

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

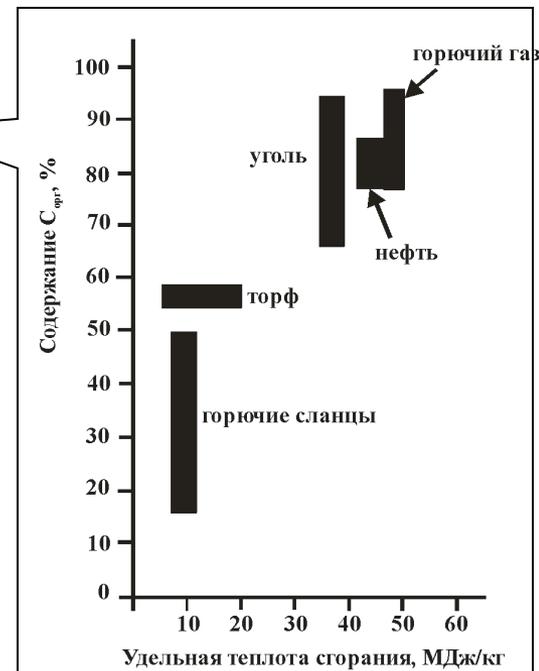
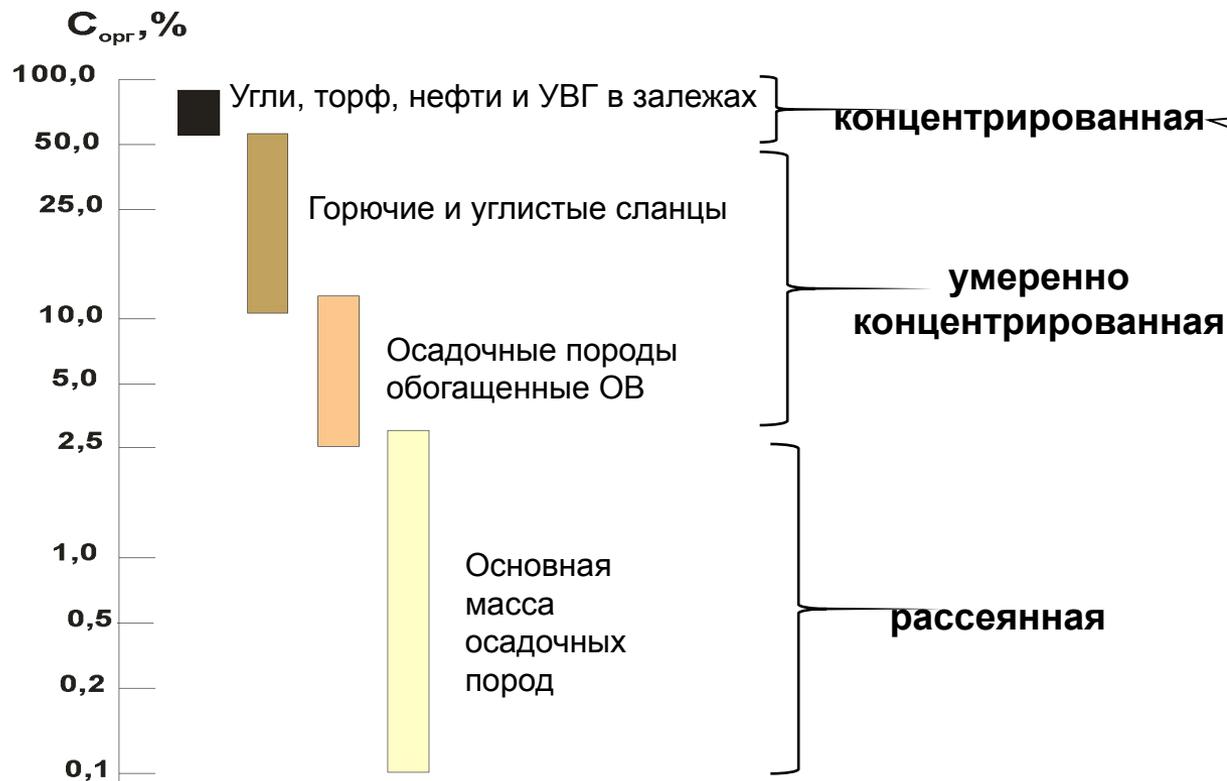
1 тонна ~ 7,35 барреля

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.

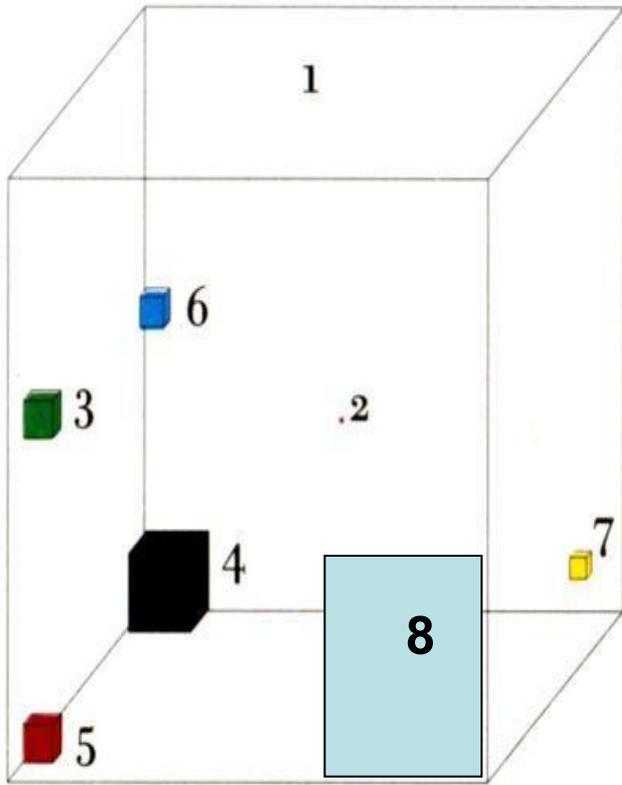
**2) Проблематичные для
освоения:**

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

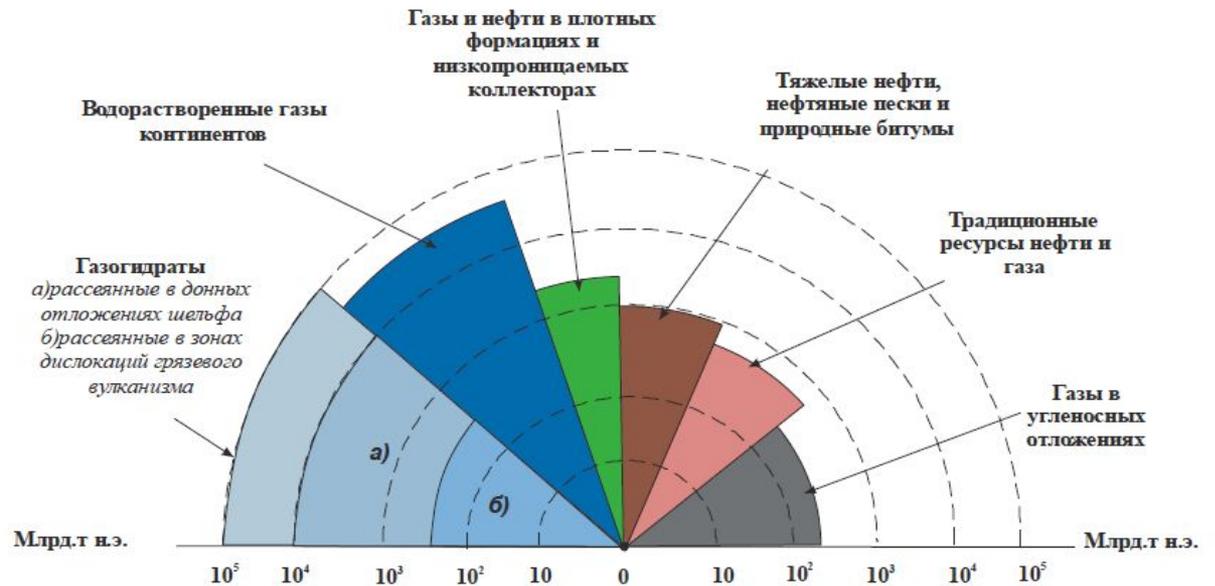
Газогидраты

**Возобновляемые
(альтернативные)
источники энергии:**

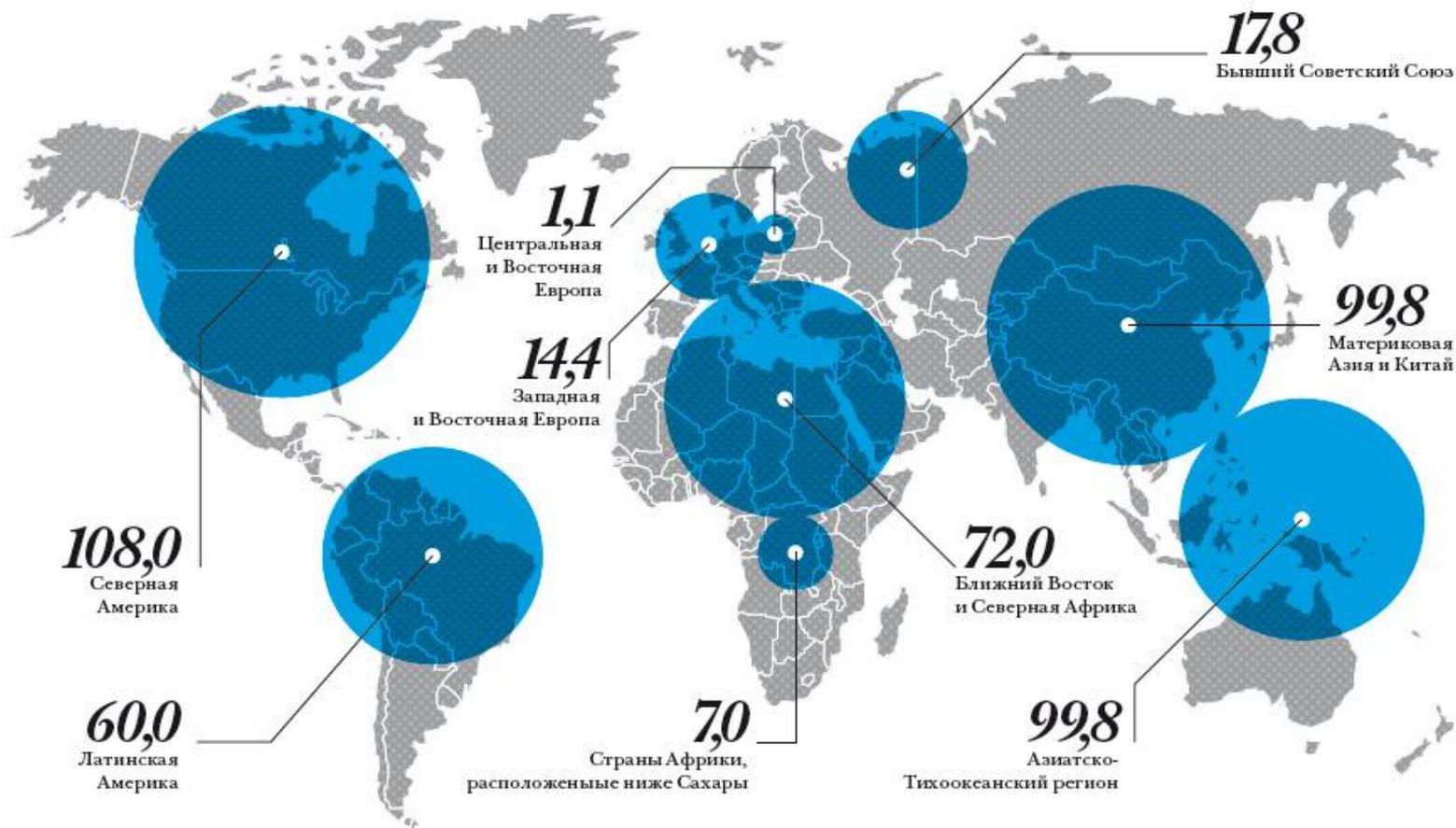
- геотермальная энергия внутреннего тепла Земли,
- тепло вулканических районов;
- гидроэнергетика рек и океанических (морских) приливов;
- ветровая энергия;
- солнечная энергия;
- Биоэнергетика (древесина, торф, биогаз, биоконверсия сельхозпродуктов, утилизация отходов городских агломераций и пр.)



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

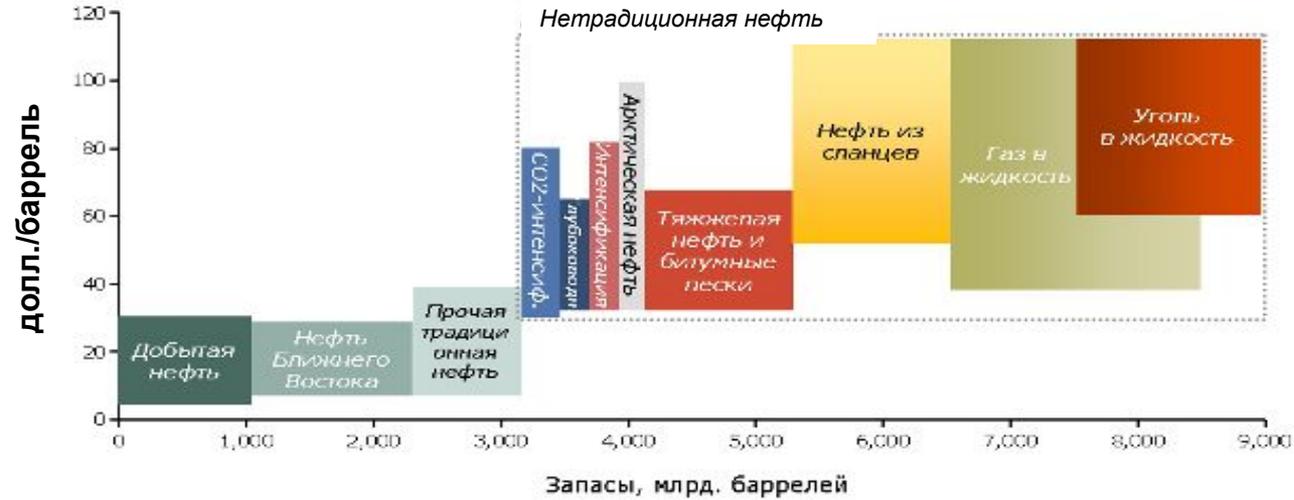


Запасы сланцевого газа - 480 трлн. м³

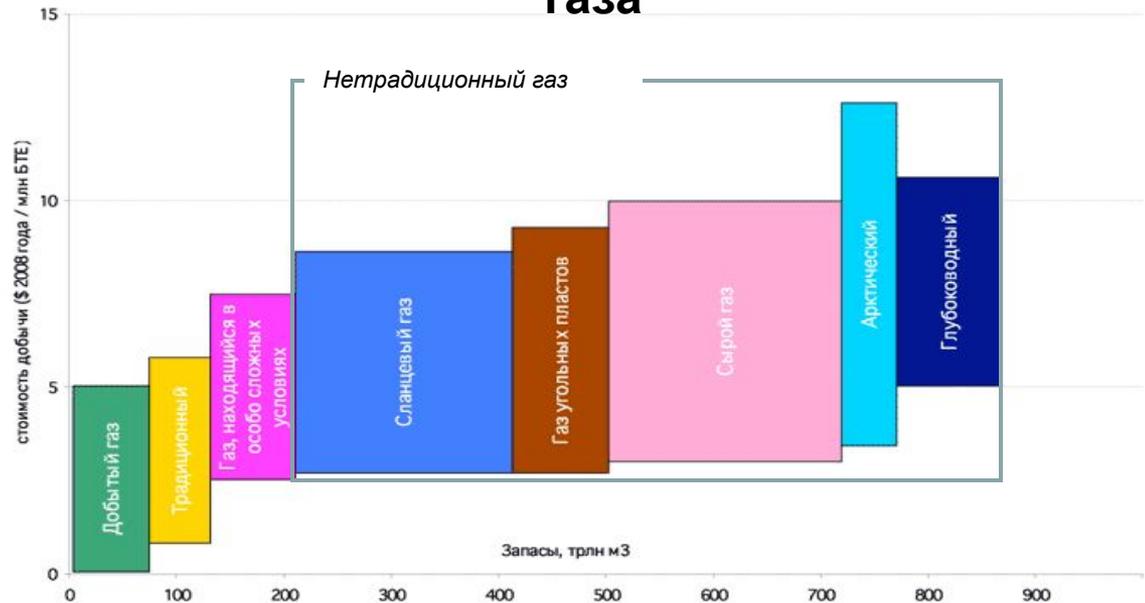
Запасы природного традиционного газа – 187,3 трлн. м³

Стоимость и запасы

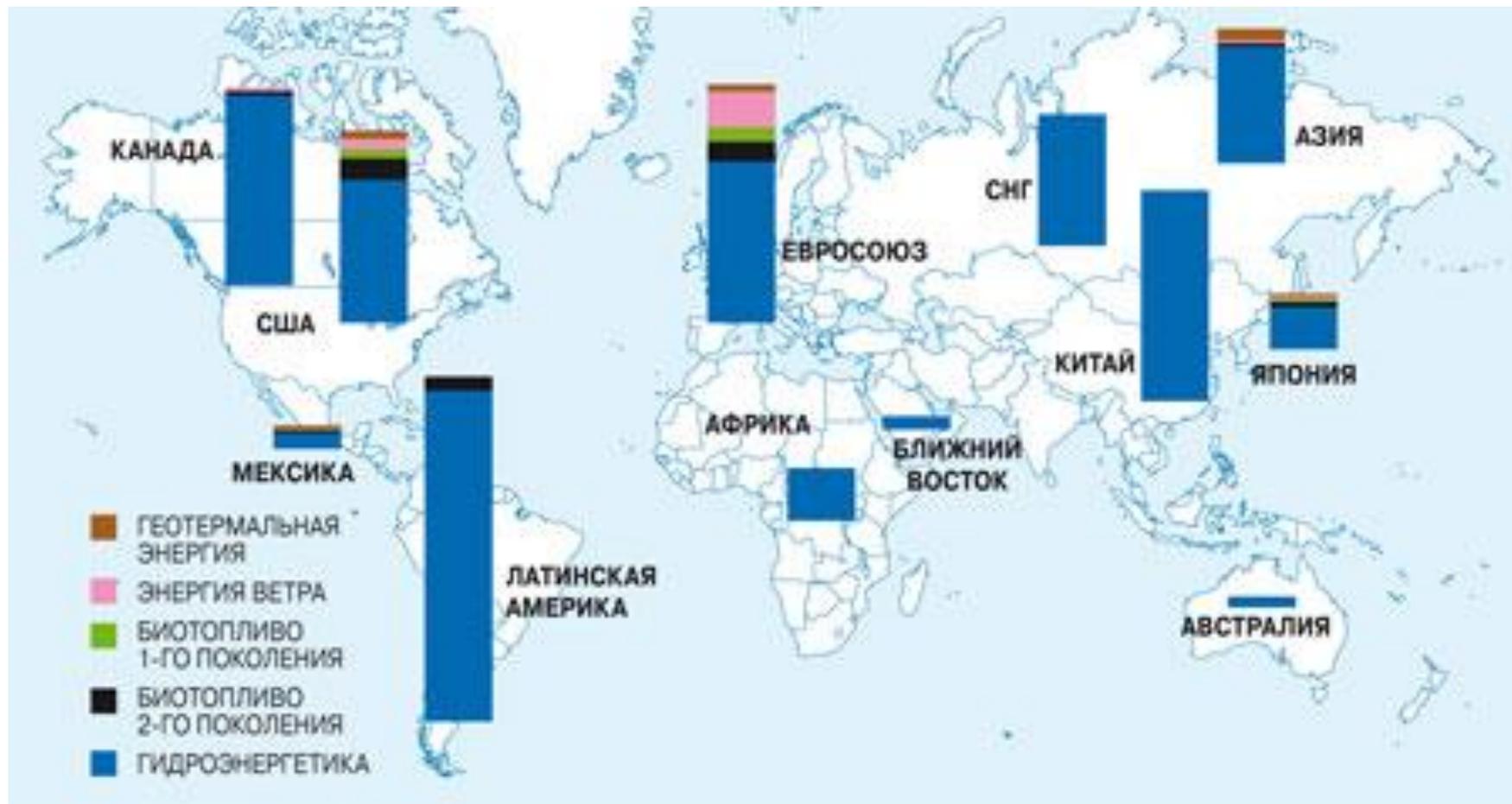
нефти



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),

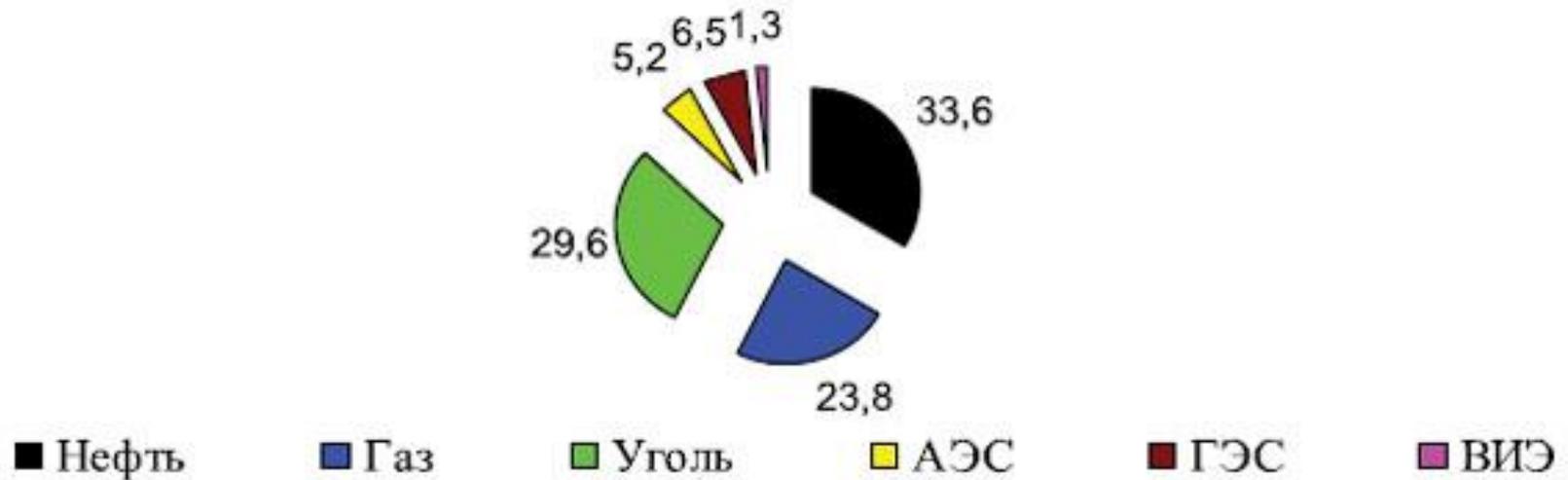
Германия, Испания и Финляндия– 12 (преимущественно ветровая),

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



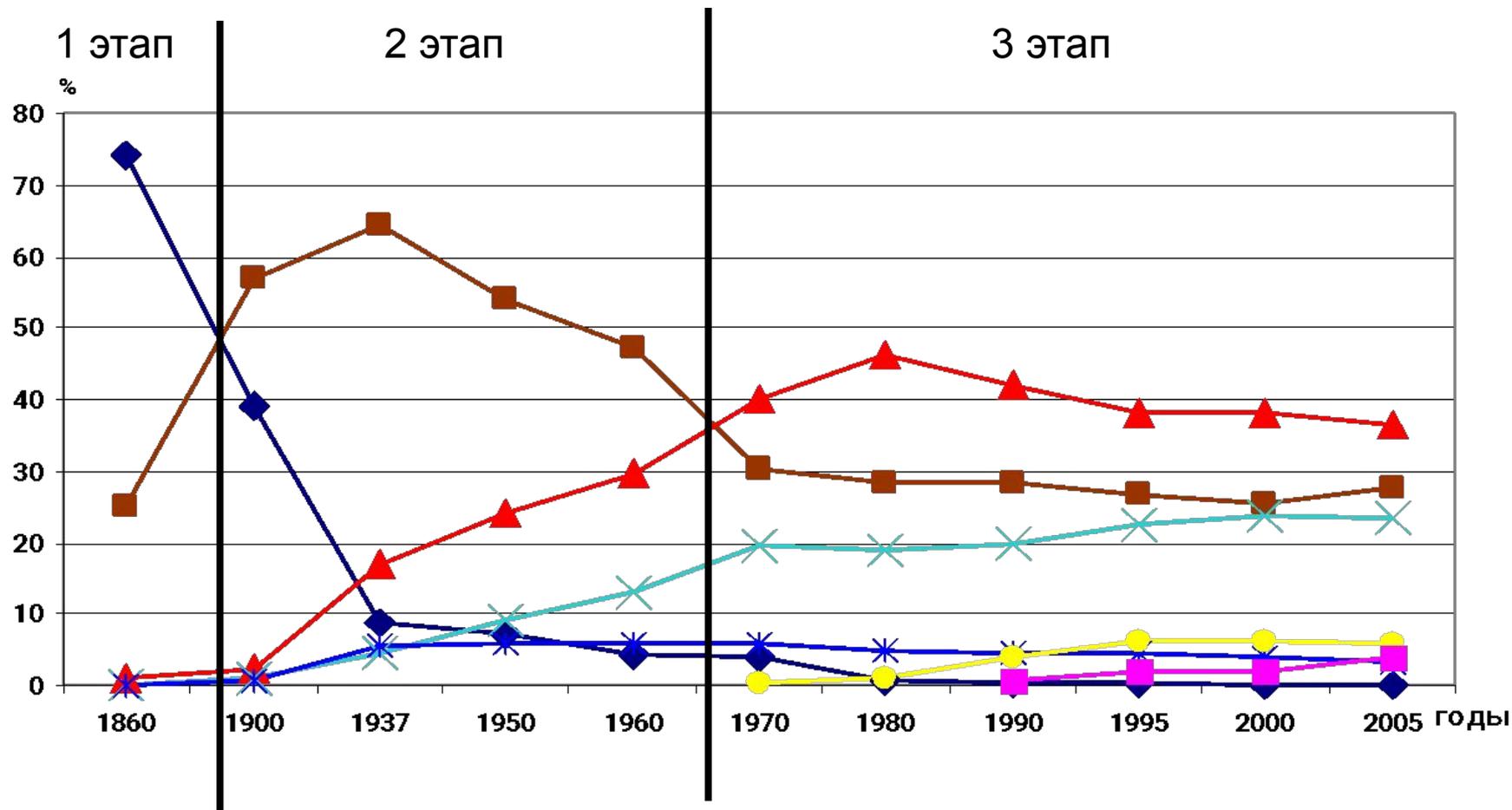
В среднем по миру, доля в производстве первичной энергии возобновляемых источников составляет 10-12%, в России - ~1%.

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

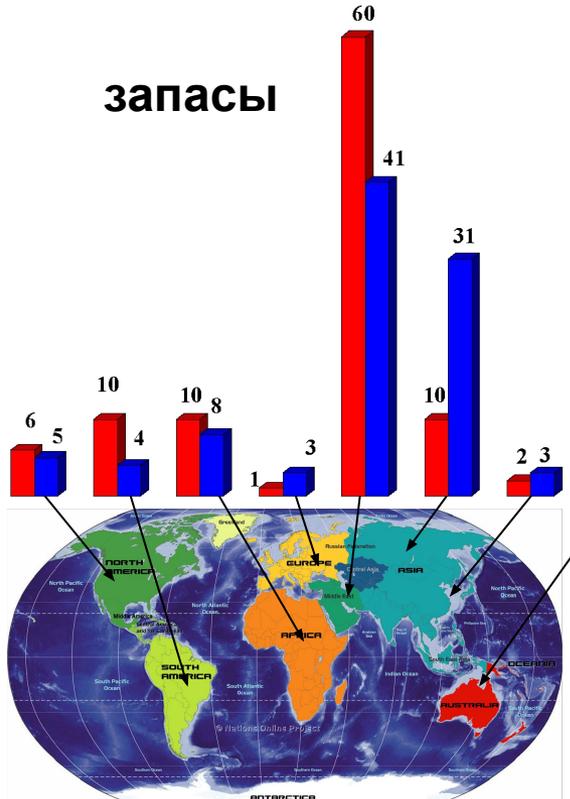


◆ Дровяное топливо и суррогаты
▲ Нефть
* Гидроэнергетика
■ Прочие

■ Уголь
× Природный газ
● Ядерная энергетика

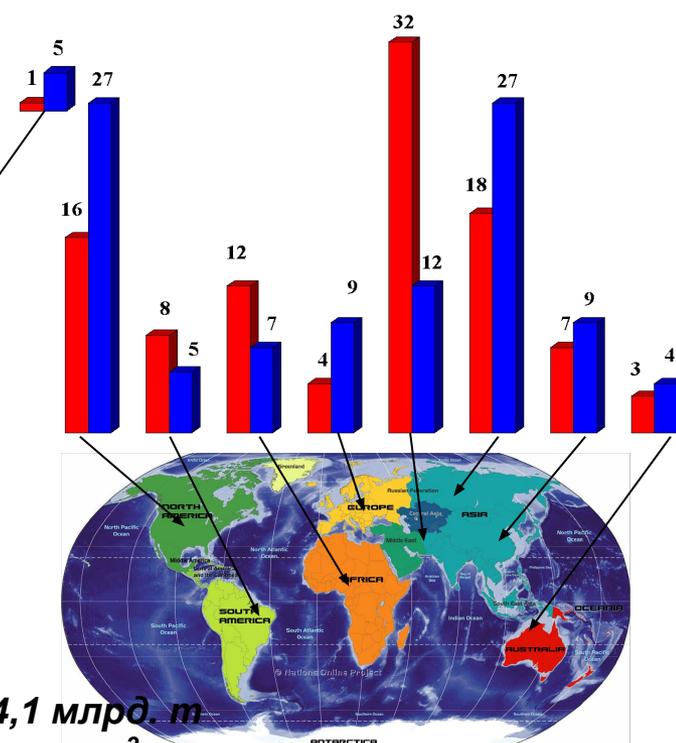
Мировое распределение запасов, добычи и потребления нефти и газа (%)

запасы



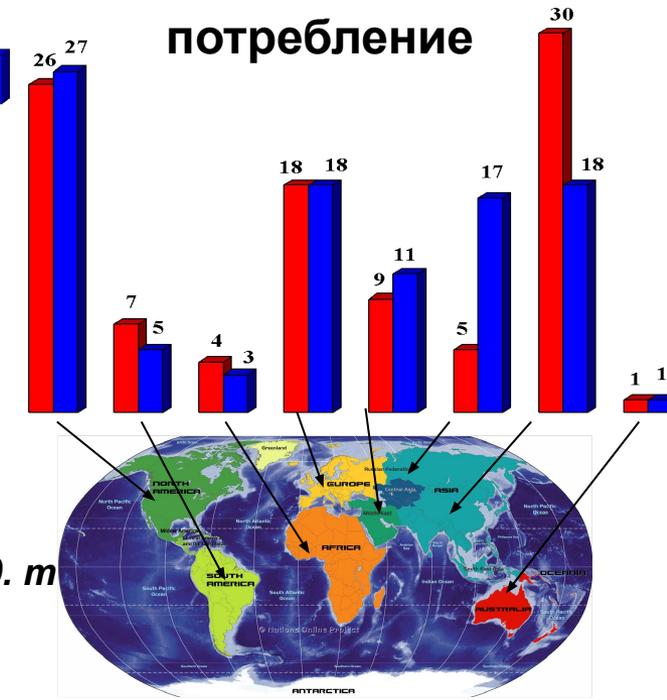
нефть - 235,8 млрд. т
газ - 187,3 трлн. м³

добыча



нефть ~4,1 млрд. т
газ - 3,4 трлн. м³

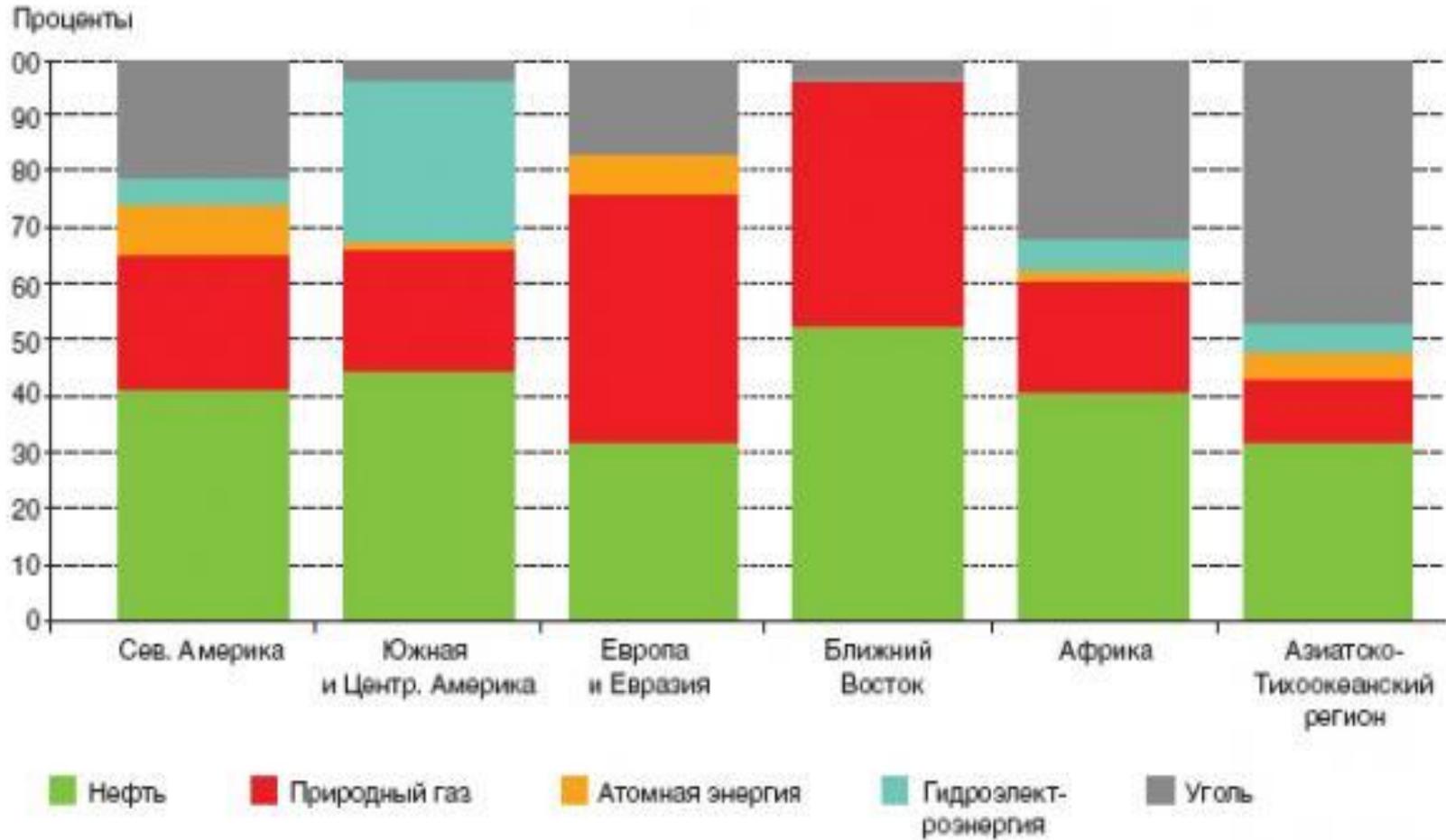
потребление



нефть ~4,1 млрд. т
газ - 3,3 трлн. м³

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
Россия	5,2	12.8
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
Россия	17,6	17,6
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

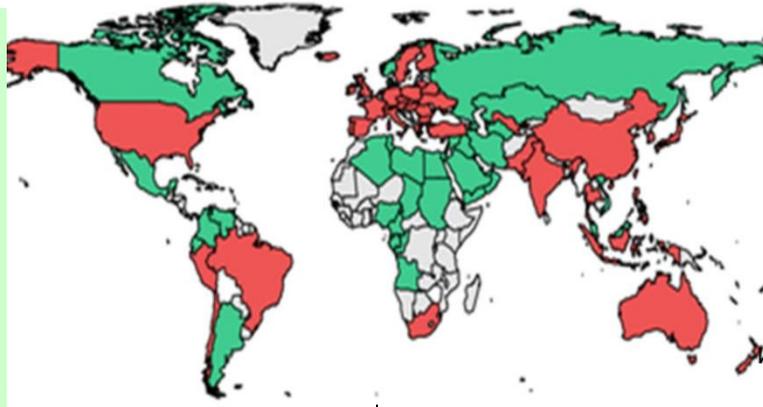
Цена «корзины» – это средневзвешенная цена этих сортов (за баррель)



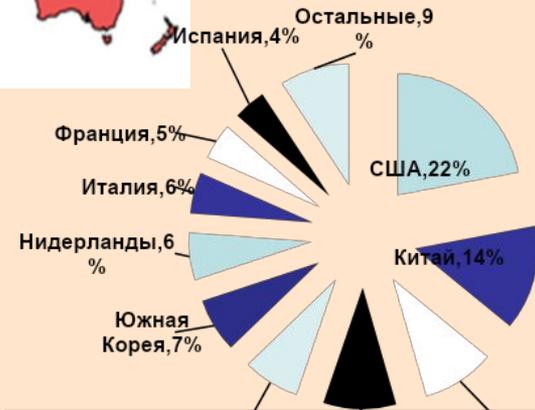
Источник: ОПЕК

Экспорт, импорт нефти

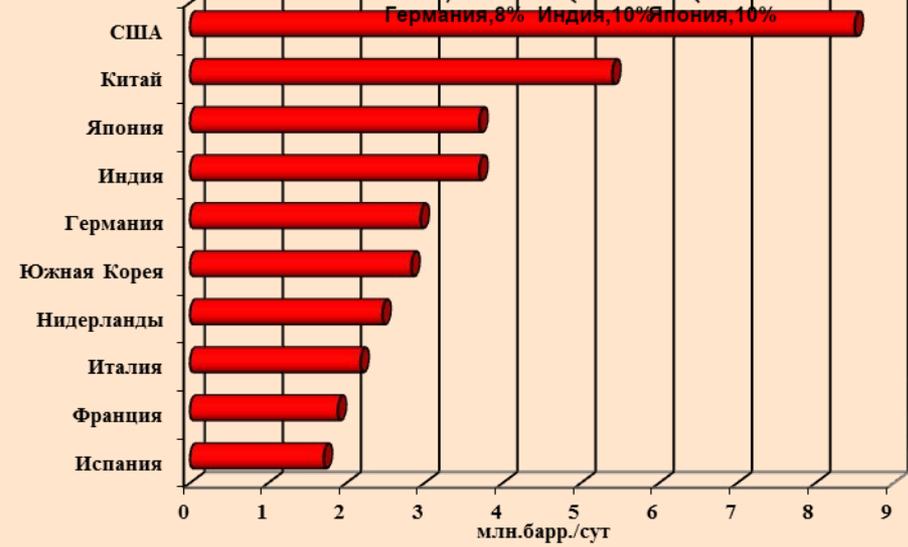
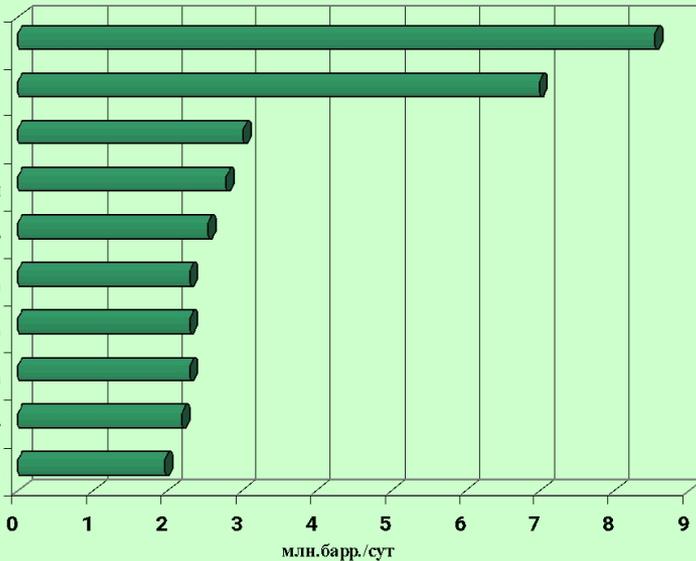
Страны- экспортеры нефти



Страны- импортеры нефти

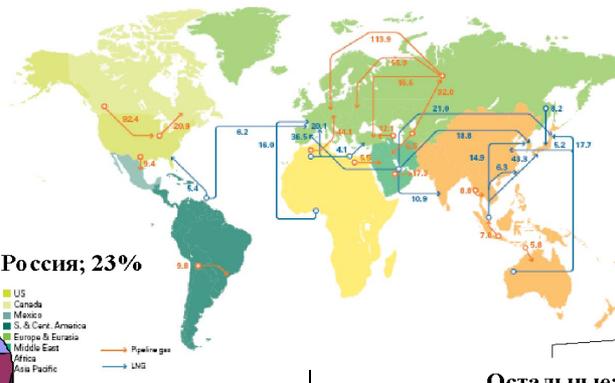
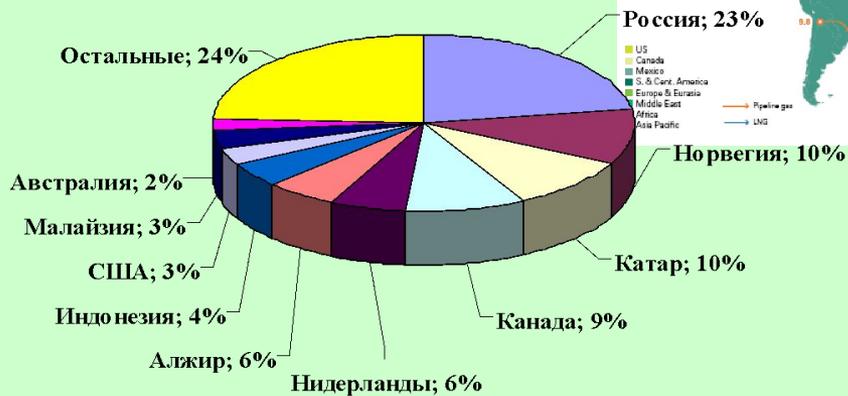


Саудовская Аравия
Россия
Норвегия
Иран
ОАЭ
Венесуэла
Канада
Мексика
Кувейт
Великобритания

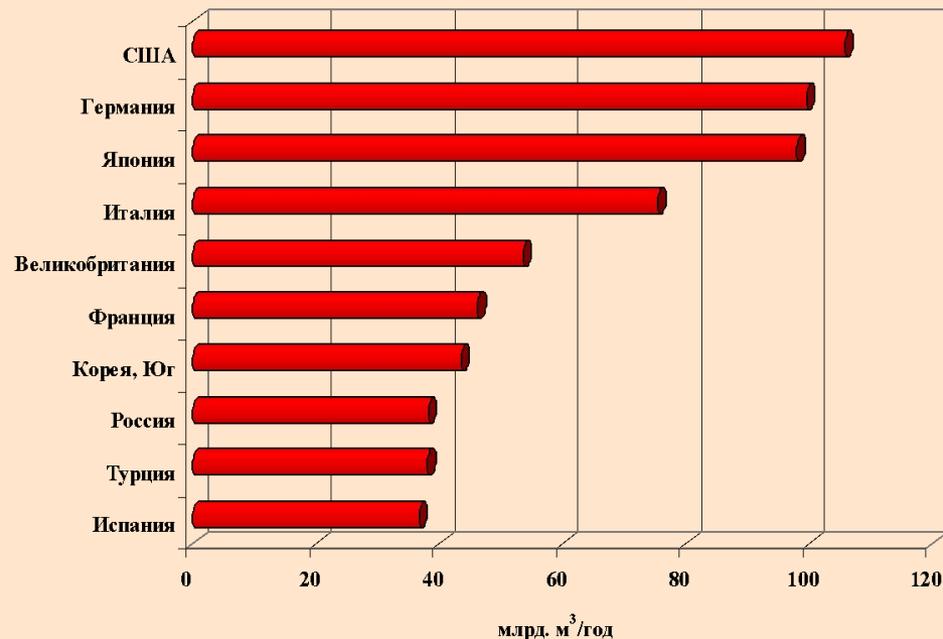
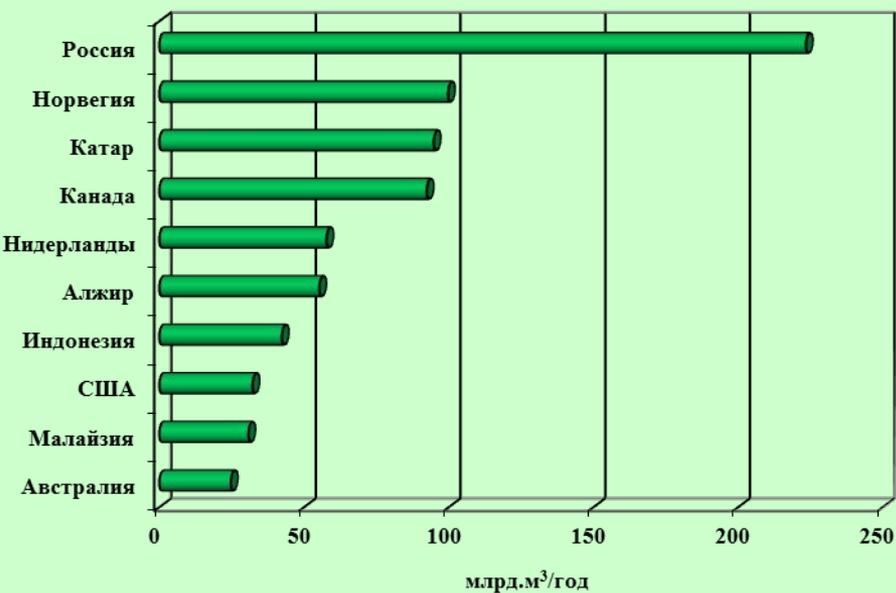
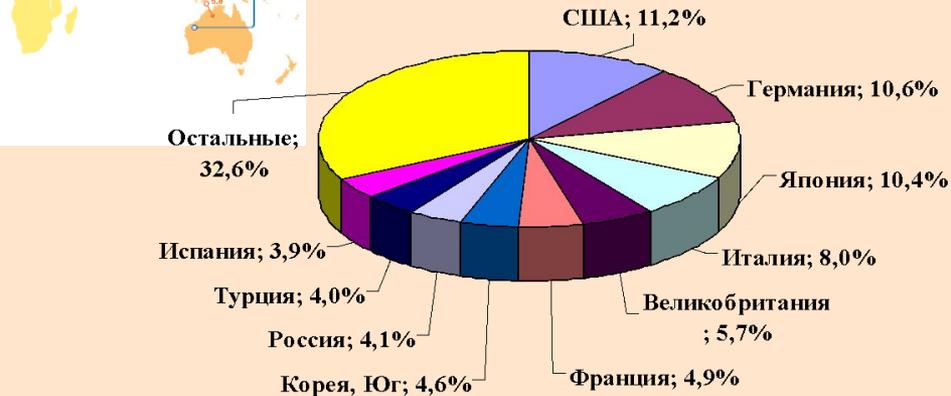


Экспорт, импорт природного газа

Страны- экспортеры газа



Страны- импортеры газа

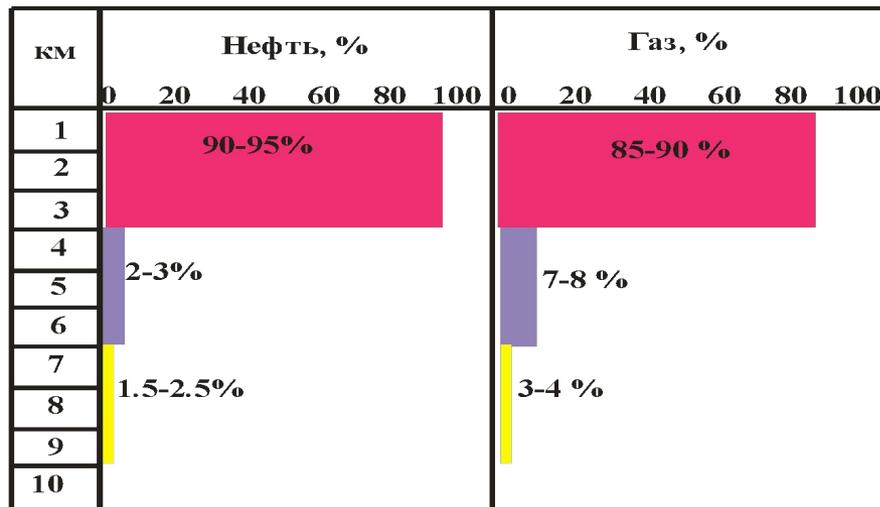


Возрастное распределение мировых ресурсов нефти и газа

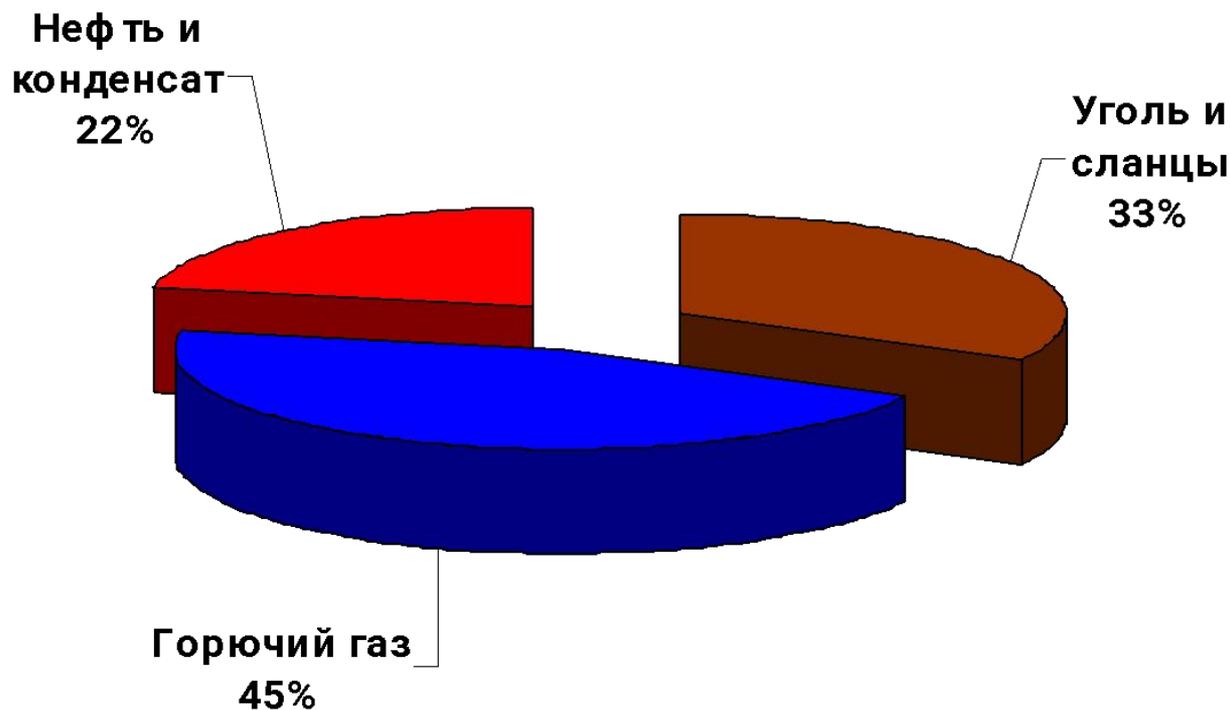
по возрасту

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

по глубине



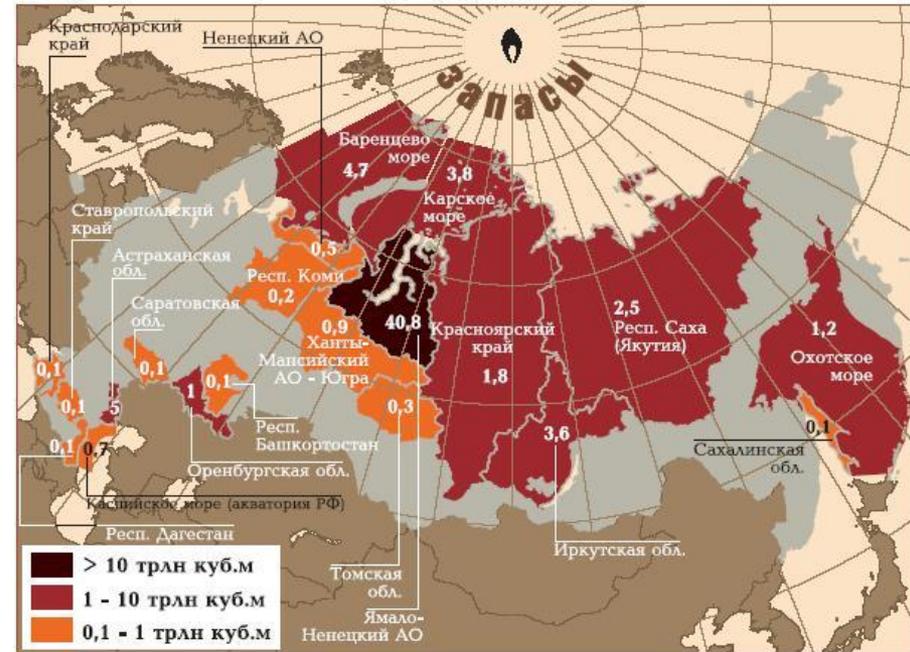
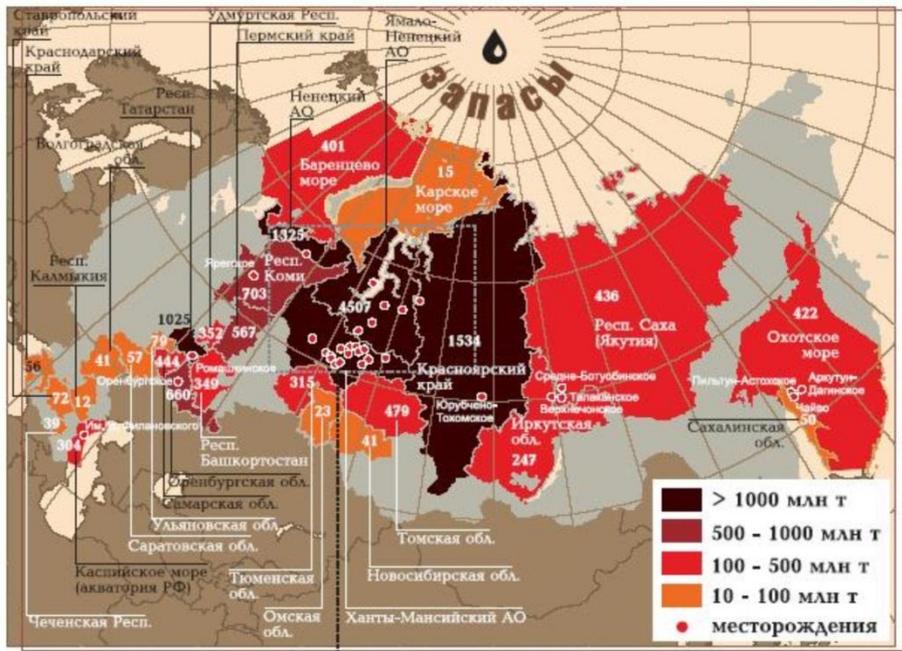
Долевое участие отдельных видов горючих полезных ископаемых в запасах России



Запасы

нефть

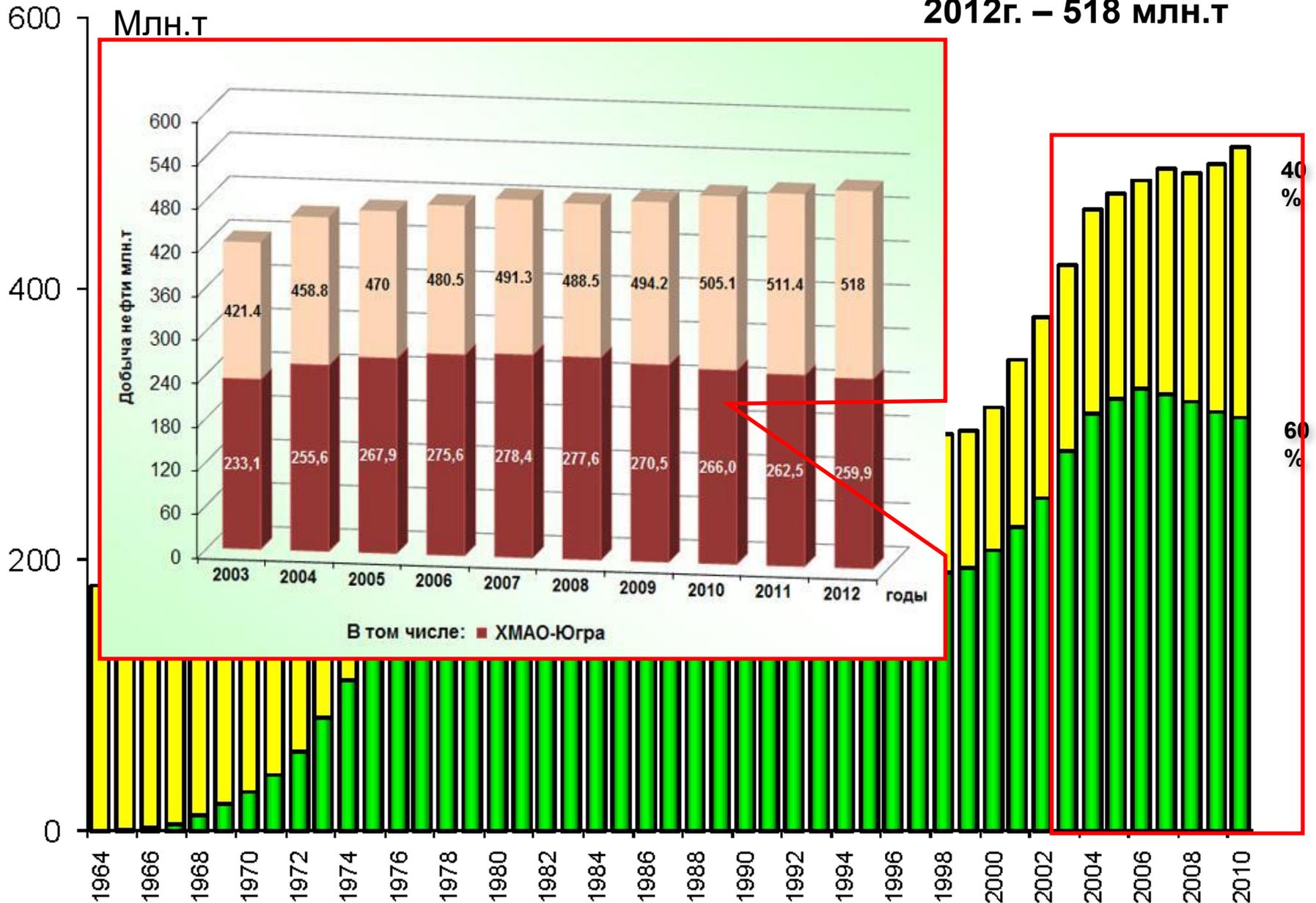
газ



- 2/3 запасов нефти сосредоточено в Западной Сибири (**ХМАО**).
- Свыше 2/3 разведанных запасов России сконцентрированы в уникальных (с запасами более 100 млн т) и крупных (более 30 млн т) месторождениях.

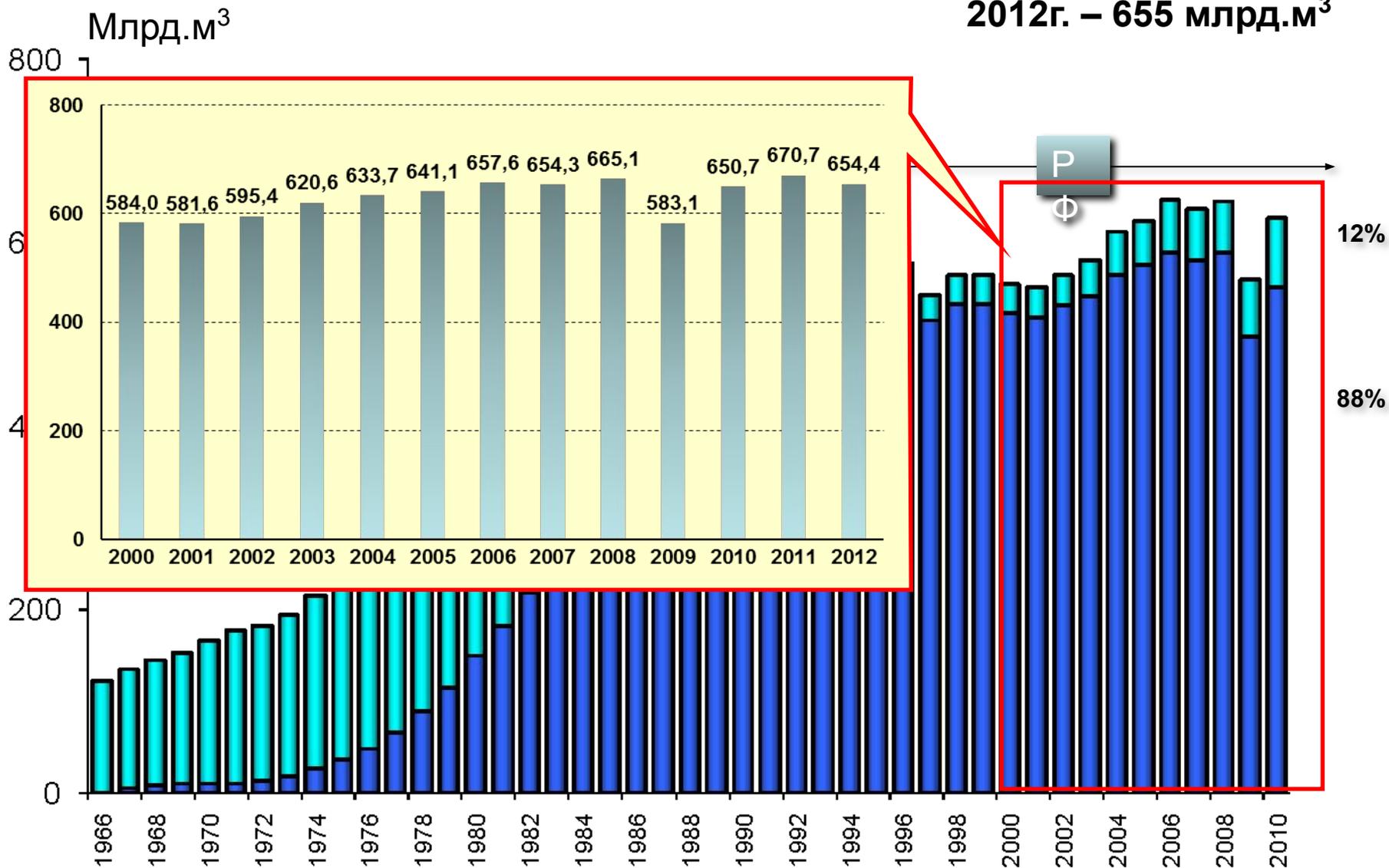
- Более 2/3 разведанных запасов свободного природного газа страны сосредоточено в (**ЯНАО**).
- Характерна высокая степень концентрации запасов природного газа – 71,2% разведанных запасов сосредоточено в 28 уникальных месторождениях (с балансовыми запасами более 500 млрд куб.м).

Добыча нефти и конденсата в Российской Федерации



Добыча свободного газа в Российской Федерации

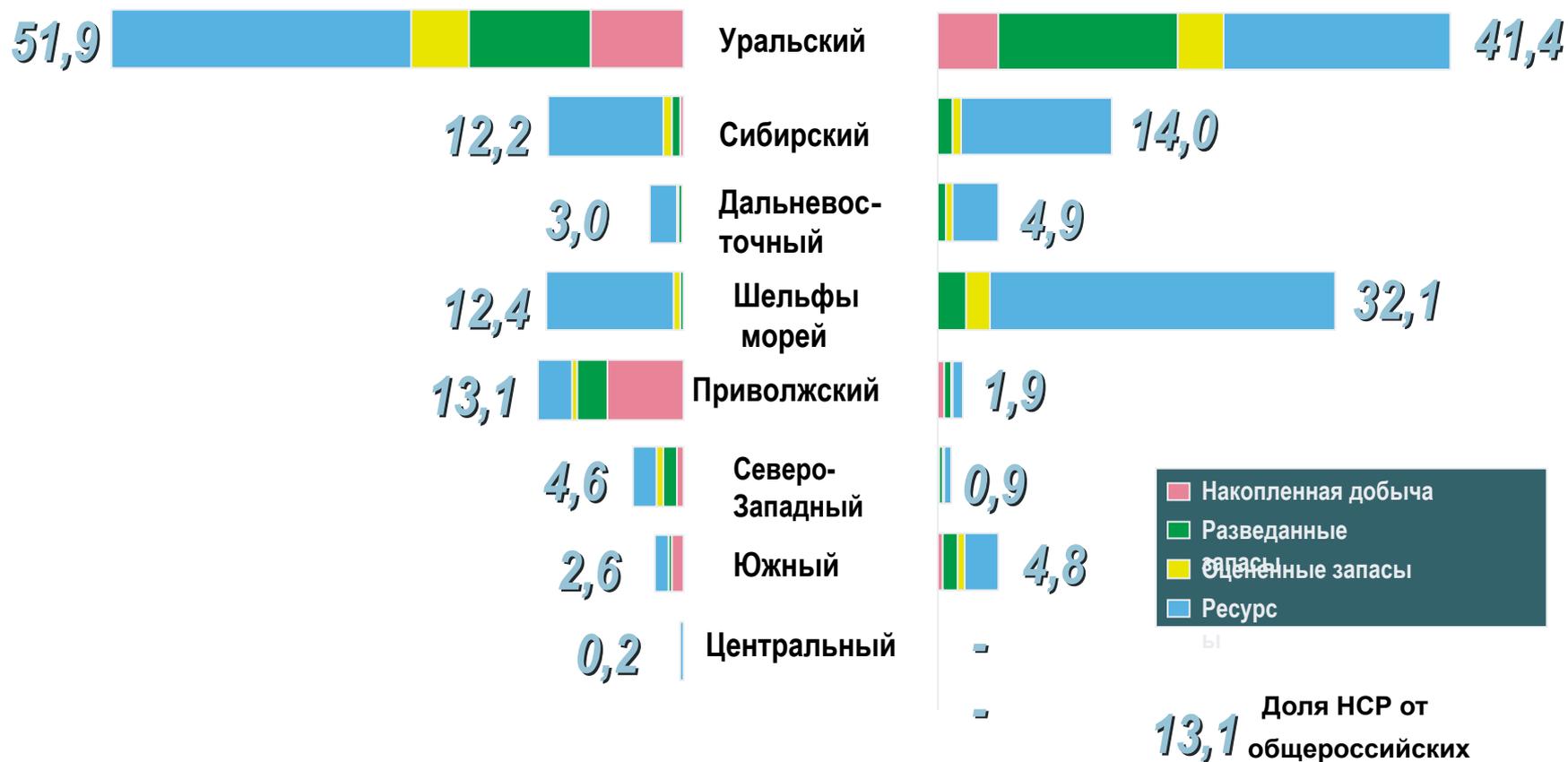
2012г. – 655 млрд.м³



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°C (объемная доля 27%),
- керосиновая - от 140°C до 220°C (13%),
- дизельная - от 180°C до 360°C (12%),
- тяжелый газойль и смазочные масла от 360°C до 500°C (10-20%),
- остаток (содержит смолы и асфальтены) - более 500°C (15-35%),.

Последнее время фракции, выкипающие:

- до 200°C , называют легкими, или бензиновыми,
- от 200 до 300°C - средними, или керосиновыми,
- выше 300°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 (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°C для воды и 20°C для нефти.

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

Плотность нефти зависит от:

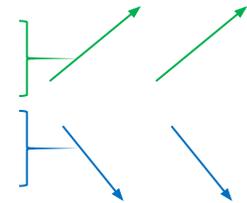
- состава УВ (наибольшую плотность имеют арены, наименьшую – алканы),
- содержания в ней смол и асфальтенов.

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°C

Температура застывания – температура, при которой охлаждаемая в пробирке нефть, не изменяет уровня при наклоне пробирки на 45° . 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

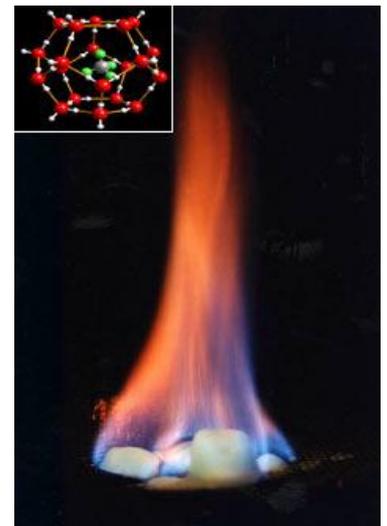
Природный газ – это многокомпонентная смесь природных УВ и неуглеводородных соединений.

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°C и давление – 0,1 мПа):

метана – $0,554 \text{ г/ см}^3$,

этана – $1,05 \text{ г/ см}^3$,

пропана – $1,55 \text{ г/ см}^3$.

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 $0,0001 - 0,01 \text{ мПа}^* \text{ с}$

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°C - зависимость - обратная
выше +90°C, 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/см³,
- 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 – более 85%	Содержание метана – 50-85%	Содержание ТУ– до 50%
Содержание конденсата - менее 10 $\text{см}^3/\text{м}^3$	Содержание конденсата – 10 – 30 $\text{см}^3/\text{м}^3$	Содержание конденсата – 30-90 $\text{см}^3/\text{м}^3$

В настоящее время, чаще, состав газов учитывают отдельно по C_2 , C_3 , C_4 и C_5 +высшие.

Газы содержащие широкую фракцию лёгких углеводородов (C_3 и C_4) называют этановыми, содержащими 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

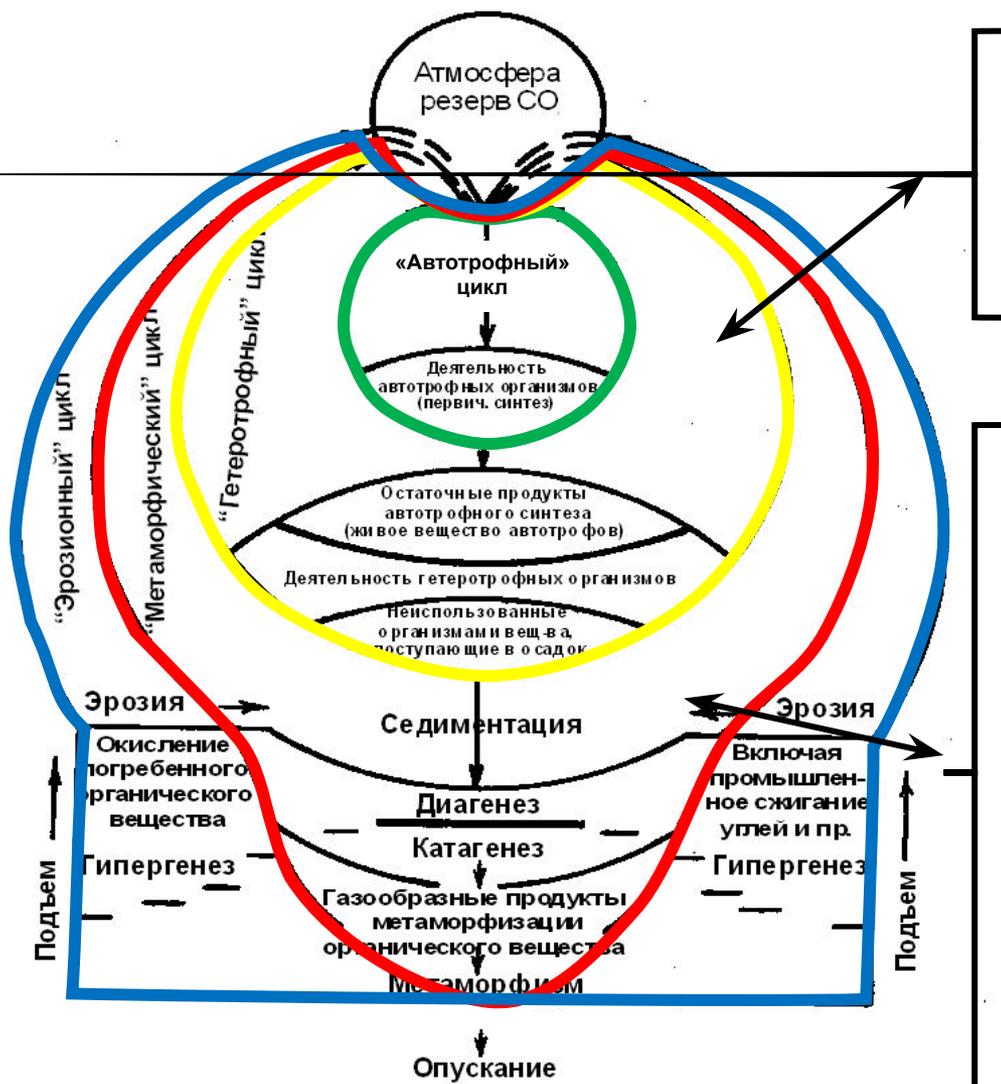
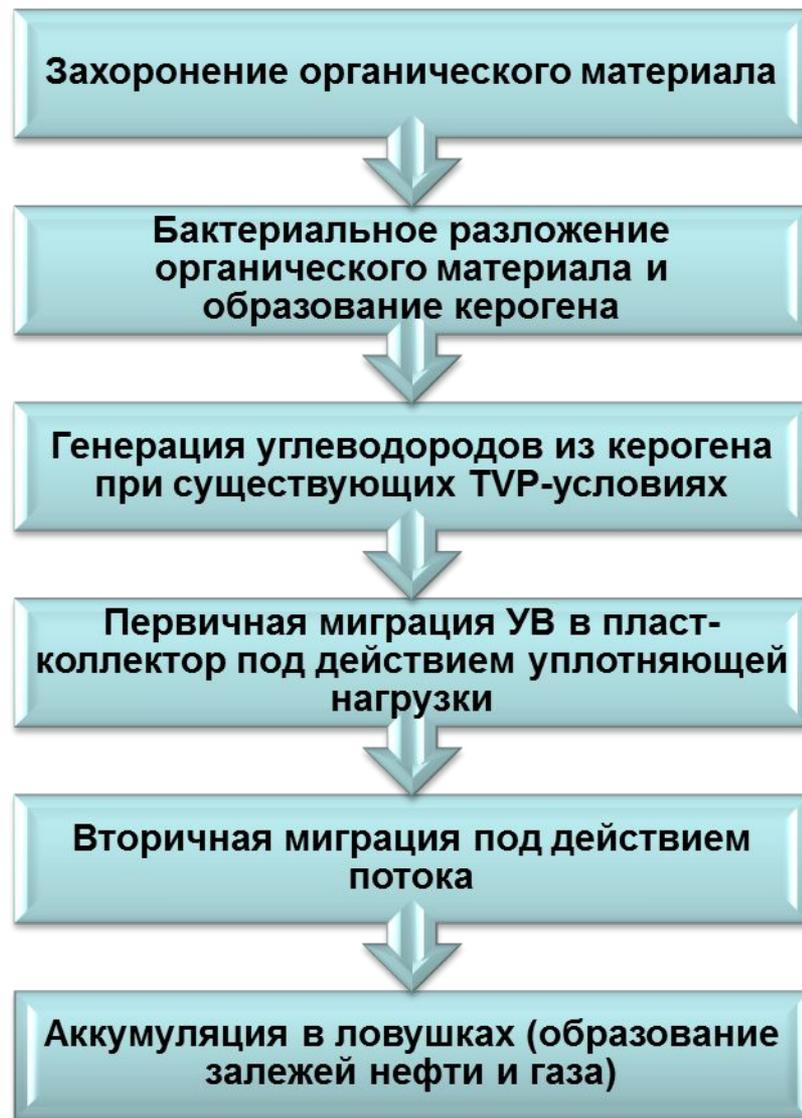


Схема образования залежей нефти и газа



Накопления ОВ



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

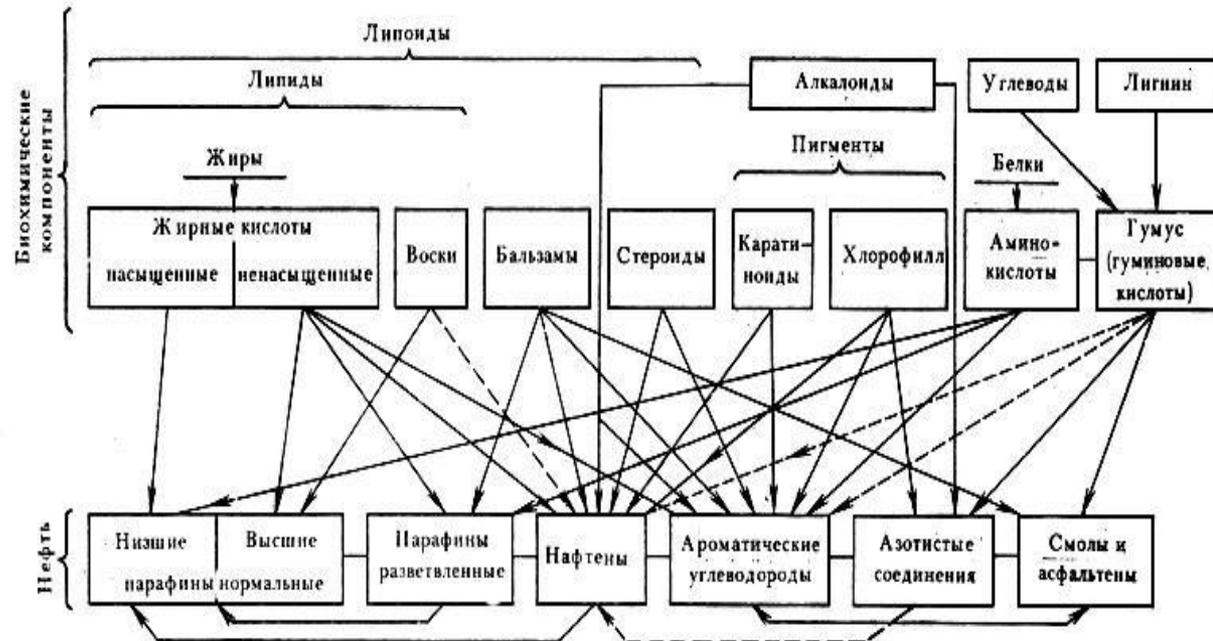
Для накопления и сохранения ОВ благоприятно:

- 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-алевритовые.

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

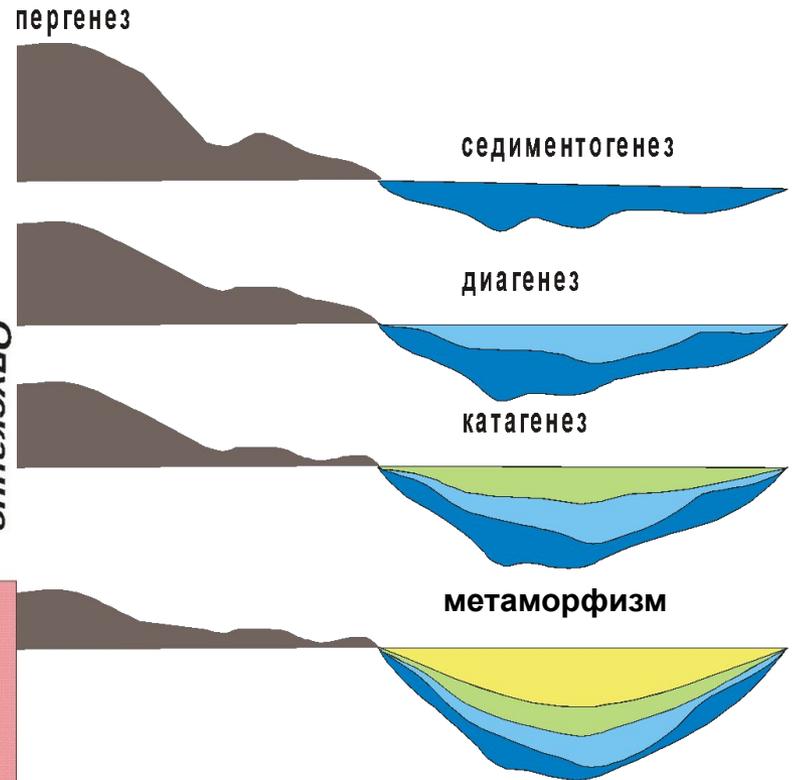
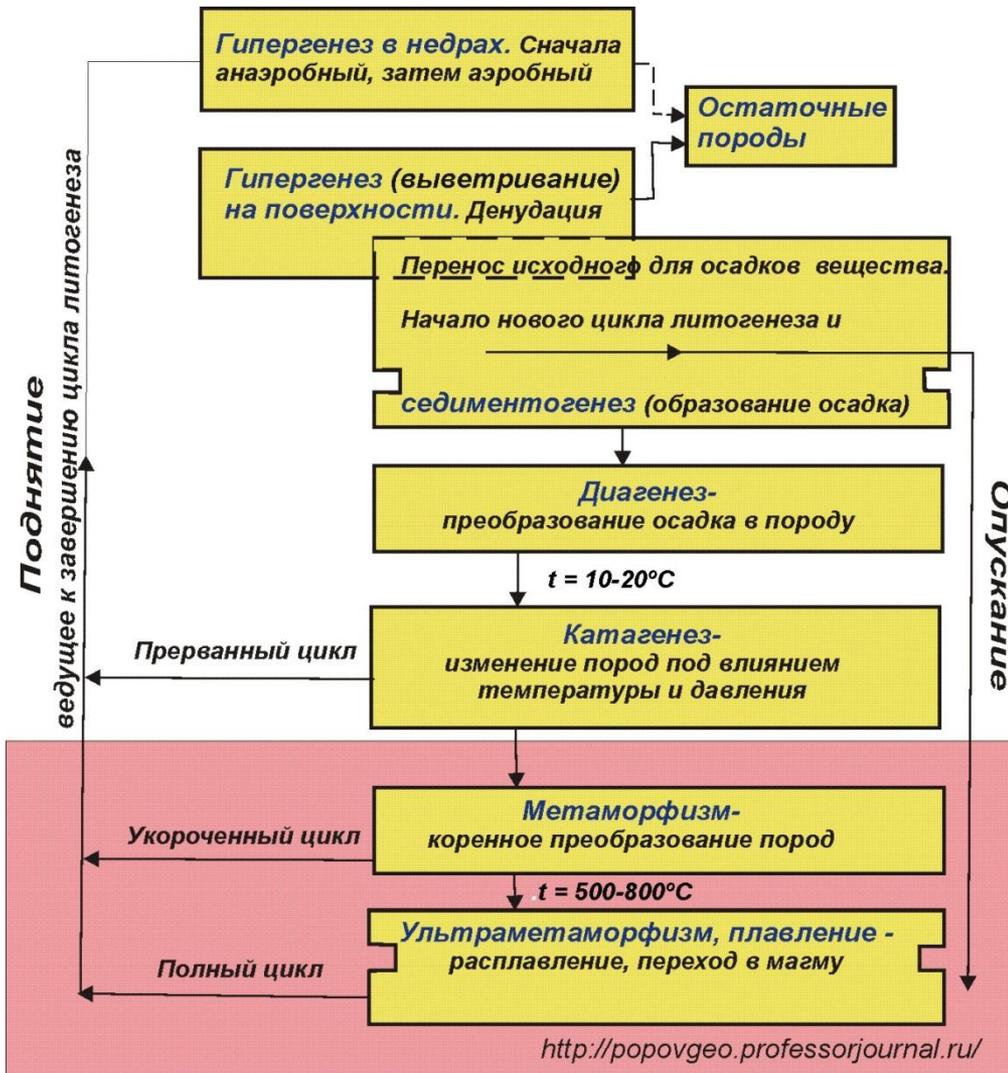
- В областях аридного литогенеза интенсивность механического выветривания значительно выше, чем химического, отсутствуют развитые коры выветривания, образуются соли.
- Главную роль в разрушении пород имеет температурное выветривание.

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:

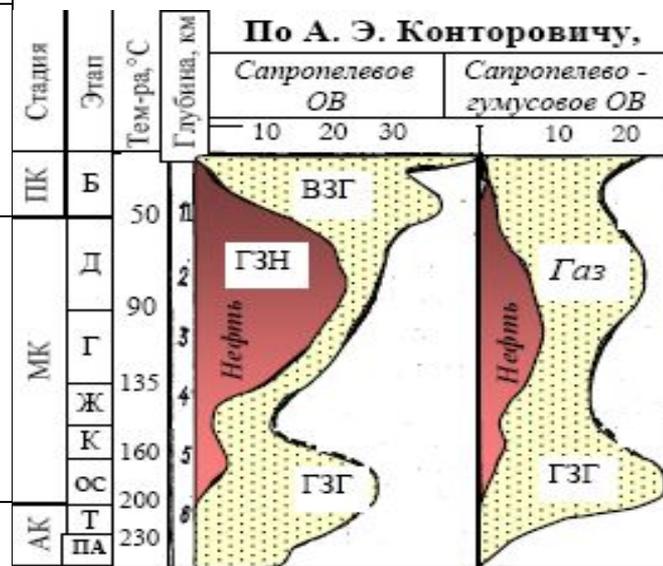
происходит дальнейшее уплотнение пород, меняется их минеральный состав, структура (укрупняется размер зерен, упорядочивается их ориентировка, происходит перекристаллизация с исчезновением фаунистических остатков);

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

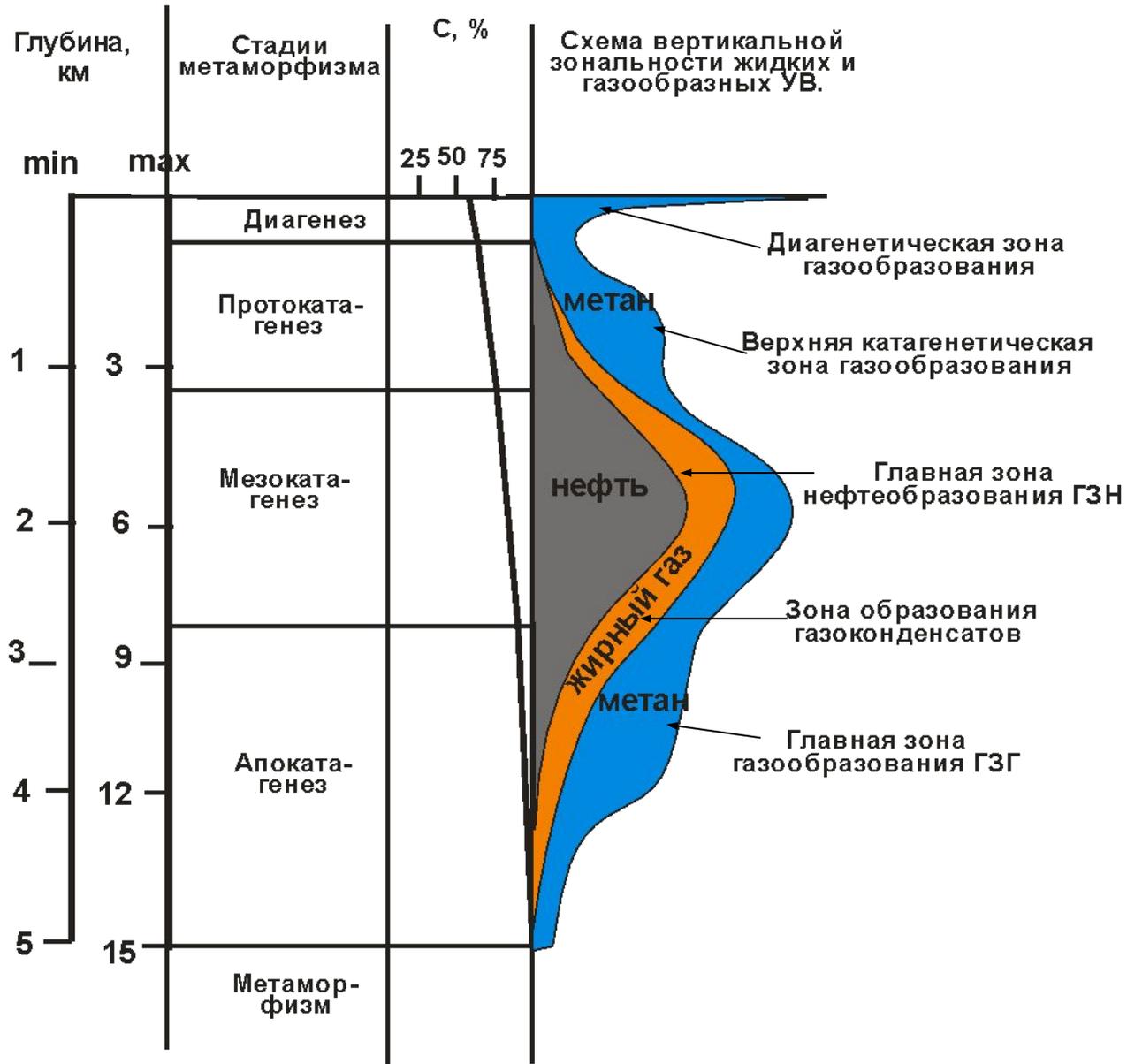
(с учетом данных Н.В. Лопатина, А.Э. Конторовича, С.Г. Неручева, В.И. Ручнова, В.В. Чернышева и др.)

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



^{*)} 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.

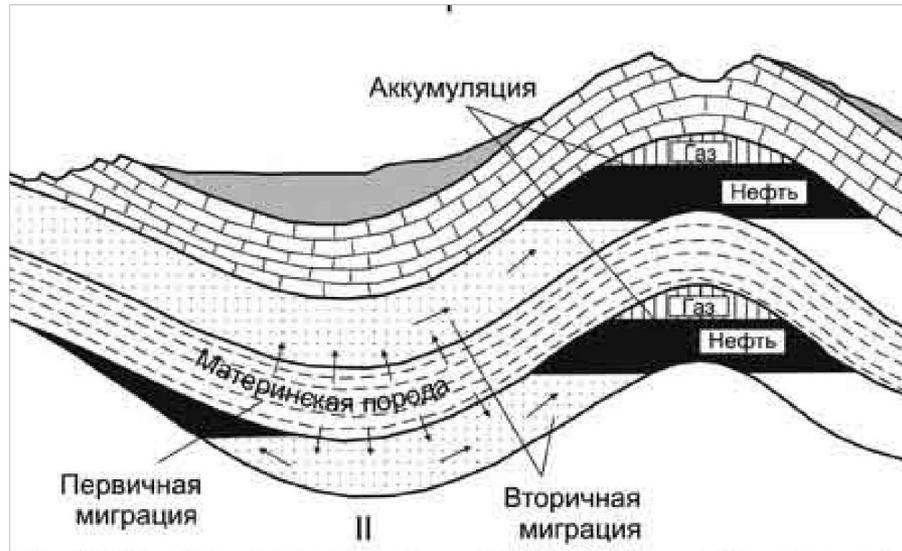
Первичная миграция, может идти **в любом направлении** - вбок, вверх, вниз.

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

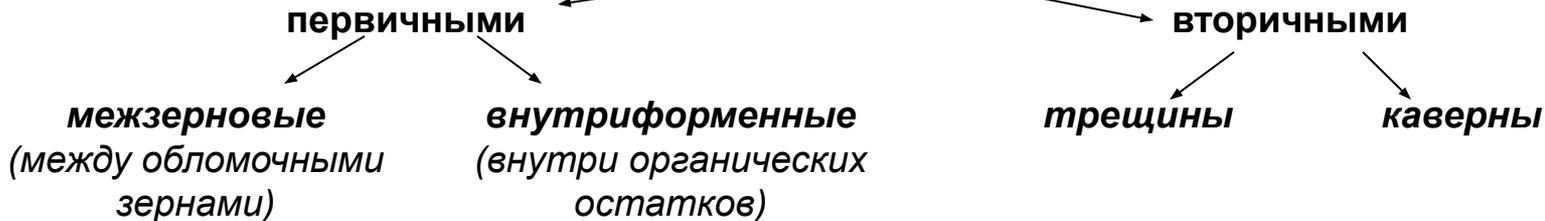
Пористость

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 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 – $0,04 \text{ м}^2/\text{г}$

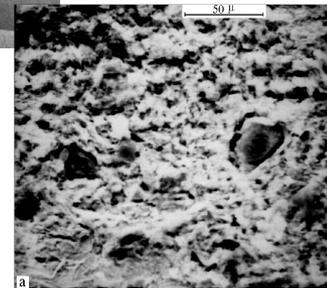
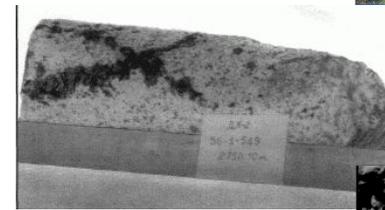
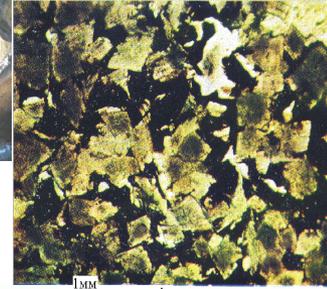
- глины – $10 \text{ м}^2/\text{г}$

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, монолитных, 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

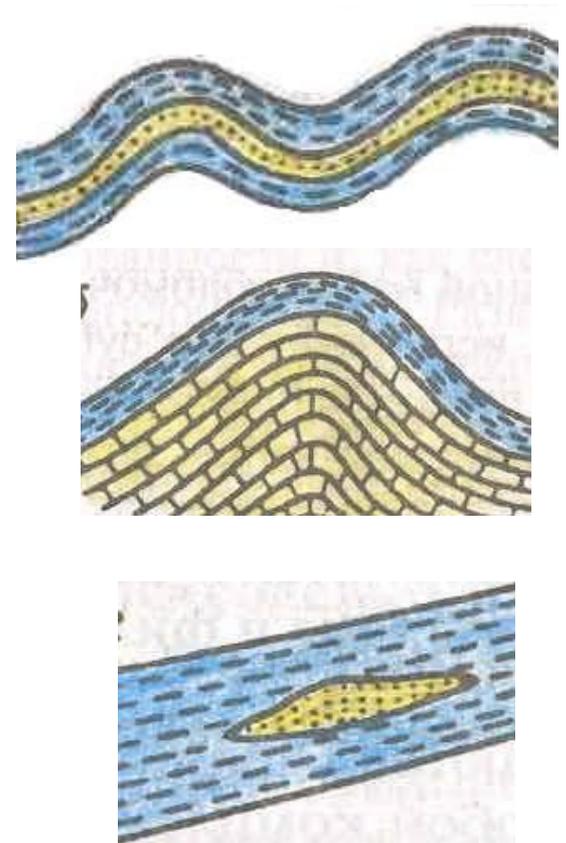
Природные резервуары - это природное геологическое тело, внутри которого возможна циркуляция флюида.

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.

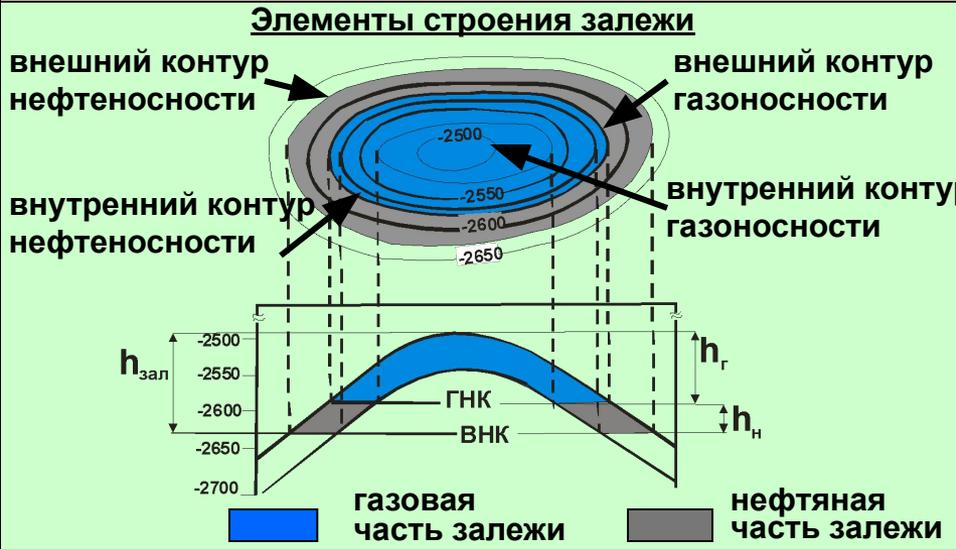
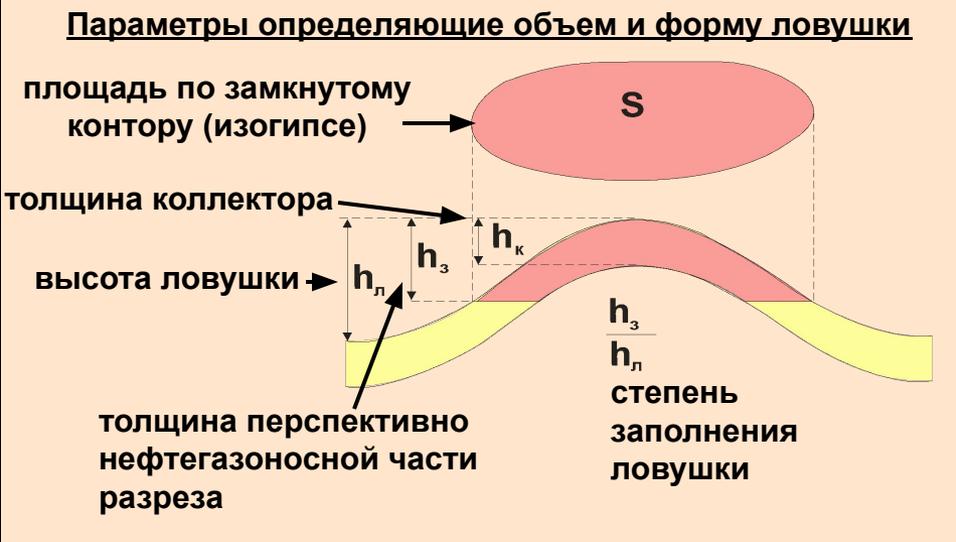
3 Литологически ограниченный резервуар - это линзовидные тела песчаников или гнезда проницаемых (трещиноватых) пород, ограниченные со всех сторон непроницаемыми породами.



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 ³ /сут
Высокодебитные	100	1 000
Среднедебитные	10–100	100–1 000
Малодебитные	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/см³.*

Градиент давления – изменение давления при погружении на 1 метр.

Геостатический градиент – в среднем 0,23 атм. (при плотности пород 2,3 г/см³)

Гидростатический - 0,11-0,12 атм. (при плотности минерализованной воды 1,1-1,2 г/см³)

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.