрально-Европейский             |

## по глубине



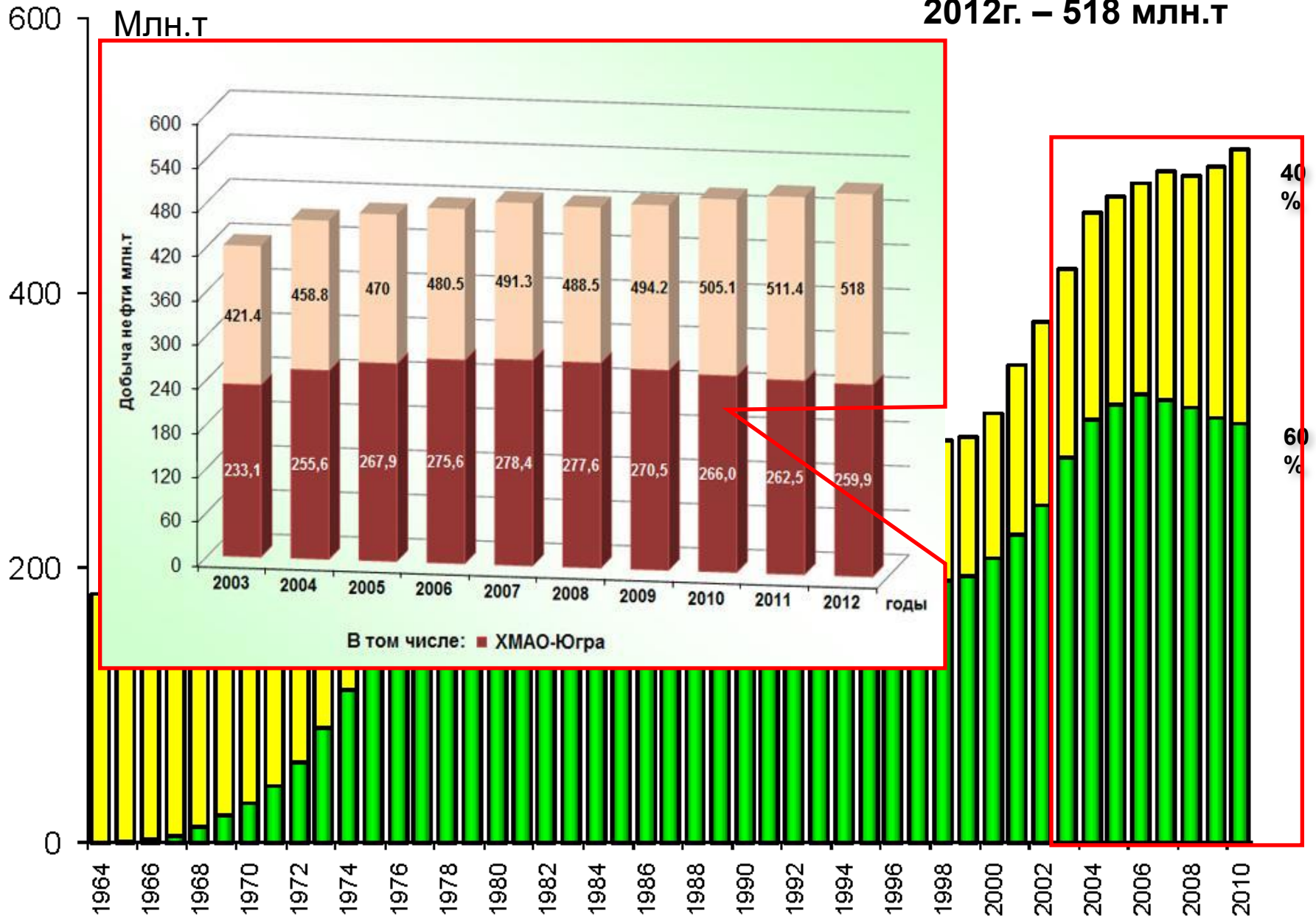
# Долевое участие отдельных видов горючих полезных ископаемых в запасах России







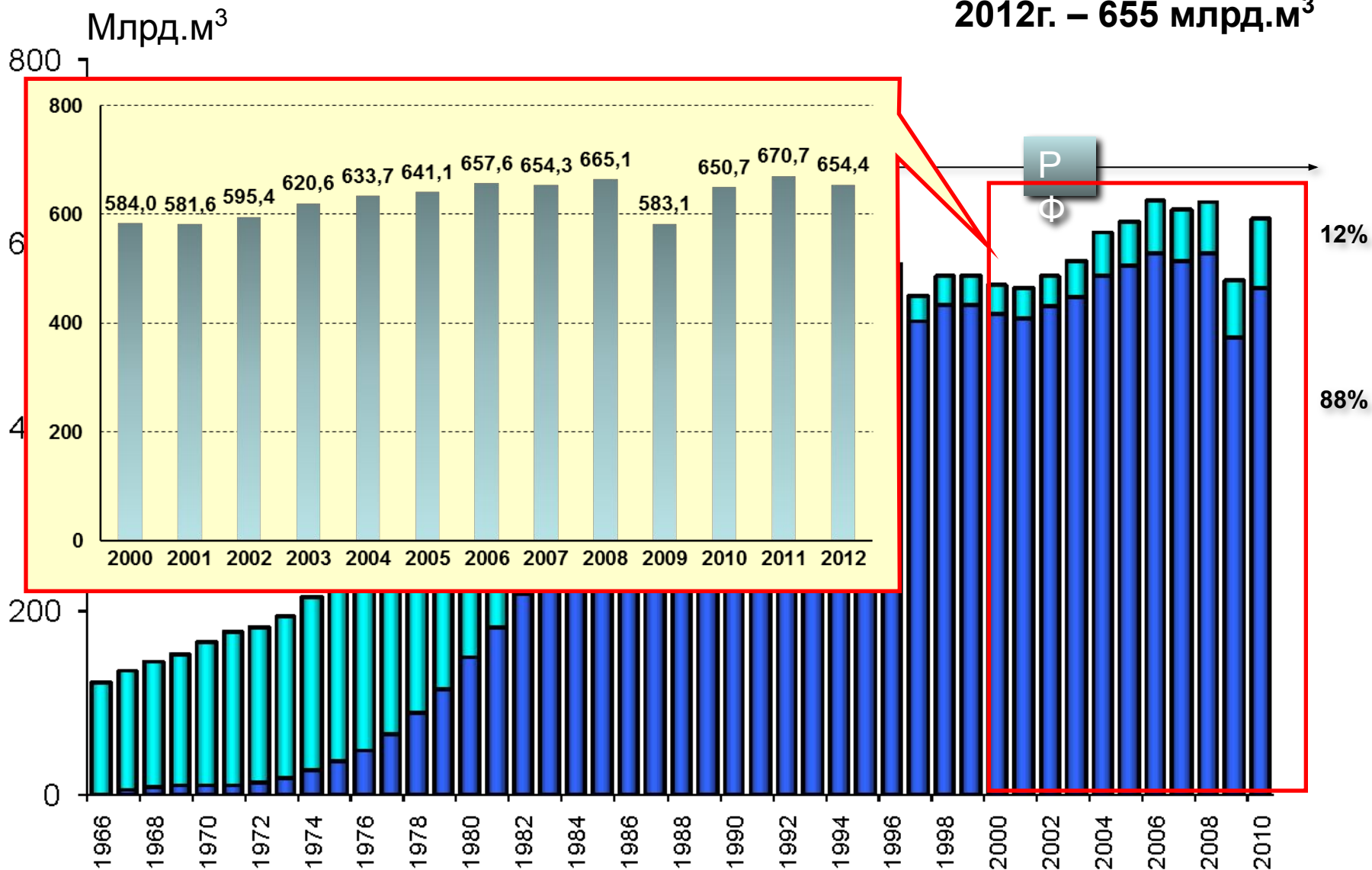
# Добыча нефти и конденсата в Российской Федерации





# Добыча свободного газа в Российской Федерации

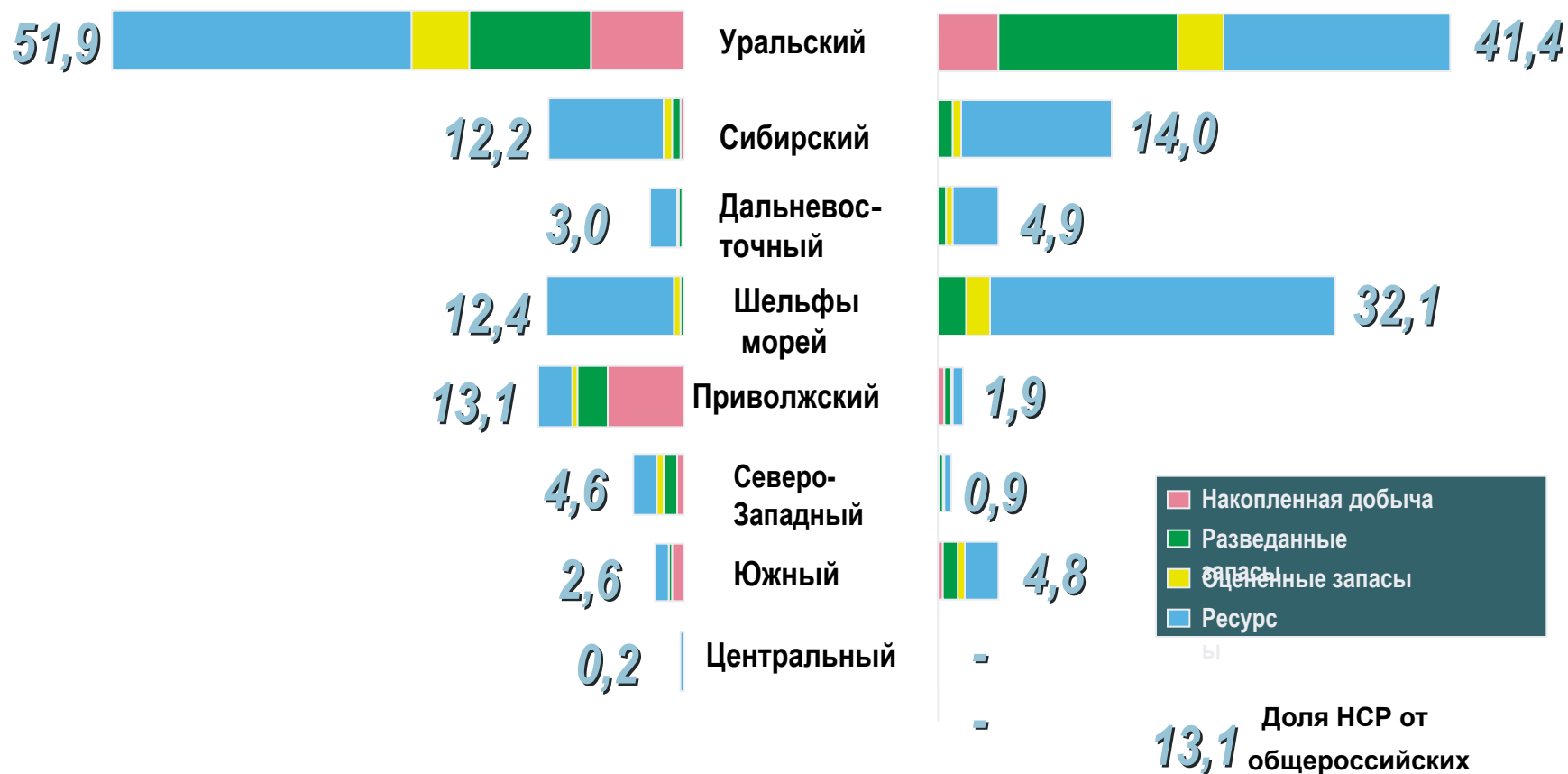
2012г. – 655 млрд.м<sup>3</sup>



# Структура начальных суммарных ресурсов углеводородов по федеральным округам

## НЕФТЬ

## ГАЗ



## Добыча нефти и газового конденсата крупнейшими нефтяными компаниями России, млн. тонн

| Компания       | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Роснефть       | 106,1 | 108,9 | 115,8 | 118,7 | 122,0 |
| Лукойл         | 95,2  | 97,6  | 95,9  | 96,0  | 84,6  |
| ТНК-ВР         | 68,8  | 70,2  | 71,7  | 71,3  | 72,9  |
| Сургутнефтегаз | 61,7  | 59,6  | 59,5  | 60,8  | 61,4  |
| Газпромнефть   | 30,7  | 29,9  | 29,8  | 35,3  | 31,6  |

# **ГЕОХИМИЯ НЕФТИ И ГАЗА**

# Элементный состав нефтей

**В химическом отношении нефть** - сложная смесь углеводородных и смолисто-асфальтеновых, преимущественно, сера-, кислород- и азотсодержащих соединений - сложный природный углеводородного раствор

-растворитель - легкие УВ

• -растворенные вещества: тяжелые УВ, смолы, асфальтены

В состав нефти входят:

- Углерод – 82-86%
- Водород – 12-14%
- Кислород – до 2%
- Сера – сотые доли до 6%, максимум 10%
- Азот - сотые доли до 1.5%, максимум 2%
- Фосфор – следы, десятые доли %.
- Микроэлементы (ванадий, никель, железо, цинк и др.) -  $10^{-2}$  –  $10^{-7}$ %.

Из нефтей выделено и определено более **800 индивидуальных углеводородных и не углеводородных соединений** и порядка **60 микроэлементов**.

# Групповой состав нефти

1. **Метановая группа** (алканы, парафины)  $C_n H_{2n+2}$  - 15- 50 % (30%)
2. **Нафтеновая группа** (циклопарафины, цикланы) -  $C_n H_{2n}$  – 30-60% (49%)
3. **Ароматические (бензольные) углеводороды** (арены) -  $C_n H_{2n-6}$  - 3-30% (15%)
4. **Гетеросоединения (смолисто-асфальтеновые вещества)** - это соединения в нефти, которые наряду с углеводородными радикалами содержат кислород, азот и серу (нафтеновые и жирные кислоты, фенолы, эфиры, тиофан, пиридин) – остаток (6%)

**Смолы** – растворимые в УВ нефтей высокомолекулярные гетероатомные бесструктурные вещества. Характеризуются наиболее высоким среди компонентов нефти содержанием кислорода.

В смолах сконцентрированы все, присутствующие в нефтях металлы.

**Асфальтены** – нерастворимые в алканах, относительно сформированные гетероатомные компоненты нефти, в которых сосредоточена основная доля сернистых соединений.

# Фракционный состав

**Фракционный состав**– это выделение фракций по температуре выкипания.

В процессе перегонки нефть разделяется на следующие фракции:

- бензиновая –до  $180^{\circ}\text{C}$  (объемная доля 27%),
- керосиновая - от  $140^{\circ}\text{C}$  до  $220^{\circ}\text{C}$  (13%),
- дизельная - от  $180^{\circ}\text{C}$  до  $360^{\circ}\text{C}$  (12%),
- тяжелый газойль и смазочные масла от  $360^{\circ}\text{C}$  до  $500^{\circ}\text{C}$  (10-20%),
- остаток (содержит смолы и асфальтены) - более  $500^{\circ}\text{C}$  (15-35%),.

Последнее время фракции, выкипающие:

- до  $200^{\circ}\text{C}$ , называют легкими, или бензиновыми,
- от 200 до  $300^{\circ}\text{C}$  - средними, или керосиновыми,
- выше  $300^{\circ}\text{C}$  - тяжелыми, или масляными.

# Основные типы нефтей

## По содержанию углеводородных компонентов

- **Метановые** – во всех фракциях содержится значительное количество алканов (в бензиновых более 50%, в масляных – 30%).
- **Метано-нафтеновые** – содержат примерно равные количества алканов и цикланов, но аренов не более 10%.
- **Нафтеновые** – во всех фракциях циклановых УВ 60% и более.
- **Нафтеново-метаново-ароматические** – алканы, цикланы и арены присутствуют примерно в равных количествах, кроме того до 10% смол и асфальтенов.
- **Нафтеново-ароматические** – характеризуются преобладанием нафтенов и аренов над алканами, доля смол и асфальтенов возрастает до 20%.
- **Ароматические** – отличаются повышенным содержанием аренов во всех фракциях, это тяжелые нефти, они редко встречаются в природе.

## По содержанию неуглеводородных компонентов

Содержание серы:

- малосернистая - до 0,5%
- сернистая - от 0,5 до 2,0%
- высокосернистая - более 2,0%



# Физические и физико-химические свойства нефтей

**Нефть, в физическом отношении** - сложно организованная коллоидно-дисперсная система.

1. Плотность.
2. Вязкость.
3. Температура кристаллизации, застывания и вспышки.
4. Растворимость.
5. Оптические и электрические свойства.
6. Металлоносность.

# Плотность

**Различают плотности:**

- абсолютную
- относительную.

**Абсолютная плотность** – масса вещества в единице объема ( $\text{г/см}^3$ ).

Большинство нефтей легче воды.

Абсолютная плотность природной нефти изменяется от 0,8 до  $1,05 \text{ г/см}^3$  .

По абсолютной плотности нефти подразделяются:

- легкие –  $0,8-0,87 \text{ г/см}^3$
- средние –  $0,871-0,901 \text{ г/см}^3$
- тяжелые – более  $0,901 \text{ г/см}^3$

**Относительная** – показывает отношение массы нефти к массе воды при температурах  $-4^\circ\text{C}$  для воды и  $20^\circ\text{C}$  для нефти.

Относительная плотность природной нефти, как правило, изменяется от 0,82 - 0,90.

**Плотность нефти зависит от:**

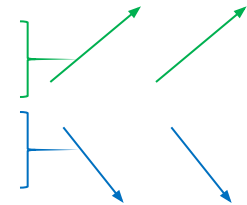
- состава УВ (наибольшую плотность имеют арены, наименьшую – алканы),
- содержания в ней смол и асфальтенов.

# Вязкость

**Вязкость** – свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению ее частиц при движении (мПа·с). Вязкость определяет подвижность нефти и значительно влияет на продуктивность работы скважины и эффективность выработки.

Вязкость нефтей колеблется в широких пределах в зависимости от:

- содержания смолисто-асфальтеновых компонентов,
- пластового давления,
- температуры,
- растворенного в нефти газа.



Наиболее распространенные значения вязкости пластовой нефти -

**0,8 – 50 мПа·с.**

По вязкости нефть классифицируют:

- незначительно вязкая – менее 5 мПа·с
- маловязкая – 5 –10 мПа·с
- с повышенной вязкостью – 10-30 мПа·с
- высоковязкая – более 30 мПа·с

# Температура

Температура **начала** кипения нефти - выше  $28^{\circ}\text{C}$

Температура застывания – температура, при которой охлаждаемая в пробирке нефть, не изменяет уровня при наклоне пробирки на  $45^{\circ}$ . Изменяется в пределах **+23 — - 60 $^{\circ}$** . Зависит от содержания парафинов и смол:

- с увеличением парафинов - увеличивается,
- с увеличением смол - снижается.

Температура кристаллизации – температура при которой в растворе образуются центры, разрастающиеся за счет материала из окружающей среды. На кристаллизацию нефти влияют – состав нефти, температура раствора, теплота плавления компонентов и т.д.

Температура вспышки – минимальная температура, при которой пары нефти и нефтепродукты образуют с воздухом смесь, способную к кратковременному образованию пламени при внесении в нее внешнего источника воспламенения. Колеблется от **35** до **120 $^{\circ}\text{C}$**  и зависит от фракционного состава и давления насыщенных паров.

# Оптические, электрические и магнитные свойства нефти. Металлоносность нефтей

## Оптические свойства нефти.

Нефть и нефтепродукты оптически активны. Нефть обладает свойством вращать плоскость поляризации света, люминесцировать, преломлять проходящие световые лучи.

## Электрические свойства нефти.

Нефть является диэлектриком. Сопротивление нефти составляет  $10^{10} - 10^{14}$  Ом\*м.

## Магнитные свойства нефти

Нефть диамагнетик, имеет отрицательную намагниченность.

## Металлоносность нефтей

В природных нефтях и битумах выявлено около 60 микроэлементов. Среди них - В, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, **Ni**, Mo, **V**, Se, Sn, Zn.

Ванадий и никель, благодаря высоким содержаниям, были в числе первых металлов, обнаруженных в нефтях. Несмотря на то, что содержание редких металлов в нефтях и природных битумах часто ниже кондиционных содержаний, принятых для рудного сырья, огромные объемы потребления нефти по всему миру делают этот вид минерального сырья потенциальным источником редких металлов, заслуживающим внимания.

# Продукты изменения нефтей - вязкие и твердые природные битумы

**С генетической точки зрения нефть** – обособившееся самостоятельное скопление, подвижные жидкие продукты преобразования рассеянного органического вещества в зоне катагенеза.

В процессе метаморфизма нефть окисляется и теряет свою легкую часть, становится более плотной и вязкой, в результате образуются минеральные вещества, которые являются продуктами изменения непосредственно нефти или дальнейшего изменения ее производных, состоящих в основном из углерода и водорода получившие название **природных битумов**.

**Нафтиды** (каустобиолиты нефтяного ряда) объединяют все разновидности нефтей и продукты их преобразования в природных условиях.

*мальта – асфальт – асфальтит – кериты - антраксолиты*

—————→  
степень метаморфизма нефти

- на буроугольной стадии – мальты – асфальты – асфальтиты;
- каменноугольной стадии – кериты
- антрацитовой – антраксолиты.

# Состав и свойства газов

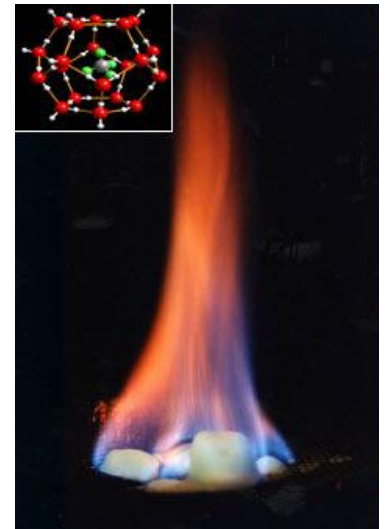
**Природный газ** – это многокомпонентная смесь природных УВ и неуглеводородных соединений.

## По физическому состоянию и форме нахождения

Природные горючие газы: -

- находятся в виде *свободной фазы* в самостоятельных залежах в чисто газовых и угольных месторождениях и образуют газовую шапку над нефтяной залежью,
- могут быть *сорбированы* в межмолекулярном пространстве,
- содержатся *в растворенном состоянии* в нефти (попутные газы) или воде,
- а также могут быть в *газогидратном состоянии*.

**Газогидраты** – критические соединения, в которых кристаллическая решетка льда расширена и содержит полости, заполненные молекулами газа. Эти твердые вещества по внешнему виду похожи на мокрый снег.



# Физические свойства углеводородных газов

**Плотность** УВ газов в стандартных условиях (температура 0<sup>0</sup>С и давление – 0,1 мПа):

метана – 0,554 г/ см<sup>3</sup>,

этана – 1,05 г/ см<sup>3</sup>,

пропана – 1,55 г/ см<sup>3</sup>.

Плотность газа зависит от его химического состава, молекулярной массы, давления и температуры. Она уменьшается с ростом температуры и растет с повышением давления и молекулярной массы.

---

**Вязкость** – по сравнению с нефтью мала и составляет около 0,0001 – 0,01 мПа\*с

Вязкость газа растет с уменьшением молекулярной массы и увеличением температуры и давления.

Углеводородные газы при одинаковых условиях имеют меньшую вязкость, чем неуглеводородные.

Низкая вязкость газа обуславливает его способность относительно быстро перемещаться в пористых и трещиноватых горных породах при перепаде давления.



**Растворимость** газа в воде и нефти, а также нефти в газе является важнейшим его свойством. В общем, растворимость газа в жидкости при постоянной температуре и давлениях до 5 МПа подчиняется закону Генри:

*количество растворяющегося газа в единице объема растворителя прямо пропорционально давлению и коэффициенту растворимости. При более высоких давлениях и неоднородном составе газа эта зависимость становится сложнее.*

**Коэффициент растворимости газов в воде зависит от:**

давления

температуры

минерализации

*прямая зависимость*

*до +90°С - зависимость - обратная  
выше +90°С, зависимость - прямая*

*обратная зависимость*

**Газонасыщенность (Гф – газовый фактор)** – суммарное содержание газа в объеме флюида ( $\text{см}^3/\text{л}$ ,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ).

Максимальный газовый фактор пластовых вод **Гф =  $10\text{м}^3/\text{м}^3$** .

Газовый фактор пластовой нефти до  **$500\text{м}^3/\text{м}^3$**  (обычно - 30 до  $100\text{ м}^3/\text{т}$ ).

Типы залежей по **Гф** :

- нефтяная - ниже  $600\text{ м}^3/\text{т}$ ,
- нефтегазоконденсатная –  $600\text{-}900\text{ м}^3/\text{т}$
- газоконденсатная – свыше  $900\text{ м}^3/\text{т}$

# Конденсат

При повышенном давлении и температуре в глубоководных отложениях в газе растворяются пары гексана и другие более высокомолекулярные жидкие УВ. Эти смеси называются **газоконденсатными**. При снижении давления в пласте или в сепараторе часть этих высокомолекулярных компонентов выпадает из газовой фазы в виде жидкости-**конденсата**.

Различают конденсат **сырой** и **стабильный**.

**Сырой конденсат** - жидкость, которая выпадает из газа непосредственно в промышленных сепараторах при давлении и температуре сепарации.

**Стабильный конденсат** – состоит только из жидких УВ - пентана и высших и получается путем глубокой дегазации сырого конденсата .

## Физические свойства конденсата

В стандартных условиях **конденсат** представляет собой **жидкость** обычно прозрачную или слабоокрашенную в коричневатый или зеленоватый цвет.

Конденсаты характеризуются большим разнообразием физических свойств и химического состава.

- плотность стабильного конденсата меняется от 0,6 до 0,8 г/см<sup>3</sup>,
- молекулярная масса от 90 до 170,
- температура кипения находится в пределах 35-250 °С.

**Газоконденсатный фактор** ( $\text{м}^3/\text{т}$ ) – отношение количества сепарированного газа к количеству выделенной из него жидкости в нормальных условиях.

Газоконденсатный фактор изменяется от 900-1000 до 25000  $\text{м}^3/\text{т}$ .

**Конденсатность** - величина обратная газоконденсатному фактору – это содержание стабилизированного конденсата в газе в условиях залежи ( $\text{см}^3/\text{м}^3$ ,  $\text{г}/\text{м}^3$ ). Конденсатность достигает значения – 700  $\text{см}^3/\text{м}^3$ .

### По составу углеводородов горючий газ делится

| Сухой  | Тощий   | Жирный  |
|--|---|---|
| Содержание метана –<br>более 85%                             | Содержание метана – 50-85%                                  | Содержание ТУ– до 50%                                     |
| Содержание конденсата -<br>менее 10 $\text{см}^3/\text{м}^3$ | Содержание конденсата –<br>10 – 30 $\text{см}^3/\text{м}^3$ | Содержание конденсата –<br>30-90 $\text{см}^3/\text{м}^3$ |

В настоящее время, чаще, состав газов учитывают отдельно по  $\text{C}_2$ ,  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  и  $\text{C}_5$ +высшие.

Газы содержащие широкую фракцию лёгких углеводородов ( $\text{C}_3$  и  $\text{C}_4$ ) называют этановыми, содержащими  $\text{C}_5$ +высшие - конденсатами.

**ПРЕВРАЩЕНИЕ  
НЕФТЕЙ И УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ  
В ПРИРОДЕ**

# Происхождение нефти и газа

органическая

неорганическая

## Основные граничные условия биогенной гипотезы

1. Почти все залежи нефтяных (более 99%) связывают с осадочными породами преимущественно морских и озерных фаций.
2. В планетарном масштабе отмечено неравномерное распределение запасов нефти по разрезу - почти полное отсутствие нефти на громадных площадях земного шара, сложенных магматическими породами или породами, древнее докембрия любого состава.
3. Компоненты нефтей могут быть получены из органических веществ в лаборатории.
4. Нефти практически не встречаются при температуре недр более 150°C.
5. Порфирины, присутствующие в нефтях, являются производной хлорофилла и не выдерживают высоких температур.
6. В нефтях обнаружены химические соединения органического происхождения.
7. Природные нефти оптически активны.
8. Присутствие в нефти азотистых соединений, характерных для живых организмов;
9. Широкое распространение нефтеподобных углеводородов в современных осадках и почвах.

## Основные граничные условия абиогенной гипотезы

1. В атмосфере планет присутствует метан и аммиак.
2. Соединения углерода с азотом и водородом установлены в кометах и метеоритах, лунной пыли.
3. В составе вулканических газов есть метан и другие соединения.
4. Битумы кимберлитов.

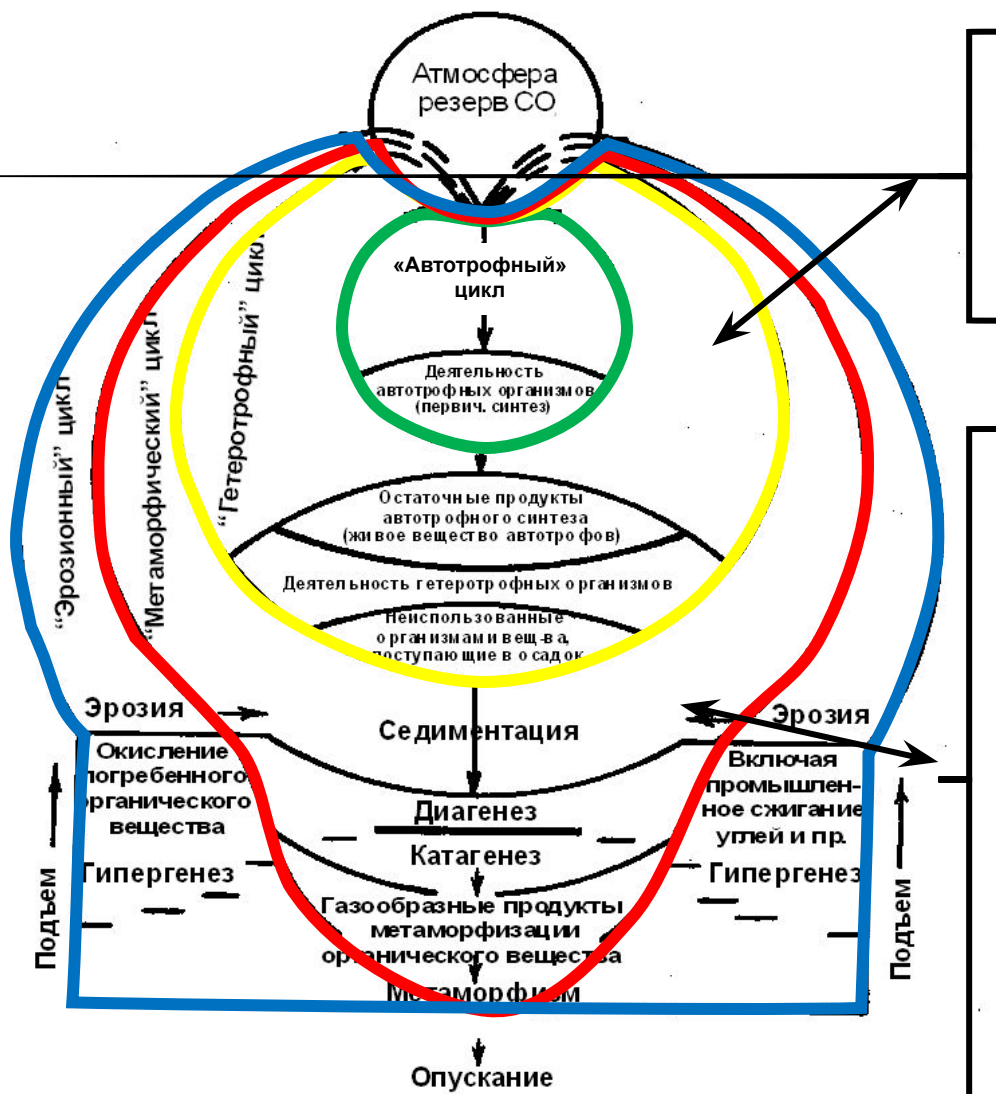
# Стадии процесса образования, накопления и разрушения скоплений нефти и газа

Процессы образования скоплений нефти и газа в земной коре представляют собой единый многостадийный цикл, который начинается с накопления ОВ и, заканчивается разрушением сформировавшихся скоплений УВ при наступлении неблагоприятных условий для их сохранности.

Выделяют шесть стадий:

1. Накопления ОВ
2. Генерации УВ
3. Миграции УВ
4. Аккумуляции УВ
5. Консервации УВ
6. Разрушения и перераспределения скоплений УВ

# Схема круговорота органического углерода



# Схема образования залежей нефти и газа



# Накопления ОВ



**Источник ОВ в природе** - остатки отмерших растительных (*фитопланктон, фитобентос*) и животных (*зоопланктон, зообентос*) и органические продукты их жизнедеятельности.

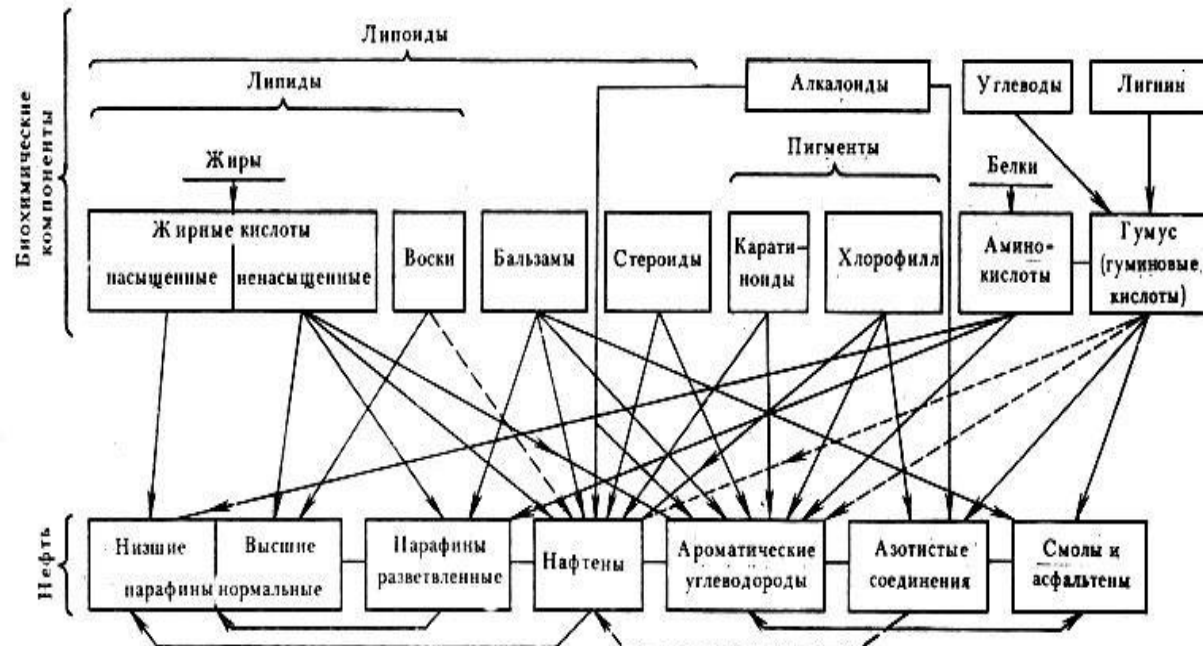
**Для накопления и сохранения ОВ благоприятно:**

- 1) морское мелководье и умеренно глубоководные условия (до 500м) или озера, болота.
- 2) восстановительная среда.

**Средний химический состав (%) основных компонентов живой материи**

| Компоненты | C  | H  | S   | N   | O    |
|------------|----|----|-----|-----|------|
| Углеводы   | 44 | 6  | -   | -   | 50   |
| Лигнин     | 63 | 5  | 0,1 | 0,3 | 31,6 |
| Белки      | 53 | 7  | 1   | 17  | 22   |
| Липиды     | 76 | 12 | -   | -   | 12   |
| Нефть      | 85 | 13 | 1   | 0,5 | 0,5  |

**Источники образования отдельных компонентов нефти**





По типу исходного материала выделяется **две** основные группы рассеянного органического вещества (РОВ).

**Сапропелиты** – продукт преобразования низших растений и простейших микроорганизмов фито- (водоросли) и зоопланктон, фито- и зообентос, в восстановительной среде: мелководно-морская, прибрежная (0–200м) и умеренно глубоководная (200–500м) обстановки осадконакопления, возможно континентально-озерная, болотная среда.

Порода - горючие сланцы, глины и карбонатные породы, реже песчано-алевроитовые.

**Гуммиты** – это результат переработки высших наземных растений.

Порода – уголь, углистые сланцы.

**Липтобиолиты** – это переработанные остатки наиболее устойчивых компонентов высших растений (ископаемые смолы, воски, стерины, споронины, кутикулы и т.п.). Разновидность углей.

---

**Нефтегазоматеринские породы** – осадочные породы, способные в определенных геологических условиях выделять свободные УВ флюиды, образованные в процессе диа- и катагенетических преобразований заключенного в них РОВ.

По доминирующему типу ОВ породы подразделяют на:

- нефтематеринские**, содержащие ОВ преим. сапропелевого и гумусово-сапропелевого типов.
- газоматеринские** с сапропелево-гумусовым и гумусовым ОВ.

**Нефтегазоматеринский потенциал** – отношение количество образовавшихся УВ из ОВ к общему объему ОВ на стадии протокатагенеза.

**Литогенез** – совокупность процессов образования осадков (седиментогенез), превращения осадков в осадочную горную породу (диагенез) и последующего изменения осадочных пород (катагенез), а также процессов гипергенеза.

## Типы литогенеза

### Ледовый

- Важнейшими факторами литогенеза в этих условиях служат температурное и морозное выветривание
- В результате возникает элювий размеров от десятков сантиметров до метров в диаметре

### Гумидный

- Особенность гумидного литогенеза, - большое количество органического вещества, наличие воды.
- В результате возникает аллювий, делювий, коллювий и др. генетические типы отложений.
- При гумидном литогенезе формируются и терригенные, и хемогенные, и биогенные отложения; характерными являются развитые коры выветривания с каолиновым, частично (в тропическом и субтропическом климате) глинозёмистым горизонтом.

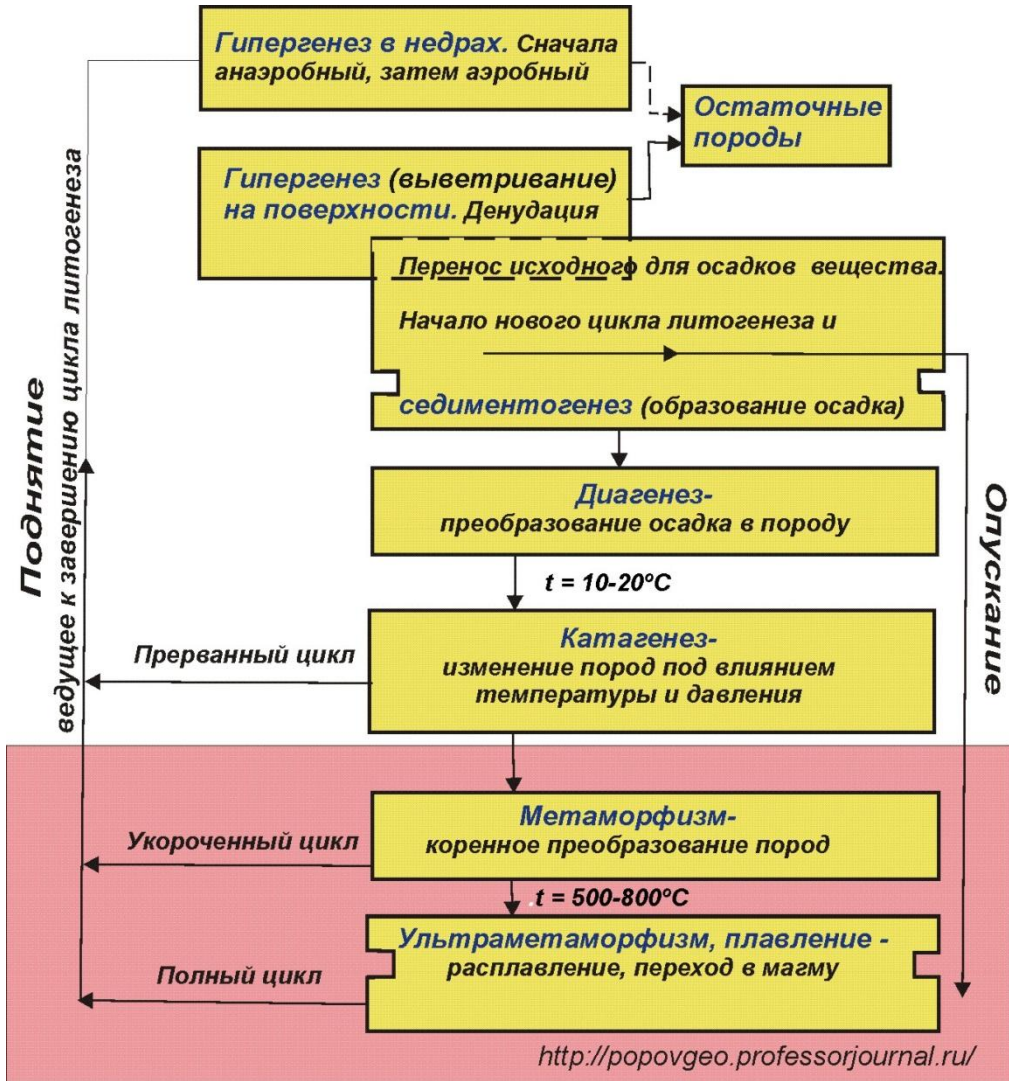
### Аридный

- В областях аридного литогенеза интенсивность механического выветривания значительно выше, чем химического, отсутствуют развитые коры выветривания, образуются соли.
- Главную роль в разрушении пород имеет температурное выветривание.

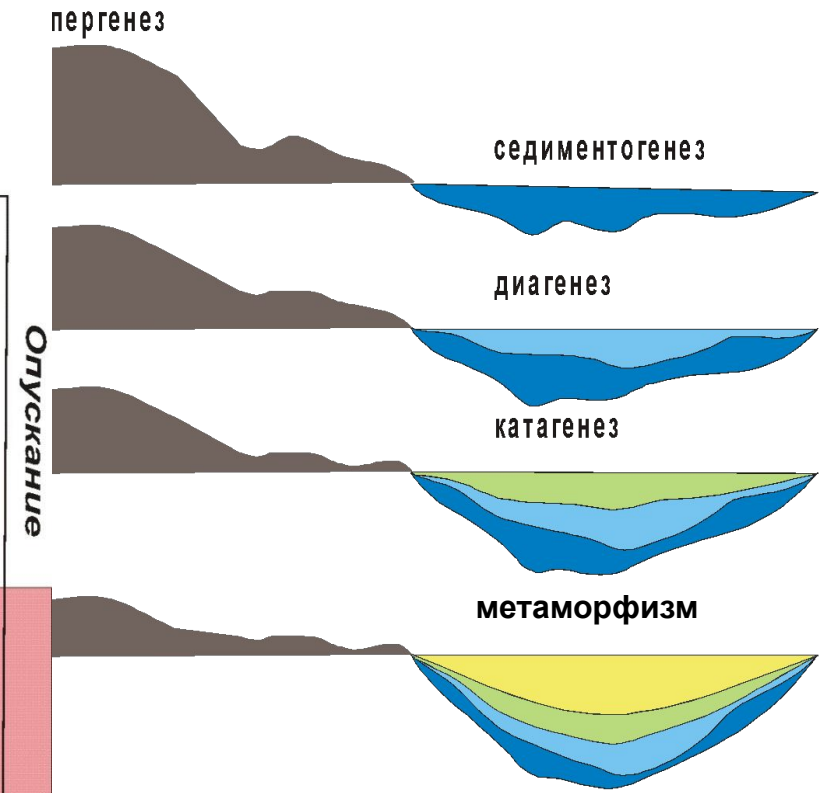
### Вулканогенно-осадочный

- Специфичность данного типа литогенеза в первую очередь связана с участием глубинного вещества и эндогенной энергии. Это определяет его важную особенность – независимость от климата.

# Общая схема стадий литогенеза (по Н.Б. Вассоевичу)



# Процесс формирования осадочного бассейна



**Седиментогенез** - это стадия накопления осадков, их перенос (ветром, водами, льдом, организмами) и аккумуляция на дне водоемов и во впадинах на суше.

Процесс существенно физический.

---

**Диагенез** - процесс превращения осадка в осадочную породу: уплотнение, обезвоживание и частичная литификация в верхней зоне земной коры.

Происходит при низких температурах и давлениях. Процесс не только физико-химический, но и существенно биохимический (с участием бактерий).

Мощность зоны диагенеза –сотни метров. Продолжительность стадии диагенеза определялась в тысячи—миллионы лет.

---

**Катагенез** – совокупность процессов преобразования горных пород после их возникновения до превращения в метаморфические горные породы. Совокупность химических преобразований горной породы после перекрытия её слоями нового осадка.

**Главные факторы:**

- 1) температура, достигающая на глубине 8-12 км, на границе с зоной метаморфизма, 300-500°C;
- 2) давление, которое на этих глубинах доходит до 1800-2900 ат;
- 3) поровые воды (растворы), взаимодействующие с питательными ими породами.

**В результате:**

- 1) происходит уплотнение пород, протекающее сначала без, а затем с нарушением их структуры;
  - 2) выжимается и удаляется вся свободная, а затем и связанная вода;
  - 3) минеральный состав терригенных пород претерпевает усиливающиеся с глубиной и возрастом изменения;
- 

**Метагенез (метаморфизм)** – преобразование горных пород под воздействием высоких температур и давлений.

Преобразование пород происходит под влиянием тех же факторов, что и при катагенезе, но температура более высокая, выше минерализация и газонасыщенность вод.

**В результате:**

происходит дальнейшее уплотнение пород, меняется их минеральный состав, структура (укрупняется размер зерен, упорядочивается их ориентировка, происходит перекристаллизация с исчезновением фаунистических остатков);

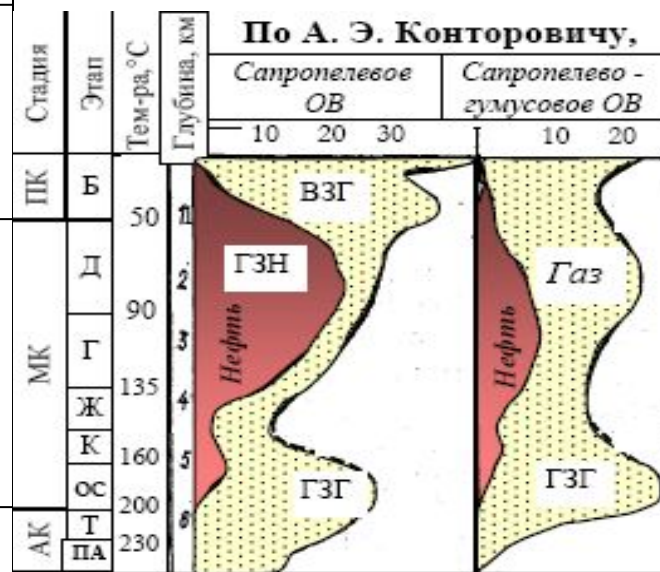
---

**Гипергенез** – (выветривание) экзогенные процессы, приводящие к дезинтеграции, разрушению минералов и горных пород. Процесс как физико-механический, так и химический, физико-химический, биологический, биохимический.

## Стадии, подстадии (этапы) и градации литогенеза

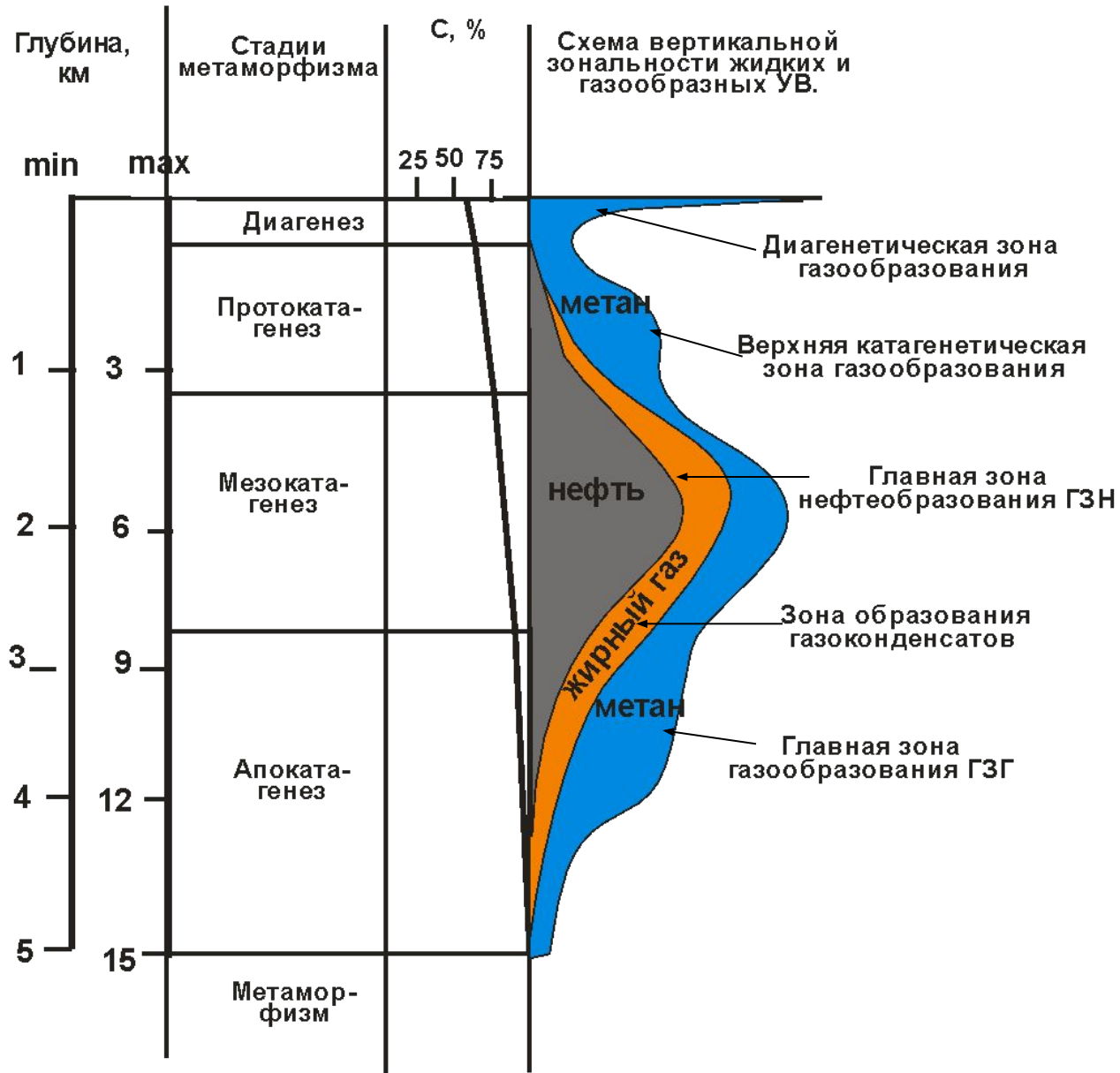
(с учетом данных Н.В. Лопатина, А.Э. Конторовича, С.Г. Неручева, В.И. Ручнова, В.В. Чернышева и др.)

| Стадия   | Подстадия   | Градации (мощность <sup>*)</sup> , км)  |
|--|---|---|
| <b>Седиментогенеза</b>   |   |   |
| <b>Диагенеза</b><br><i>Глубина 10-200 м.<br/>Температура 10-25°C</i> | Аэробная<br>Анаэробная  |   |
| <b>Катагенеза</b>  | <b>Протокатагенеза -ПК.</b><br>Соответствует буроугольному этапу углефикации.<br><b>Глубина 1-3 км.</b><br><b>Температура 50-75°C</b>   | ПК <sub>1</sub> (0,5)<br>ПК <sub>2</sub> (1)<br>ПК <sub>3</sub> (1,5)   |
|  | <b>Мезокатагенеза - МК.</b><br>Соответствует степени углефикации по шкале для Донбасса от "Д" до "ОС" включительно.<br><b>Глубина 2,7-8 км.</b><br><b>Температура 210-280°C</b> | МК <sub>1</sub> (1)<br>МК <sub>2</sub> (1,5)<br>МК <sub>3</sub> (0,9)<br>МК <sub>4</sub> (0,9)<br>МК <sub>5</sub> (0,5) |
|  | <b>Апокатагенеза - АК.</b><br>Отвечает стадии "метаморфизма" каменных углей от "Т" до "А" включительно.<br><b>Глубина 5-15 км.</b><br><b>Температура 300-500°C</b>              | АК <sub>1</sub> (2,5)<br>АК <sub>2</sub> (3,5)<br>АК <sub>3</sub> (8)<br>АК <sub>4</sub> (11)                           |
| <b>Метагенеза (регионального метаморфизма)</b>                       |   | <b>Графитизация</b>   |



<sup>\*)</sup> при допущении постоянства величины геотермического градиента

# Соотношение процессов генерации УВ с общей шкалой катагенеза



# Миграция углеводородов

**Миграция** - перемещение подвижных флюидов углеводородов в горных породах.

## Миграция углеводородов:

**Первичная (эмиграция)** – перемещение УВ из нефтематеринских толщ в породы-коллектора.

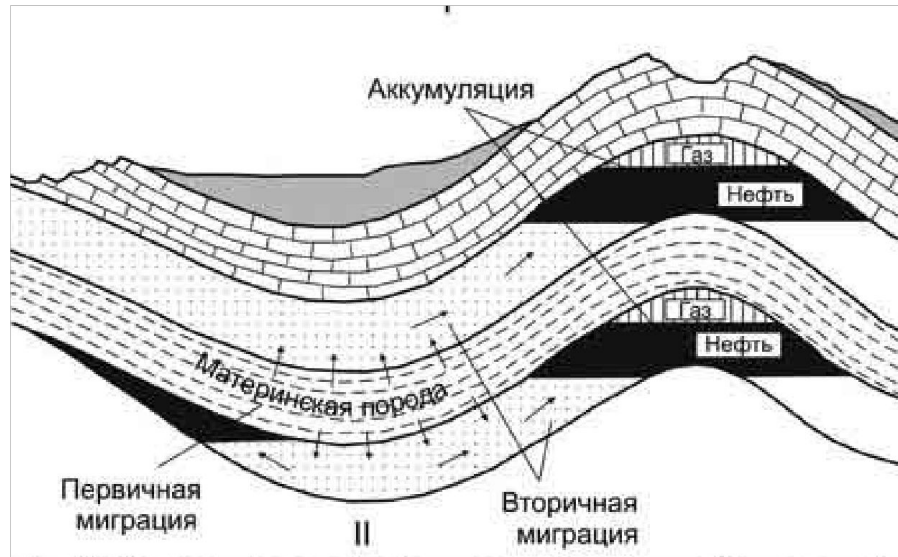
Первичная миграция, может идти **в любом направлении** - вбок, вверх, вниз.

**Вторичная** – перемещение УВ по пласту-коллектору до первого барьера, где может происходить скопление УВ.

Преобладающее направление вторичной миграции - по восстанию проницаемых пластов и пачек (**горизонтальная миграция, латеральная**).

**Третичная (резмиграция)** – разрушение, переформирование уже образованной залежи.

Преобладающее направление - **вертикальное**



# **ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА**



# Нефтегазоносная толща, состав и строение.

**Нефтегазоносная толща** – комплекс отложений, включающий горные породы, содержащие нефть и газ.

- Большинство известных залежей нефти и газа (99%) заключены в осадочных породах.
  - Общей особенностью осадочных толщ, вмещающих залежи нефти и газа, является их субаквальное происхождение, т.е. отложение в водной среде.
  - Нефть и газ занимает пустотное пространство в терригенных породах (пески, песчаники, алевроиты, алевролиты) и карбонатных породах (известняки, доломиты, мергели). Вместе с нефтью и газом в пустотном пространстве находится вода.
  - Главные элементы нефтегазоносных толщ:
    - породы-коллектора,
    - породы-флюидоупоры (покрышки)
- слагающие **природные резервуары.**

**Коллектор** – горная порода, обладающая пустотным пространством, заполненным флюидами, в котором возможно их перемещение под действием межмолекулярных сил, силы тяжести и перепада пластового давления.

**Флюидоупор (покрышка, экран)** – горная порода, не содержащая пустот и соединяющих их каналов либо содержащая пустоты и каналы малых размеров, в которых силы молекулярного притяжения делают невозможным перемещение флюидов.

Свойства горной породы вмещать (емкость) и пропускать (проницаемость) через себя жидкости и газы называются **емкостно - фильтрационными свойствами**.

## Параметры

1. Пористость
2. Проницаемость
3. Нефтенасыщенность (*газонасыщенность*)
4. Водонасыщенность
5. Удельная поверхность пор

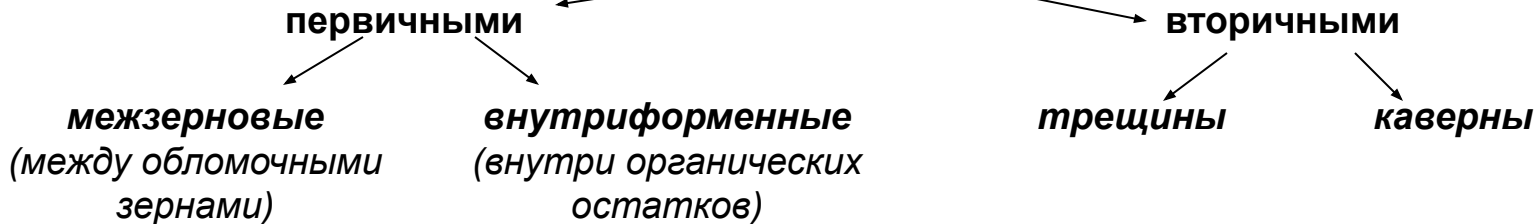
# Пористость

**Пористость** – отношение объема пустот к общему объему породы.

## Виды пористости:

- Общая (абсолютная, полная, физическая)
- Открытая
- Эффективная (динамическая, полезная)

**По генезису поры могут быть:**



Пористость **зависит** от:

- взаимного расположения и укладки зерен,
- формы зерен и степени их окатанности,
- степени отсортированности частиц, слагающих породу
- наличия цементирующего вещества и его количества, состава.

Пористость **не зависит** от размера частиц (?).

Пористость осадочных пород меняется от дол.% до 40-50%.

| Горная порода    | Пористость, % |
|------------------|---------------|
| Глинистые сланцы | 0,54- 1,4     |
| Глины            | 6,5 - 50,0    |
| Пески            | 6,0 – 50,0    |
| Песчаники        | 3,5 - 29,0    |
| Известняки       | до 33         |
| Доломиты         | до 39         |

# Проницаемость

**Проницаемость** – способность породы пропускать через себя жидкость и газ, при перепаде давления.

## Виды проницаемости:

- Абсолютная
- Фазовая
- Относительная

Проницаемость **зависит** от:

- размера пор (размера зерен, плотности укладки и взаимного расположения зерен, отсортированности, цементации)
- конфигурации пор
- взаимосообщаемости пор
- трещиноватости породы (трещины создают в пласте направления преимущественной фильтрации)

По проницаемости осадочные породы делятся на:

- хорошо проницаемые – более  $1 \text{ мкм}^2$
- проницаемые -  $0,1-1 \text{ мкм}^2$
- среднепроницаемые –  $0,05-0,1 \text{ мкм}^2$
- плохопроницаемые – менее  $0,05 \text{ мкм}^2$

**Водонасыщенность** - определяется отношением объема пор заполненных водой к общему объему пор.

**Нефтенасыщенность (газонасыщенность)** - степень заполнения пор нефтью (газом), отношение объема пор заполненных нефтью к общему объему пор.

**Удельная поверхность пор** характеризует общую поверхность всей системы пор и каналов породы. Чем тоньше структура породы, тем больше её удельная поверхность.

- песчаники – 0,04 м<sup>2</sup>/г

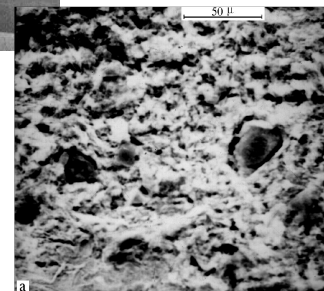
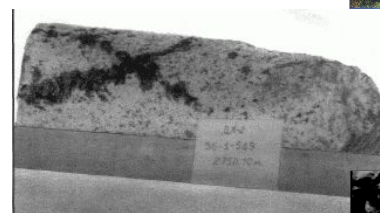
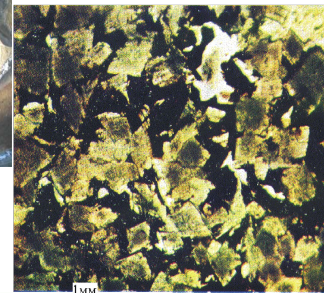
- глины – 10 м<sup>2</sup>/г

От величины удельной поверхности пор зависят сорбционные явления.

# Классификации коллекторов

## 1. По составу пород:

- терригенные или обломочные,
- карбонатные (органогенные),
- вулканогенные и вулканогенно-осадочные,
- нетрадиционные (глинистые, хемогенные)



## 2. По форме пустотного пространства:

- поровые,
- трещинные,
- смешанные (трещинно-поровые, порово-трещинные)

# Флюидоупоры (покрышки, экраны)

Соленосные толщи.

Глины.

экранирующие способности  
объясняются их пластичностью.

Толщи однородных, монокристаллических, лишенных трещин, тонкокристаллических известняков, реже доломитов, мергелей, аргиллитов.

обладают изолирующей  
способностью вследствие  
своей плотности (прочности,  
крепости) и рассматриваются  
как плотностные покрышки.

**Криогенные породы.** Формирование многолетней мерзлоты в приполярных, северных и южных широтах. Мощность промерзлых пород достигает 800 – 900 м, они способны держать большие объемы газа.

**Газогидраты.**

**Покрышки классифицируются по :**

- литологическому составу,
- площади распространения,
- соотношению с этажами нефтегазоносности.

**Факторы снижающие экранирующие свойства пород-флюидоупоров**

1. Трещиноватость
2. Степень однородности покрышек
3. Мощность покрышки

# Природные резервуары нефти и газа

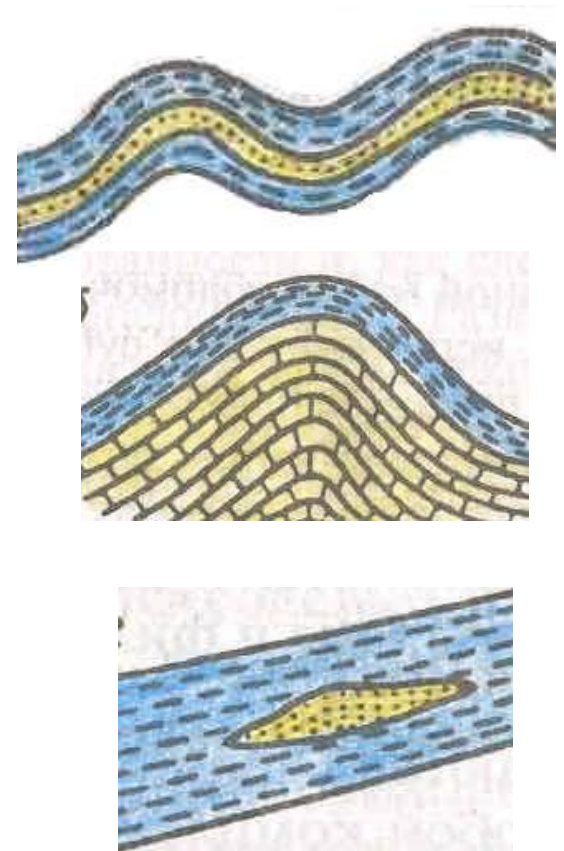
**Природные резервуары** - это природное геологическое тело, внутри которого возможна циркуляция флюида.

## Классификация природных резервуаров нефти и газа по условиям залегания:

**1 Пластовый резервуар** – это тела в слоистой толще, протяженность которых по латерали намного больше их мощности. Мощность может достигать десятков метров, а протяженность десятки километров.

**2 Массивный резервуар** образован мощной, толщей проницаемых пород, ограниченный плохо проницаемыми породами. Размер резервуаров по разным направлениям примерно сопоставим.

**3 Литологически ограниченный резервуар** - это линзовидные тела песчаников или гнезда проницаемых (трещиноватых) пород, ограниченные со всех сторон непроницаемыми породами.



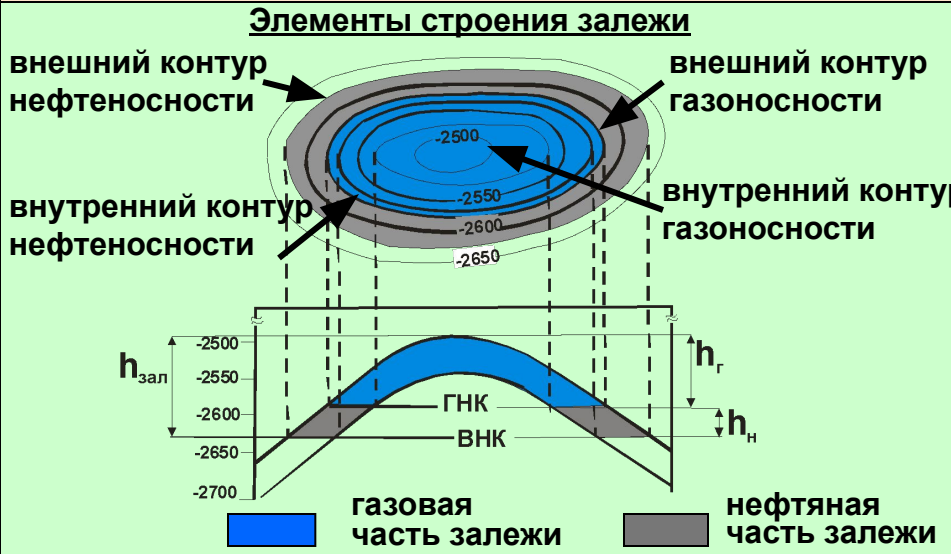
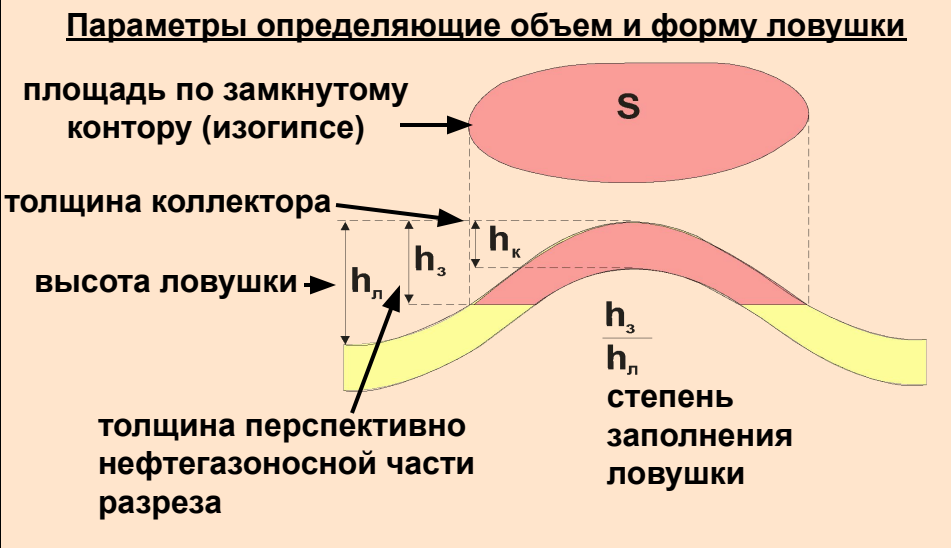




Углеводороды в природном резервуаре, заполненном водой, вследствие гравитационного эффекта, вытесняя воду, всегда мигрируют вверх, к кровле пласта и по его восстанию до непроницаемого флюидоупора. Перед таким препятствием, в **ловушках**, углеводороды накапливаются, образуя **залежь**.

**Ловушкой** нефти и газа называется часть природного резервуара, в которой может происходить накопление углеводородов, т.е. устанавливается равновесие между внешним давлением, вызывающим перемещение флюида и силами, препятствующими перемещению.

**Залежь** – скопление нефти и (или) газа в ловушке, все части которой гидродинамически связаны, имеют единые водонефтяной, газонефтяной контакты.



# По главным морфогенетическим показателям ловушки классифицируются на

(И. О. Брод, Н. А. Еременко, А. А. Бакиров и др.) :

1. Ловушки складчатых дислокаций.
2. Ловушки разрывных нарушений.
3. Ловушки стратиграфических несогласий.
4. Ловушки литологические.
5. Ловушки рифовых массивов.
6. Гидродинамические.
7. Ловушки комбинированные (складчато-стратиграфические, литолого-стратиграфические и т.п.).

**Около 80% разрабатываемых залежей в мире связано с ловушками структурного типа.**

# Классификация залежей

## По значениям рабочих дебитов :

| Залежи         | Дебиты       |                                |
|----------------|--------------|--------------------------------|
|                | нефти, т/сут | газа, тыс. м <sup>3</sup> /сут |
| Высокодебитные | 100          | 1 000                          |
| Среднедебитные | 10–100       | 100–1 000                      |
| Малodeбитные   | 2–10         | 20–100                         |
| Низкодебитные  | менее 2      | менее 20                       |

## По строению коллектора в ловушке:

- пластовые
- массивные

## По типу коллектора :

- поровые
- трещинные
- смешанные

## По типу экрана :

- сводовые
- литологические
- стратиграфические
- тектонические
- гидродинамически

## По фазовому составу флюида:

- однофазовые
- двухфазовые

## По сложности геологического строения продуктивных горизонтов:

- простого строения
- сложного строения
- очень сложного строения

# Термобарические условия в залежах

## Давление

Давление определяет фазовый состав УВ системы, т.к. от него зависит количество растворенного в нефти газа, а в газоконденсатных залежах – жидких УВ.

Различают :

1. **Горное** – создается суммарным действием на породы **геостатического** и **геотектонического**.

*Геостатическое – давление вышележащих пород (от поверхности земли до точки замера).*

*Геотектоническое – отражение напряжений, создаваемых в земной коре различными непрерывно-прерывистыми тектоническими процессами.*

2. **Гидростатическое** – давление столба воды, устанавливающегося в скважине.

3. **Пластовое** – давление жидкости в пустотном пространстве коллектора.

*Пластовое давление считается **нормальным**, если оно уравнивается столбом воды плотностью от 1,05 до 1,10 г/см<sup>3</sup>.*

---

**Градиент давления** – изменение давления при погружении на 1 метр.

Геостатический градиент – в среднем 0,23 атм. (при плотности пород 2,3 г/см<sup>3</sup>)

Гидростатический - 0,11-0,12 атм. (при плотности минерализованной воды 1,1-1,2 г/см<sup>3</sup>)

Градиент давления растет с увеличением плотности флюида.

Разрез заполненный водой характеризуется максимальным Г.д., газом – минимальным.

Пластовое давление, превышающее гидростатическое называют **аномально высокими (АВПД)**, меньше гидростатического – **аномально низкими (АНПД)**

$R_{пл} > R_{гдр}$  – АВПД

$R_{пл} < R_{гдр}$  - АНПД

# Температура

## Температура в залежи влияет на:

1. фазовое состояние углеводородов,
2. вязкость,
3. процессы миграции.

Тепловой режим недр характеризуется – геотермическим градиентом и температурой пород.

**Геотермический градиент** – величина, на которую повышается температура с увеличением глубины (на 1 или 100 м) и в среднем составляет  $1,8-3^{\circ}\text{C}/100\text{м}$ .

В предгорных и межгорных бассейнах он выше, на платформах – ниже.

# Нефтегазоносный комплекс

**Нефтегазоносный комплекс** – часть разреза осадочного бассейна, содержащая скопление нефти и газа, и характеризующаяся относительным единством условий накопления пород, формирования коллекторов, флюидоупоров, накопления и преобразования ОВ, формирования гидродинамической системы.

## **Основные характеристики нефтегазоносных комплексов:**

- Возраст и условие накопления пород.
- Объем комплекса (мощность и площадь распространения).
- Литологический состав разреза.
- Сочетание коллекторов и флюидоупоров (покрышек).
- Условия залегания и закономерности размещения нефти и газа.
- Соотношение нефтегазопроизводящих и нефтеносных толщ.
- Морфологические и генетические типы ловушек.
- Гидрогеологическая и гидрохимическая зональность.