



Топливо и его использование

Лекция 1. Общая характеристика и классификация топлива

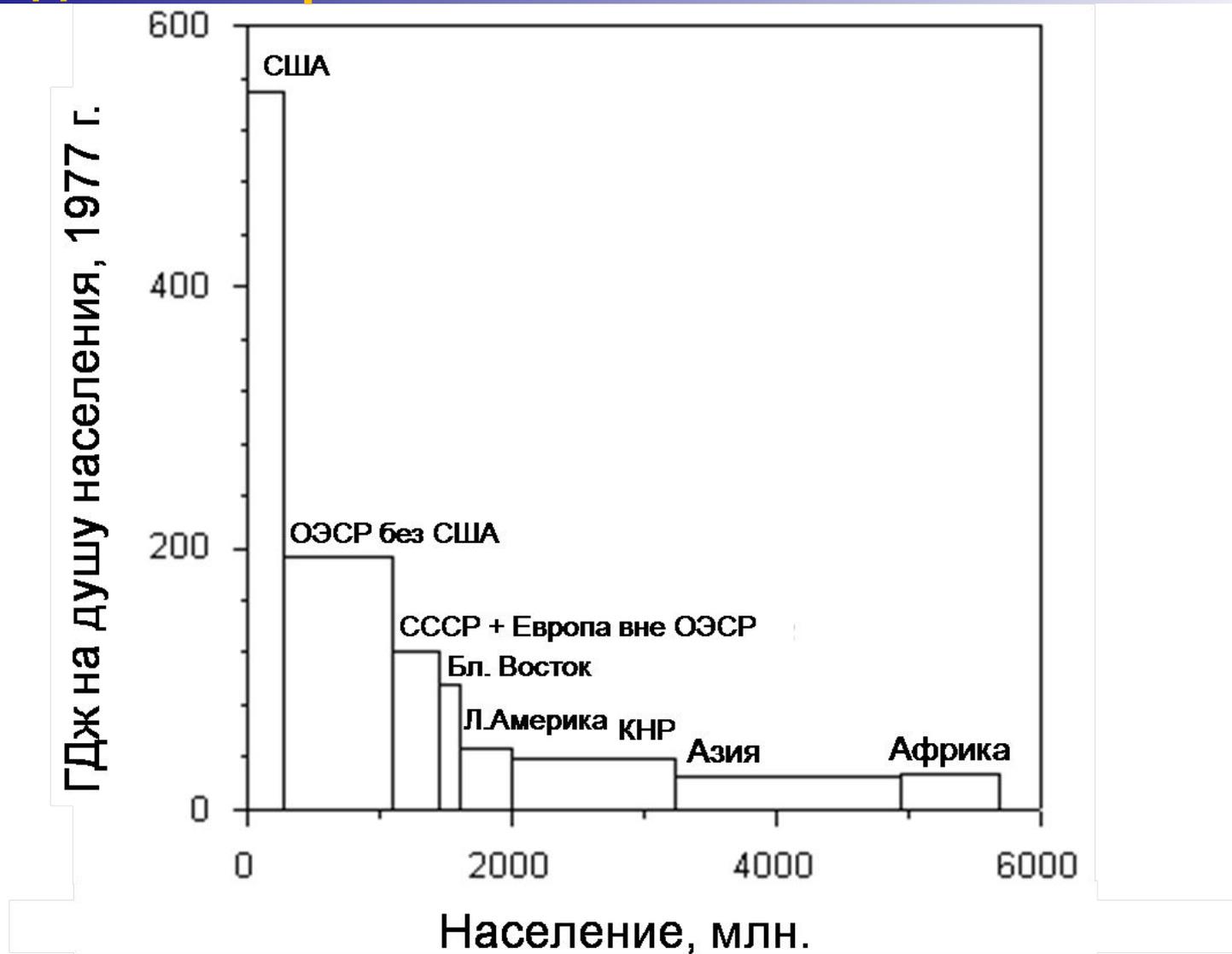
Г.И. Пальчёнок

1. **Основы практической теории горения:** Учебное пособие для вузов / **В.В. Померанцев** и др. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд., 1986.
2. **Панкратов Г.П. Сборник задач по теплотехнике.** – М.: Высшая школа, 1995.
3. **Тепловой расчет котлов (нормативный метод).** – Скт-Петербург, 1998.
4. **Хутская Н.Г., Пальченко Г.И. Топливо и его использование :** Лабораторный практикум. – Мн.: БНТУ, 2006.
5. **Хутская Н.Г., Пальченко Г.И. Топливо и его использование:** методическое пособие по курсовому проектированию. Расчеты эффективности процессов термохимической конверсии топлива– Мн.: БНТУ, 2009.
6. **Баштовой В.Г., Хутская Н.Г., Пальченко Г.И. Энергия биомассы:** учебно-методический комплекс. – Мн.: БНТУ, 2006 – 123 с..

Эффективное производство и рациональное потребление **энергии** являются основными факторами, определяющими уровень развития общества и его благосостояние.

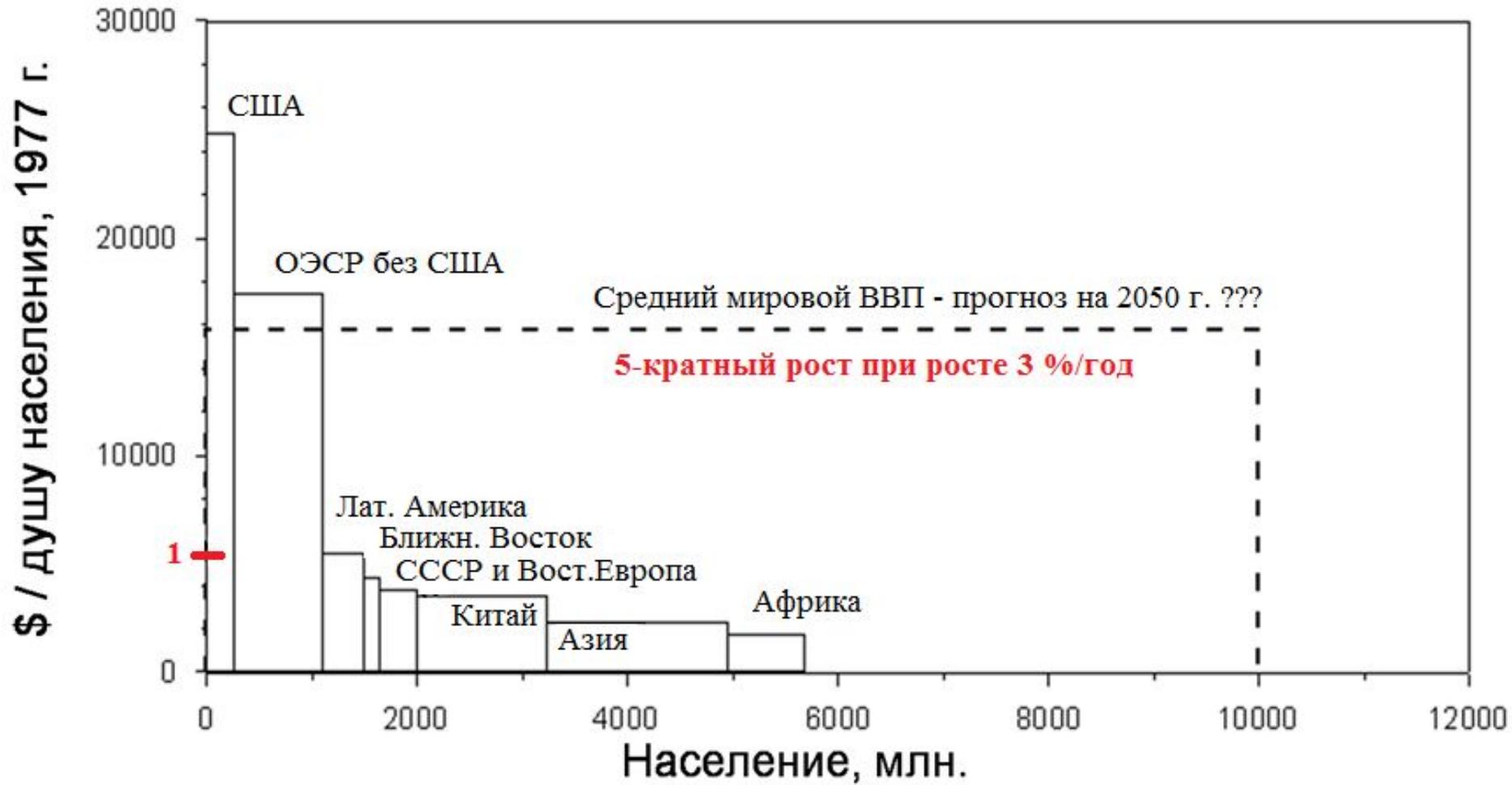
Свыше 90 % вырабатываемой в мире энергии производится за счет **сжигания органического топлива**, главным образом, **ископаемого** – угля, нефти и природного газа.

Производство энергии

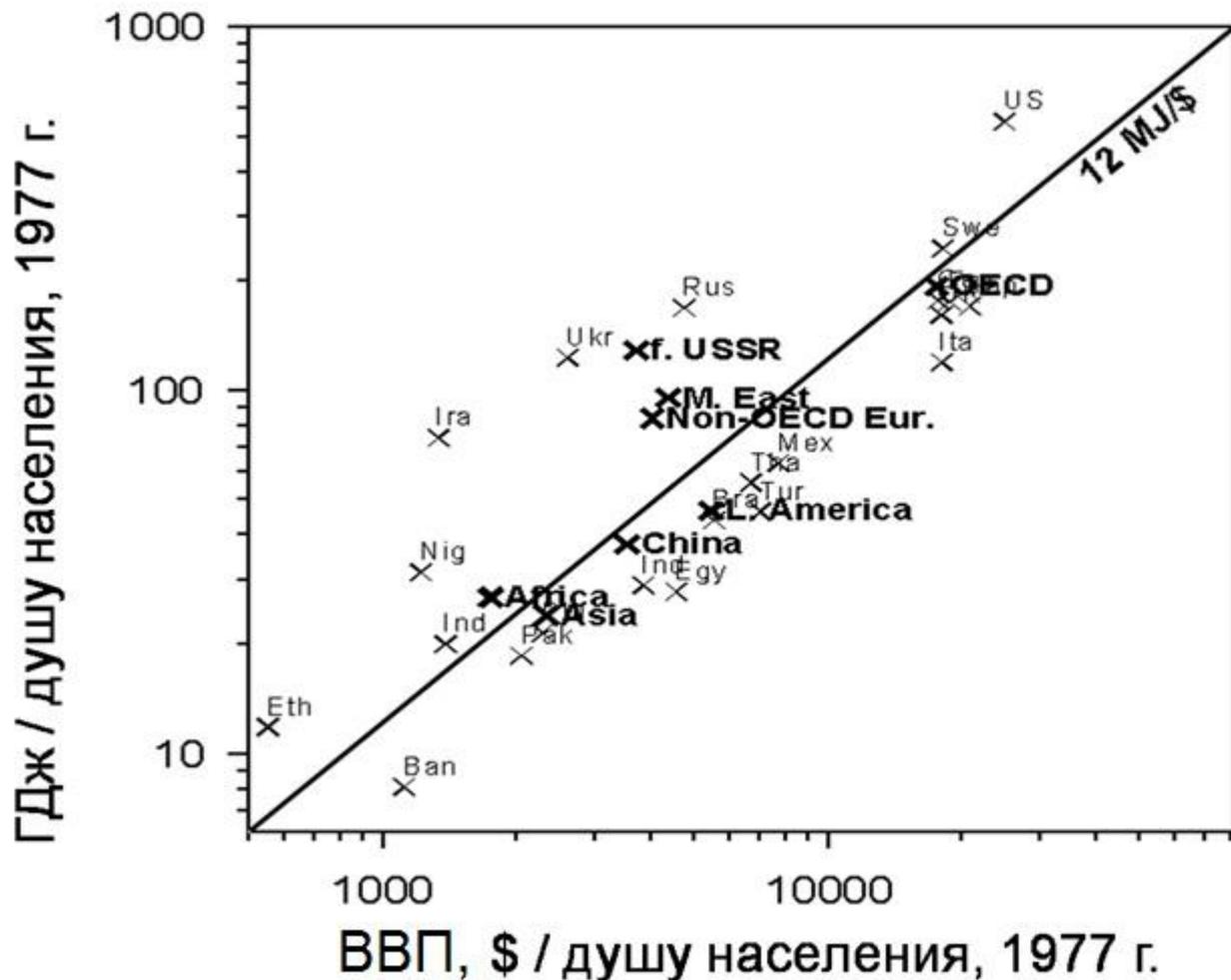


(ОЭСР – Организация Экономического Сотрудничества и Развития, ~ 30 наиболее развитых стран Запада)

Внутренний Валовой Продукт



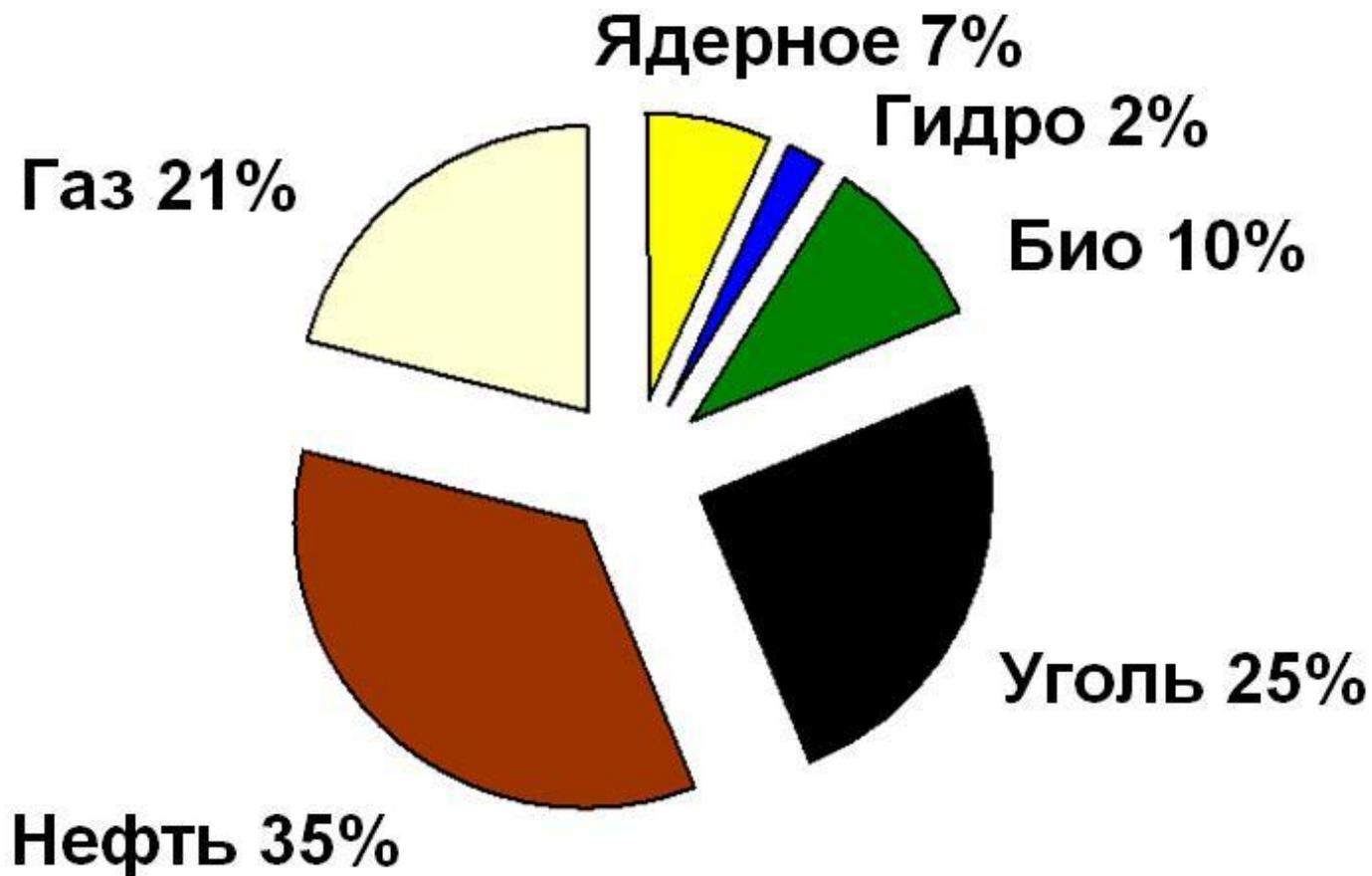
Производство энергии – уровень жизни (ВВП)



- Экономическое развитие требует прямо пропорционального роста производства энергии: 12 МДж / долл. США
- XX в.: энергия ископаемых топлив в ущерб природе и потомству
- XXI в.: устойчивое развитие путем перехода на ВИЭ

Структура глобального потребления топлива

Мировое производство энергии: ~ 100 000 ТВт·ч (Тера = 10^{12})

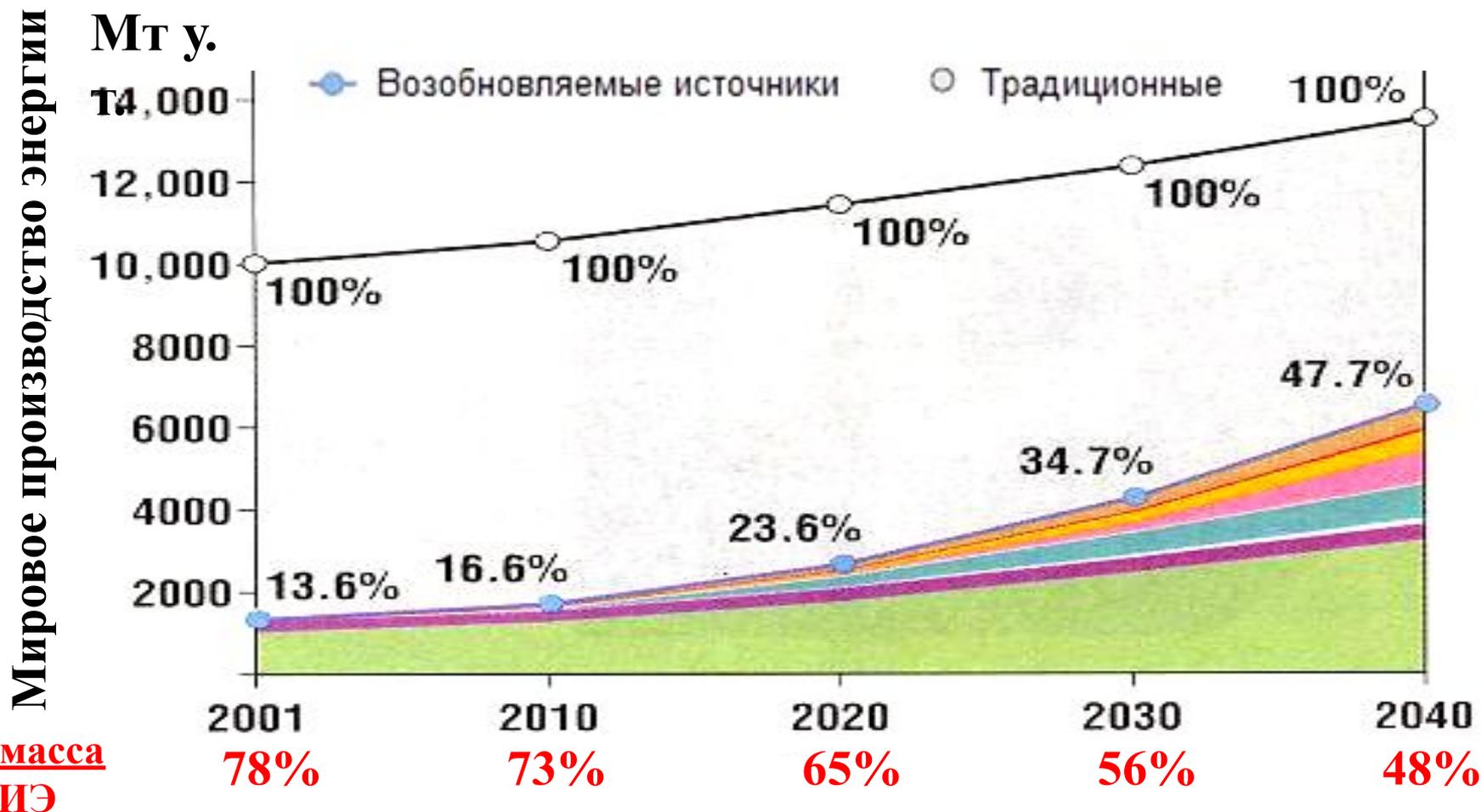


Стратегия устойчивого развития

Ограниченность и исчерпаемость запасов ископаемых топлив, а также связанные с их использованием загрязнение окружающей среды и негативные климатические изменения (глобальное потепление вследствие «*парникового эффекта*») потребовали от человечества перехода от *экстенсивного* развития энергетики "любой ценой" к ***стратегии устойчивого развития:***

отказу от развития человечества за счет будущих поколений путем замещения ископаемого топлива и других невозобновляемых природных ресурсов возобновляемыми источниками энергии и материалов.

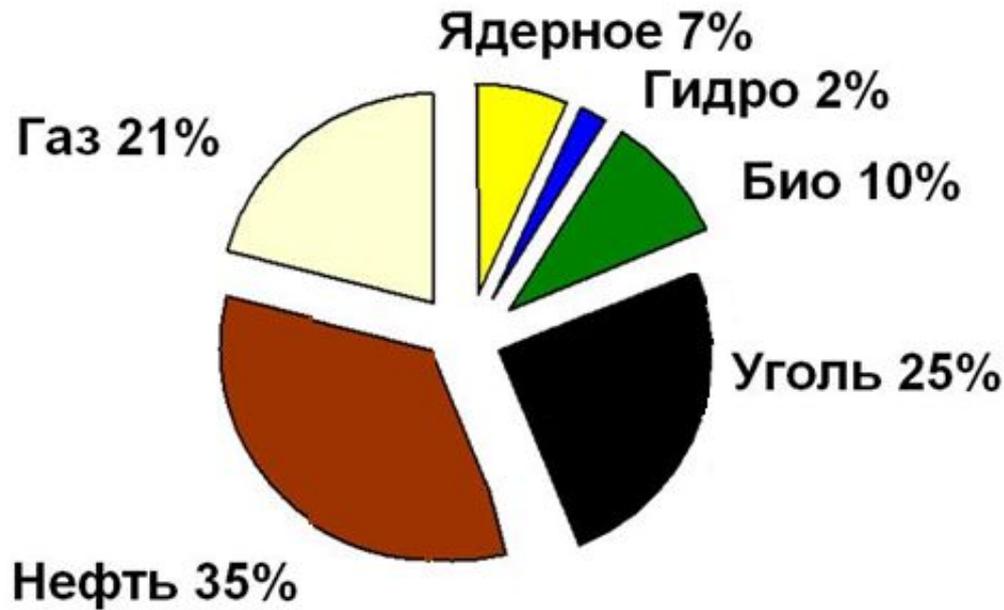
БИОМАССА – ОСНОВНОЙ ВИЭ (Advanced Int. Polices scenario)



**Биомасса
ВИЭ**

Динамика баланса топливно-печного топлива РБ

Глобальный топливный баланс



Топливо – вещества, выделяющие в результате тех или иных преобразований **энергию** (теплоту), которая может быть технически использована.

По принципу высвобождения энергии можно выделить **2 основные группы топлив:**

1) **ядерное топливо** – энергия высвобождается в результате ядерных (распад тяжёлых ядер) или термоядерных (синтез лёгких ядер) преобразований.

2) **органическое топливо** (ископаемые и биомасса) – энергия выделяется в процессе **горения топлива** – химического взаимодействия с окислителем (например, кислородом O_2 - **реакции окисления**).

Количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании 1 кг топлива, называется **теплотой сгорания** или **теплотворной способностью топлива**.

ГОРЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Органическое топливо

(ископаемые – уголь, нефть, прир. газ и биомасса – дрова)



Окислитель

(кислород)



+

= горячие продукты реакции: $CO_2 + H_2O + SO_2 + Q$
(газы с теоретической температурой $T \sim 2500$ К)



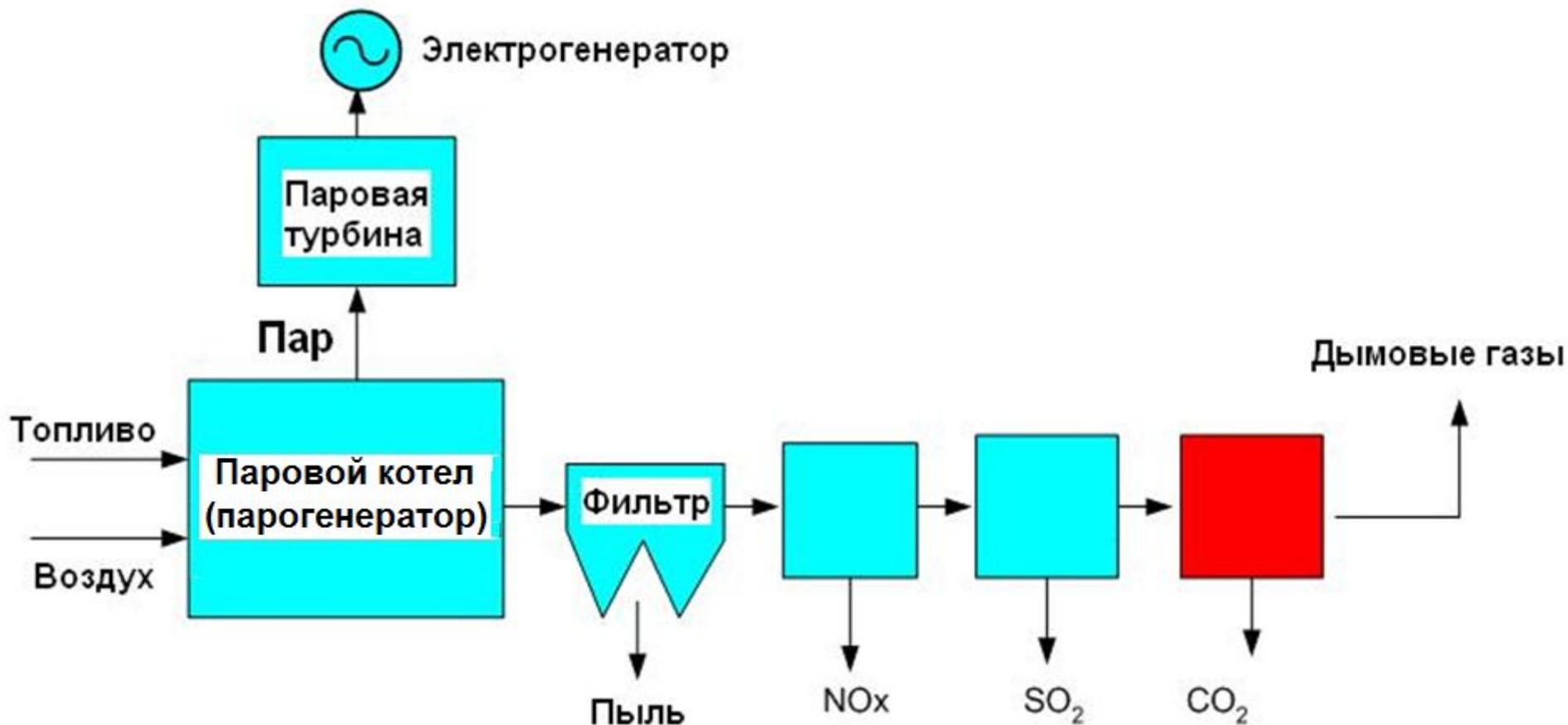
Тепловая машина

горячие газы → газовая турбина → эл. энергия

↓ ДВС → кинетич. энергия (эл. энергия)

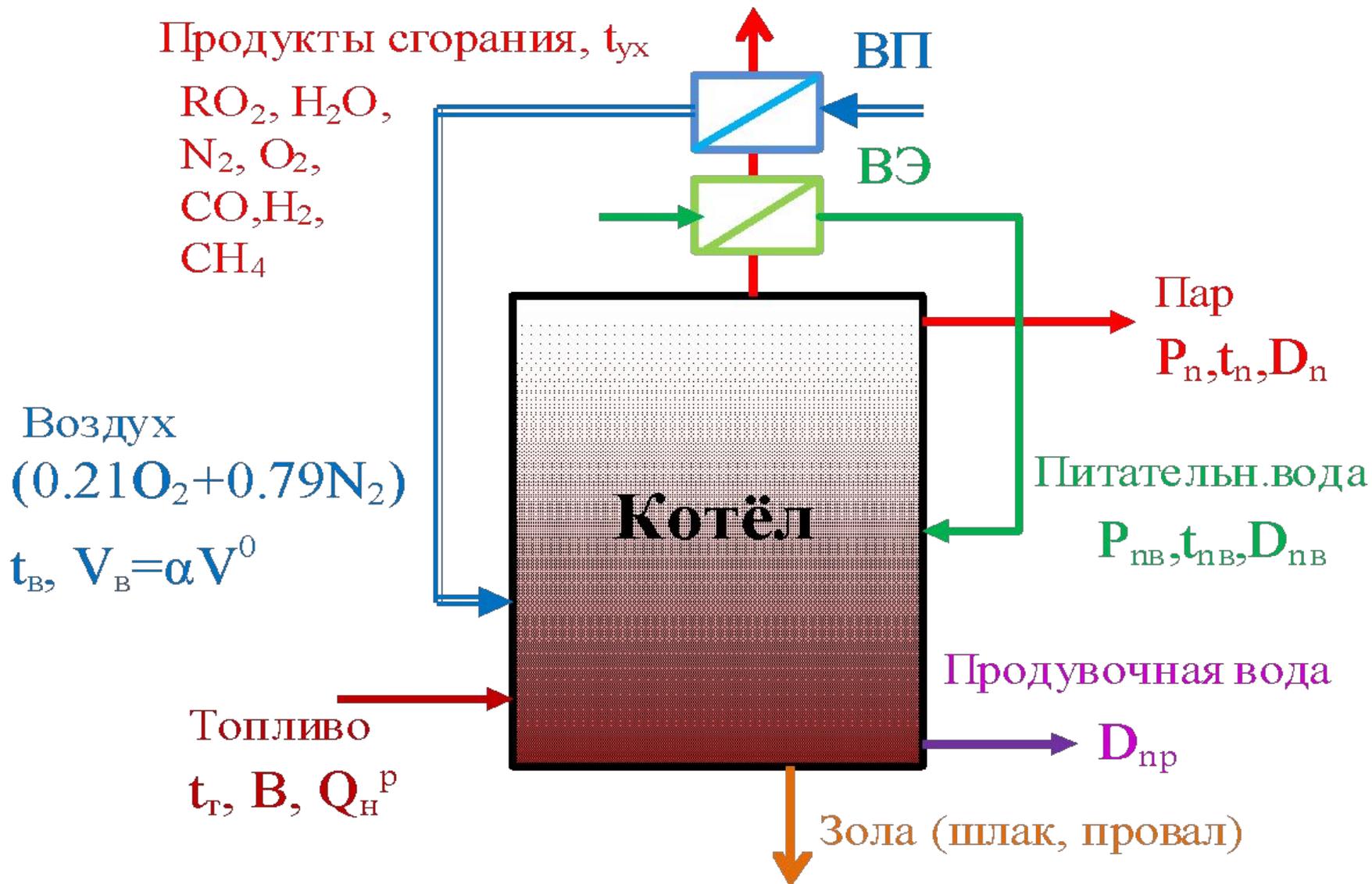
(теплопередача) → пар → паровая турбина → эл. энергия

Паротурбинная энергетическая установка (ПТУ)

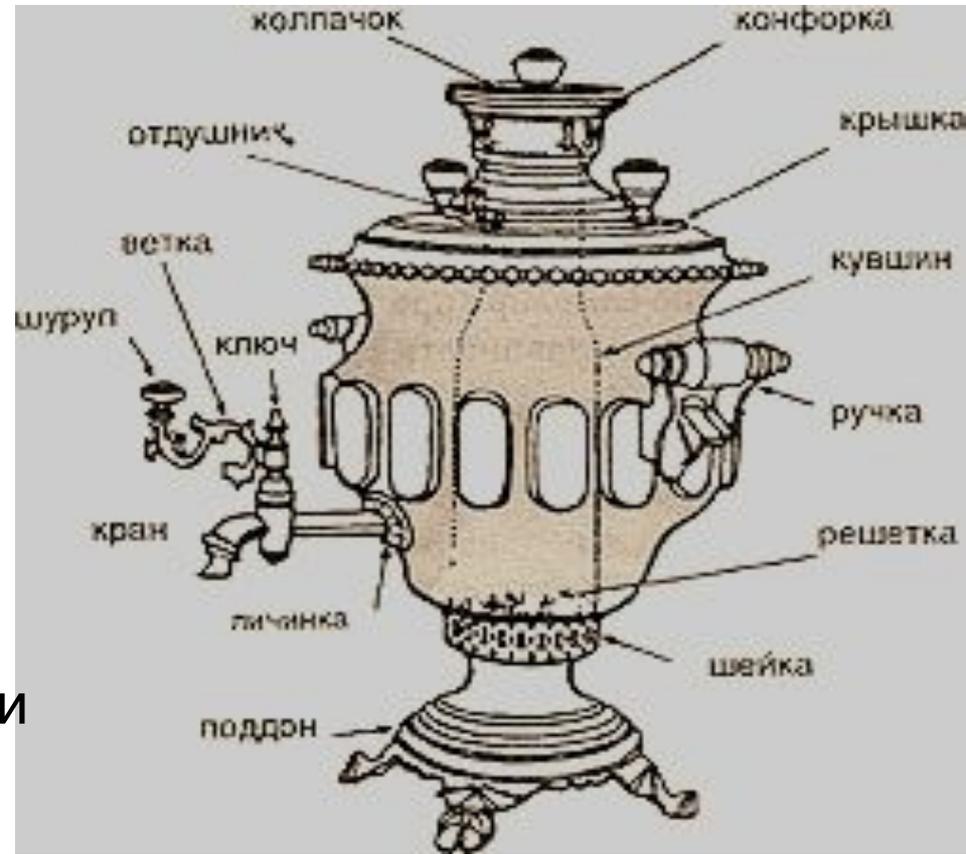


Водяной пар служит *рабочим телом* для выработки электрической энергии

Потоки массы и энергии в паровом котле (парогенераторе)



Прототип жаротрубного водогрейного котла – самовар



Топочная камера типа "жаровая труба" ("кувшин") помещена внутри резервуара с водой (в "водяной рубашке"), что снижает тепловые потери в окружающую среду.

Топливо – древесные лучины (щепки) – закладывается сверху на решетку, под которой имеется поддувало ("шейка"), через отверстия которого воздух-окислитель самотягой подаётся в топку. Продукты сгорания (дымовые газы) выходят через трубу, устанавливаемую на верхнюю конфорку.

Природное органическое топливо

является продуктом длительного естественного анаэробного разложения богатых органикой отложений под слоем воды или в толще осадочных пород, сопровождавшегося термохимическими превращениями.

Подразделяется на

- **твёрдое** топливо (по нарастанию *степени метаморфизма*):
 - растительная биомасса (древесина и т.п.)
 - торф
 - бурые и каменные угли
 - полуантрацит и антрацит
 - горючие сланцы (жидкие или твердые углеводороды в порах каменистых или глинистых масс)
- **газообразное** – природные газы, включая нетрадиционные (сланцевый, угольных пластов, болотный и т.п.)
- **жидкое** – нефть и продукты ее переработки
- **синтетические** газообразное и жидкое топлива – продукты газификации или пиролиза твердого топлива.

Происхождение ископаемых топлив

Продукты длительной череды биологических, химических и термокаталитических превращений богатых органикой отложений на дне водоемов :

болот или

озер, морей, заливов

ГУМОЛИТЫ:

торф, угли

углефицированная
растительная
биомасса

○ **ПЕТРОЛИТЫ:** **нефть, природный газ**

(углеводороды нефтяного ряда,
образованные из *планктонной* биомассы)

○ **САПРОПЕЛИТЫ:** **горючие сланцы,
сапропéли, сапропелевые угли**

(горючий компонент – **керогéны**, одна из
форм нетрадиционной нефти: полимерные
углеводороды, $M > 1000$ кг/кмоль,)

(*планктон* – плавающие на поверхности воды 1-клеточные
растения и микроскопические животные)

Все виды *ископаемых* органических топлив представляют собой различные стадии геологического старения первичных углеобразователей (главным образом *растительной массы*) и могут быть подразделены на:

- 1 *гумусовые породы (гумолиты)* (торф, бурые и каменные угли), зарождающиеся на дне болот;
- 2 *сапропелевые породы (сапропелиты)* (сапропéли, сапропéлевые угли, *горючие сланцы*, имеющие повышенную *зольность* из-за засорения минеральными примесями), их горючий компонент – *керогены*, смесь полимерных высокомолекулярных углеводородов
- 3 *петролиты* - ископаемые нефтяного ряда (*нефть, асфальт, горючие газы*), основа – *планктон* – растительные (био-) и животные (зоо-) *микроорганизмы*, плавающие на поверхности водоемов. Биопласты опускались на большую глубину, на первой стадии превращались в *керогены*, последующая углефикация которых шла при температуре ≥ 50 °С.

Углефикация растительной биомассы

□ **Оторфенение** - начальные стадии разложения в толще отмершей растительности в заболоченных местах, где слой воды препятствовал свободному доступу воздуха, в результате которого образовался **торф** – бурая масса, сохранившая остатки неразложившихся частей растений (листьев, стеблей).

□ **Углефикация** – дальнейшие стадии разложения (повышение содержания **С** и уменьшение **Н** и **О**), в результате которых возникли **угли**

□ 2,5-65 млн лет – бурые,

□ 250-350 млн лет назад – каменные и антрациты

Вклад различных составляющих исходной биомассы в состав ископаемых топлив

- **Целлюлозы, гемицеллюлозы, белки и др. составляющие ($\approx 2/3$ массы), легко поддающиеся разложению**, – в процессе геологического старения превращаются в газообразные или легко растворимые вещества и практически не участвуют в углеообразовании.
- **Лигнин, воски, смолы, углеводороды и др., трудно или вообще не поддающиеся разложению** в течение нескольких геологических периодов. Со временем они частично полимеризуются, уплотняются, превращаются в более устойчивые вещества. В основном и определяют состав ископаемых топлив.

Основные составляющие растительной биомассы

- **Целлюлоза** (клетчатка) - полимерный углеводород (линейный полисахарид на основе 6-ти углеродного кольца) с элементарной формулой $(C_6H_{10}O_5)_n$. Степень полимеризации (число элементарных мономеров) $> 10\ 000$, высокая прочность, нерастворимость.
- **гемицеллюлозы** - $(C_6H_8O_4)_n$ – нелинейные (в основном, разветвленные) полисахариды, более растворимые и подверженные химическим превращениям; степень полимеризации 50 ... 200.
- **лигнин** - межклеточное вещество, связывающее между собой клетки, со сложной 3-мерной молекулярной структурой $(C_9H_{24}O_{10})$, включающей бензольные кольца.

Жидкое топливо

- ❑ **Сырая нефть** - ценное химическое сырье, как топливо непосредственно не применяется.
- ❑ В результате **нефтепереработки** получаются *транспортные* топлива: **бензин, керосин** и др., почти не содержащие минеральных примесей и отличающиеся высокой реакционной способностью (транспортное топливо).
- ❑ Остаточным продуктом нефтепереработки является **мазут**, широко используемый как энергетическое топливо. Топочный мазут отличается повышенным содержанием серы и золы и высокой вязкостью, что усложняет его сжигание. Более качественное – печное бытовое топливо (близко к дизельному).

Природное газообразное топливо

- Природный газ чисто газовых месторождений состоит в основном из метана (95-98% CH_4)
- В состав природных газов, сопутствующих нефтяным месторождениям (попутных газов), входят существенные количества других углеводородов *метанового* ряда с общей формулой $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ – насыщенные у/в).
- Нетрадиционные природные газы – метан угольных пластов, болотный газ (метан), сланцевый газ (метан с примесями).

Вторичные топлива –

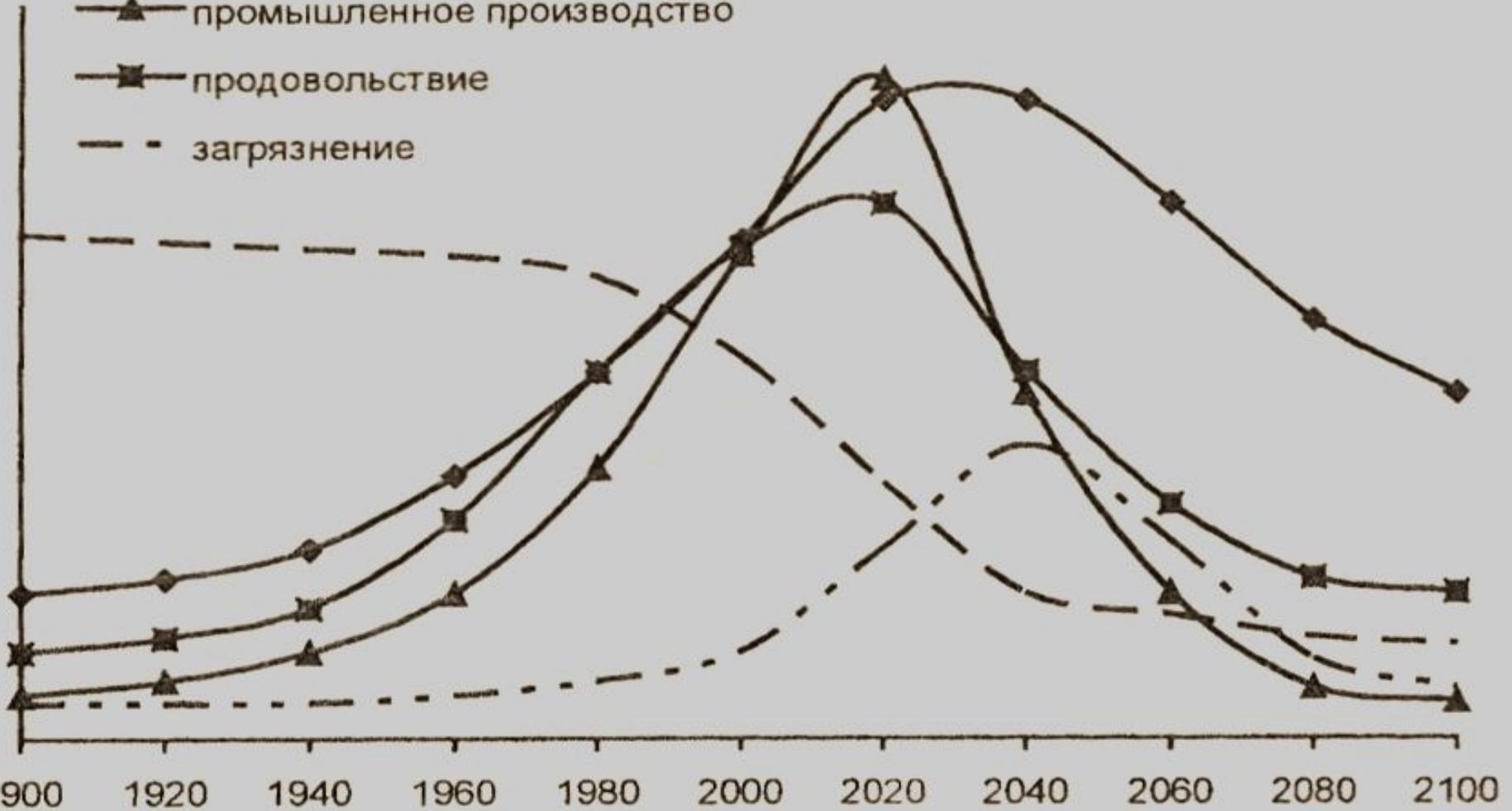
продукты термохимической* и микробиологической** конверсии природного топлива

- **кокс и полукокс*** (твердый "связанный" углерод + зола + Н + О)
- **газы*** генераторные, доменные, коксовальных печей (CO , H_2 , CH_4 , C_nH_m , H_2O , CO_2 ...)
 - Соотношение "кокс : газы" = $f(T, p, \dots)$.
- **биогаз**** – продукт *анаэробного* сбраживания (ферментации) отходов животноводства и растениеводства (60% CH_4 +)
- **жидкие продукты нефтепереработки** - бензин, керосин, дизельное, печное и газотурбинное топливо, мазут.

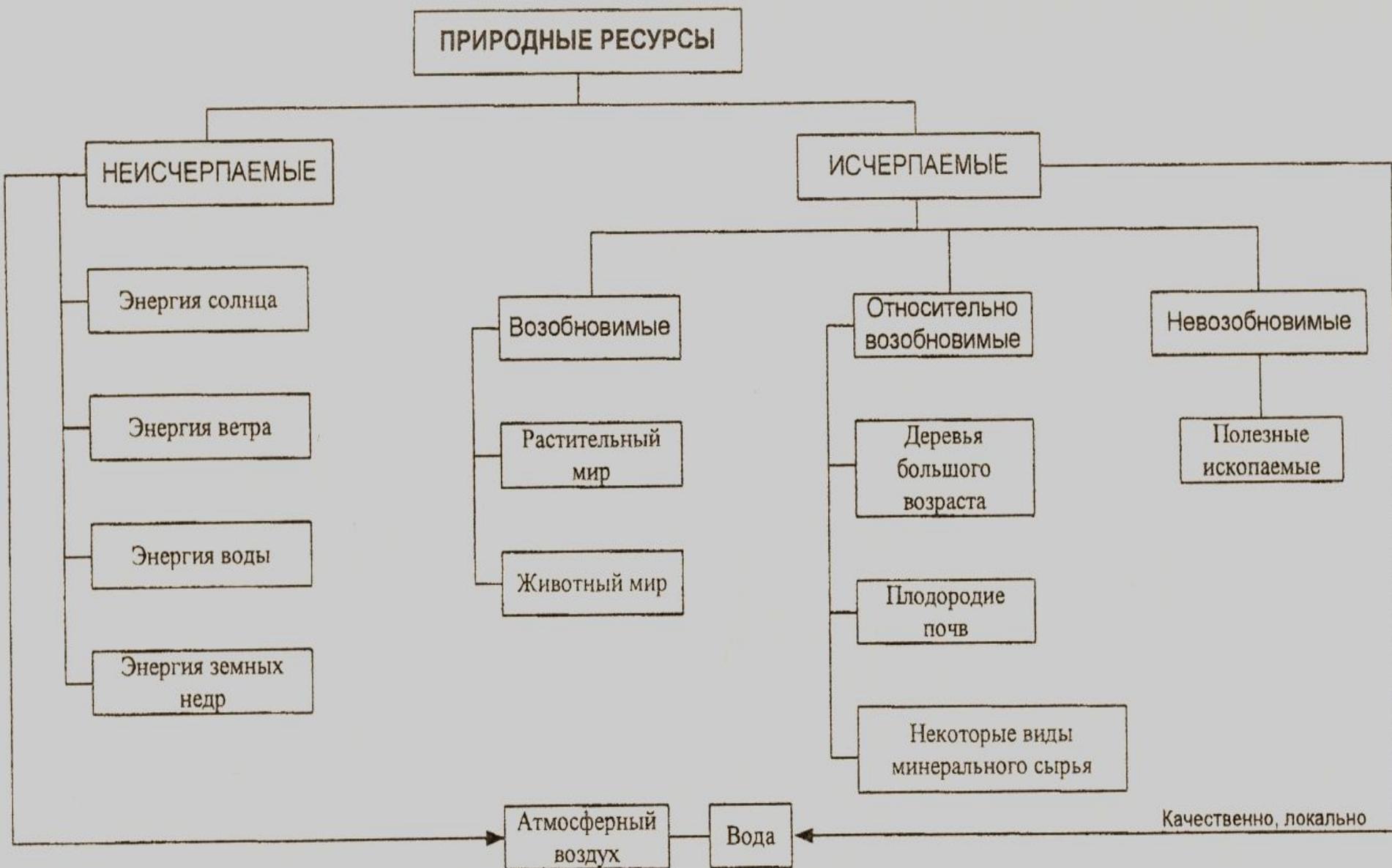
* **пиролиз** (*сухая перегонка, швелование*) – разложение органической массы при нагревании в отсутствие окислителей;
газификация – пиролиз с частичным окислением.

Динамика развития человеческой цивилизации (прогноз Дениса Медоуза)

- ◆— население
- — ресурсы
- ▲— промышленное производство
- продовольствие
- - — загрязнение



II Экологическая классификация природных ресурсов (по принципу исчерпаемости)



Солнечная радиация
174000 ТВт

Кратковолновое излучение

Длинноволновое излучение

Энергия приливов

Прямое отражение
52000 ТВт (30%)

Прямое преобразование в теплоту
82000 ТВт (47%)

Испарение осадков
40000 ТВт (23%)

Запасы воды и льда

Ветер, атмосферные течения и т.п.
370 ТВт

Фотосинтез
40 ТВт

Накопление растительной биомассы

Разложение

Животный мир

Вулканы и горячие источники

Теплопроводность
32 ТВт

Энергия Земли

Земная кора

Ископаемые топлива

Ядерная, тепловая и гравитационная энергия

Приливы
Морские течения
3 ТВт

Полезные ископаемые - ресурсы, извлекаемые человеком из недр земли для удовлетворения своих потребностей.

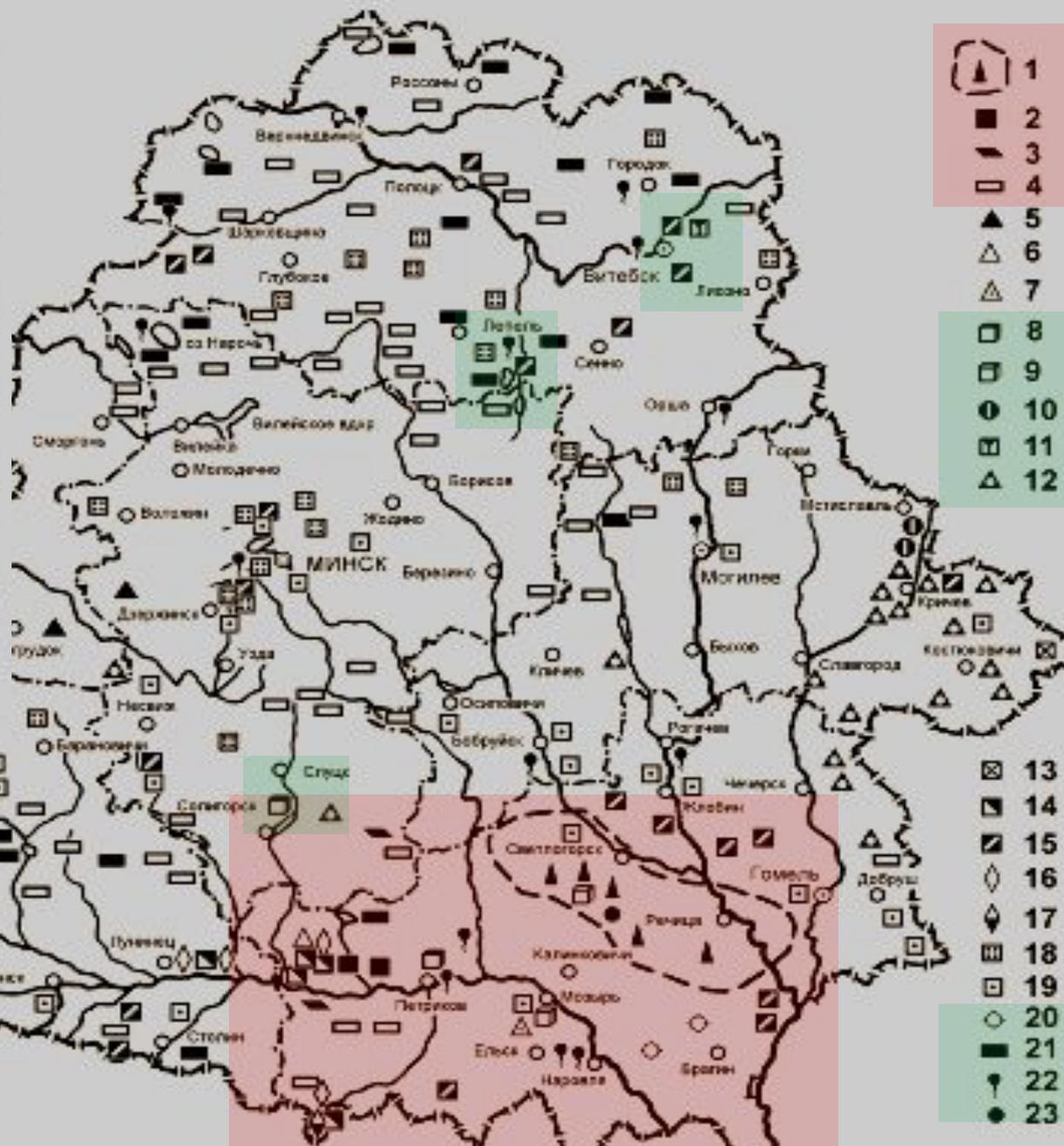


Запасы полезных ископаемых в РБ (2000 г.)

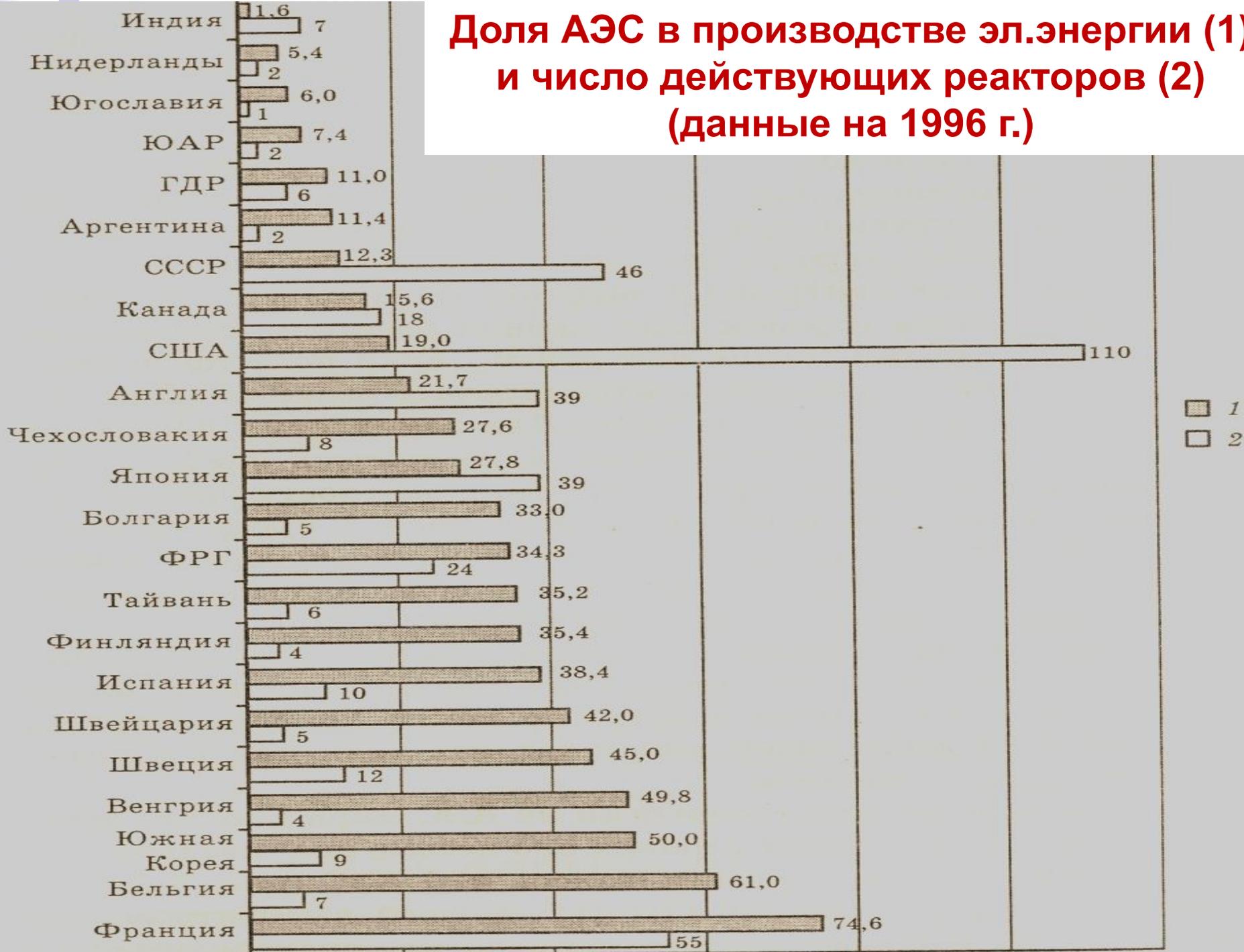
Вид ископаемого	Количество месторождений	Запасы (всего)
Нефть	60	около 65 млн.т
Газ		8,1 млрд.м ³
Калийные соли	2	6,7 млрд.т
Поваренные соли	3	>22 млрд.т
Глины кирпичные	227	248140 тыс.м ³
Песчано-гравийные материалы	147	688181 тыс.м ³
Пески силикатные и строительные	100	476855 тыс.м ³
Цементное сырье (мел, глины)	15	853443 тыс.т
Мел	32	207076 тыс.т
Доломит	1	758105 тыс.т
Пески стекольные	2	15210 тыс.т
Пески формовочные	3	52139 тыс.т
Глины тугоплавкие	6	52862 тыс.т
Глины для производства аглопорита и керамзита	8	52202 тыс.м ³
Строительный камень	3	576,7 млн.м
Пресные подземные воды	246	около 6 млн.м ³ /сут.
Минеральные воды	58	14,3 тыс. м ³ /сут.

Месторождения полезных ископаемых РБ

Рис. 41. Основные месторождения полезных ископаемых Беларуси [30]. 1 – район добычи нефти, 2 – бурый уголь, 3 – горючие сланцы, 4 – торф, 5 – железные руды, 6 – редкие металлы, 7 – даунсонит, 8 – калийные соли, 9 – каменная соль, 10 – фосфориты, 11 – доломит, 12 – пикчий мет, мергель, 13 – кремнистые породы (отюка, трепел), 14 – каолин, 15 – глины, 16 – строительный камень, 17 – облицовочный камень, 18 – гравий, 19 – пески, 20 – минеральные краски, 21 – сапропель, 22 – минеральные воды, 23 – промышленные рассолы.



Доля АЭС в производстве эл.энергии (1) и число действующих реакторов (2) (данные на 1996 г.)



Ядерное топливо

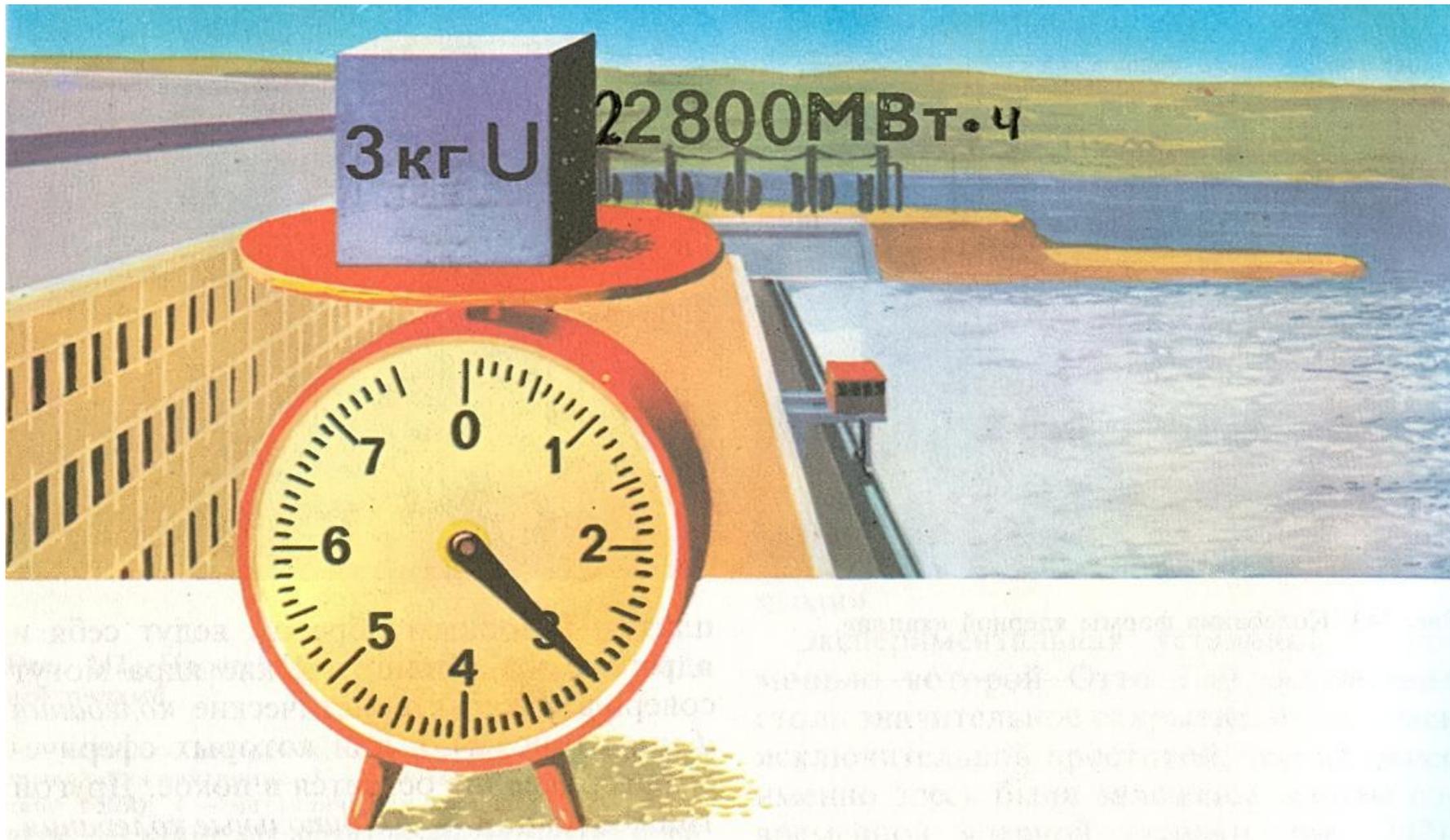


Рис. 245. 3 кг U^{235} дают столько энергии, сколько вырабатывает за день Асуанская ГЭС.

Расщепление ядра атома урана

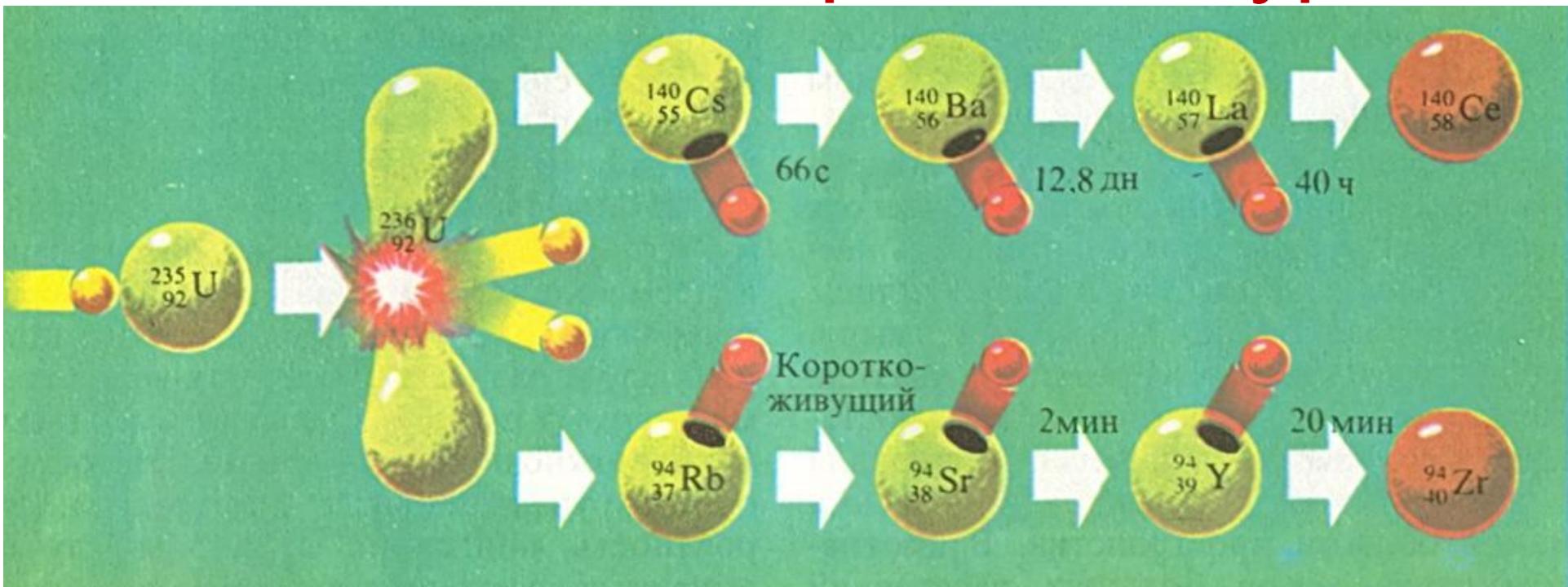


Рис. 246. Одна из многих возможностей расщепления урана.

Цепная ядерная реакция

При каждом акте деления ядра U^{235} в среднем образуется 2,5 нейтрона

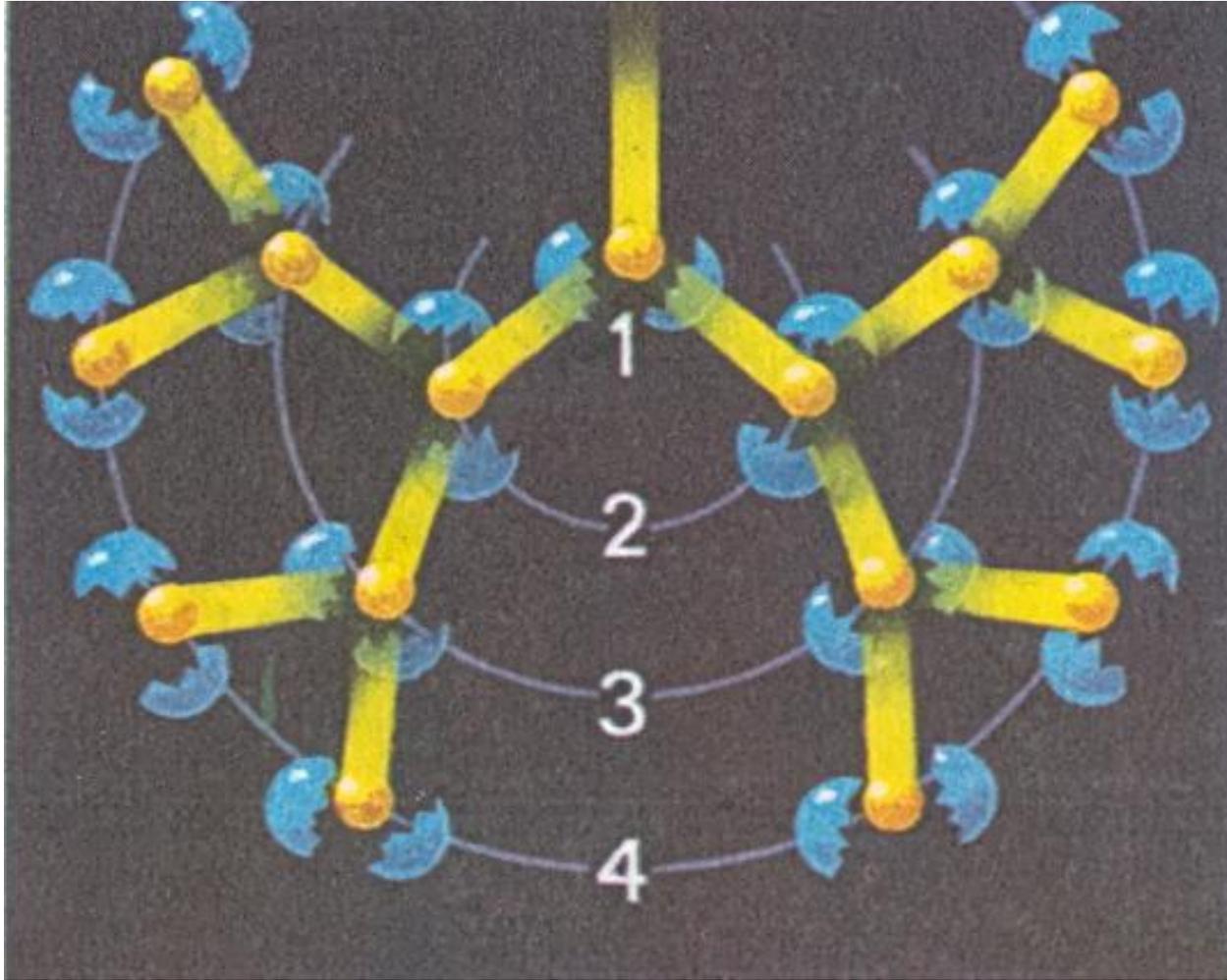


Рис. 247. Первые четыре поколения нейтронов, образующихся при цепной реакции.

Ядерный реактор

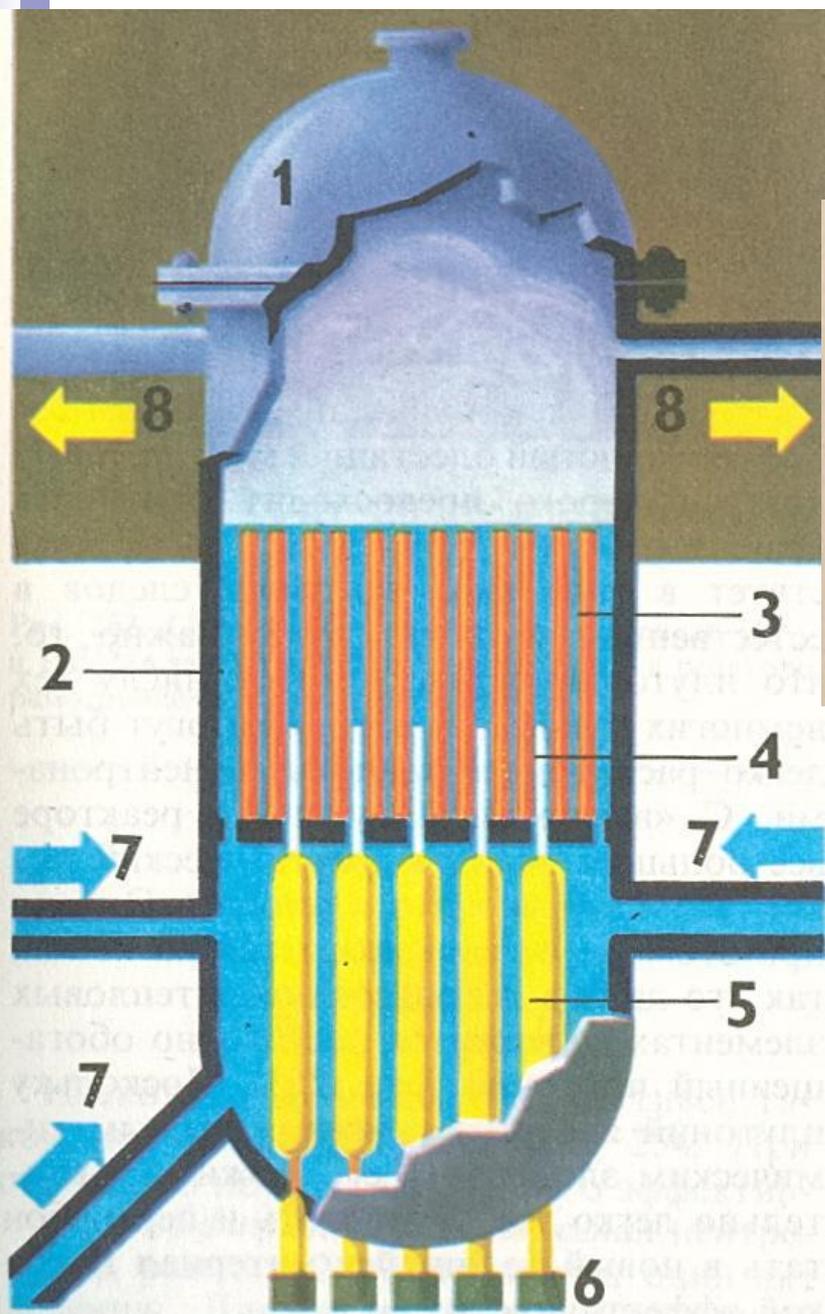
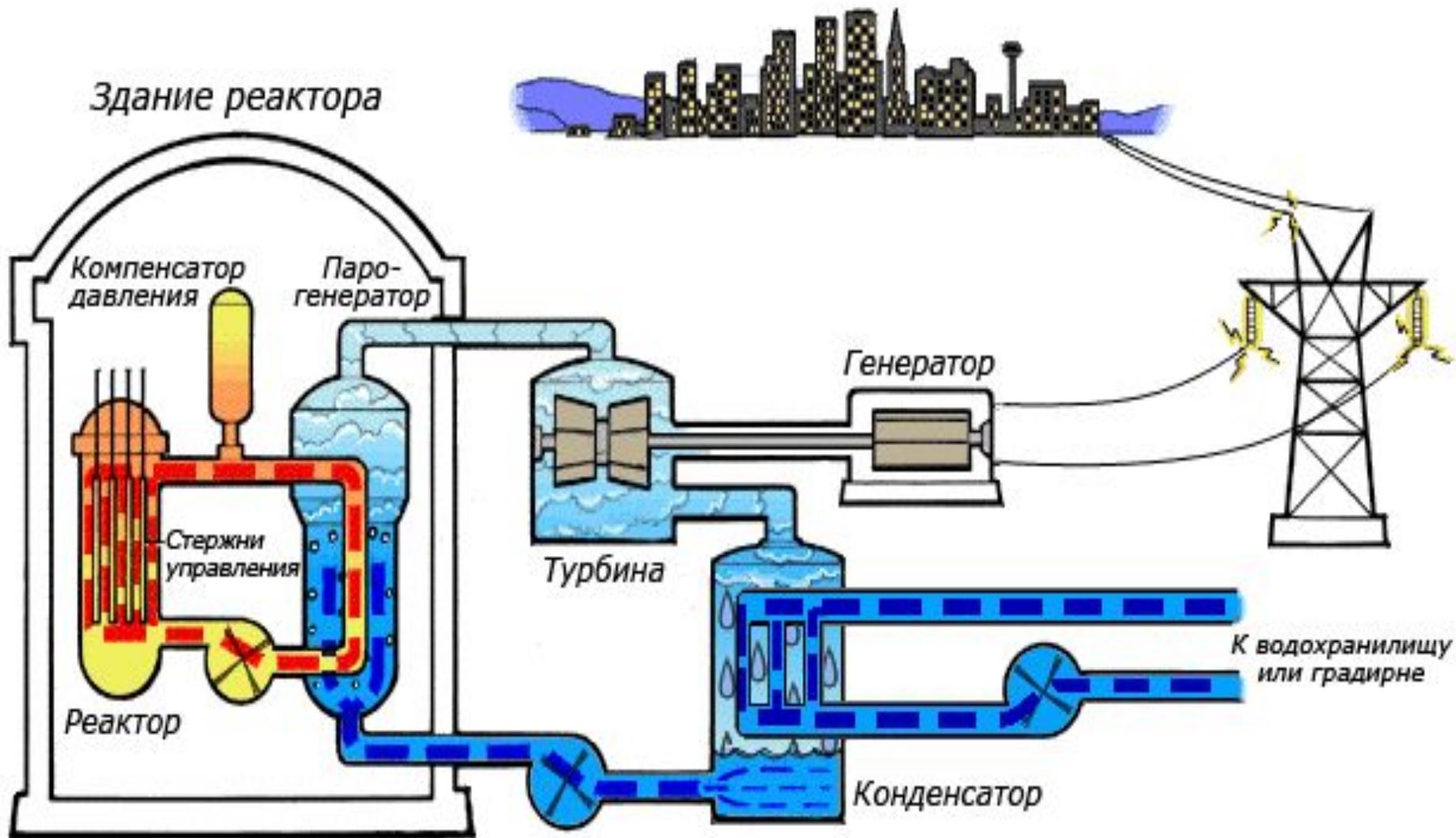


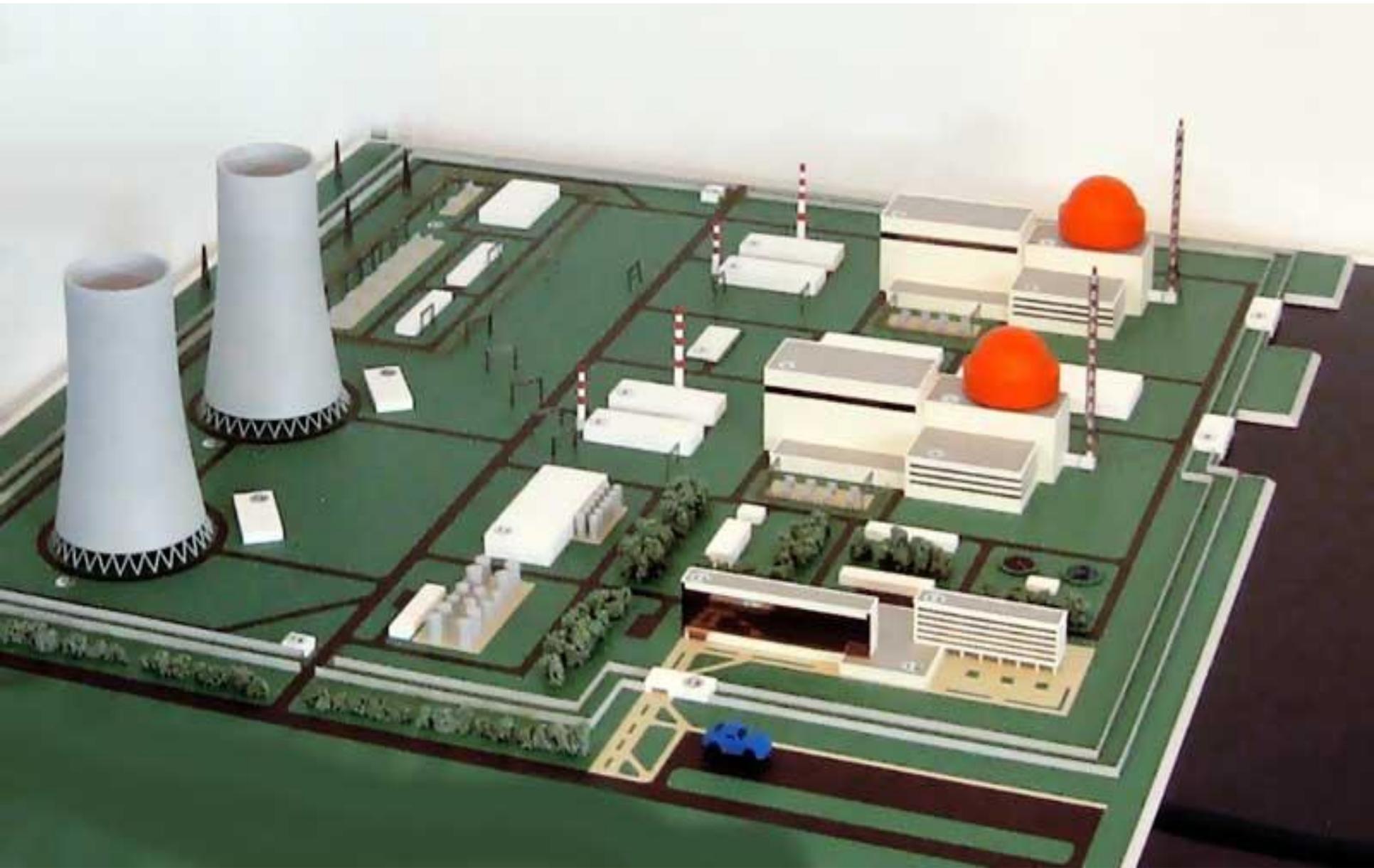
Рис. 251. Схема реактора с кипящей водой.

1 — котел высокого давления; 2 — водяная рубашка при температуре 286°C и давлении 72 атм; 3 — тепловыделяющие элементы; 4 — регулирующие стержни; 5 — их направляющие; 6 — их приводы; 7 — подвод воды; 8 — выход пара.

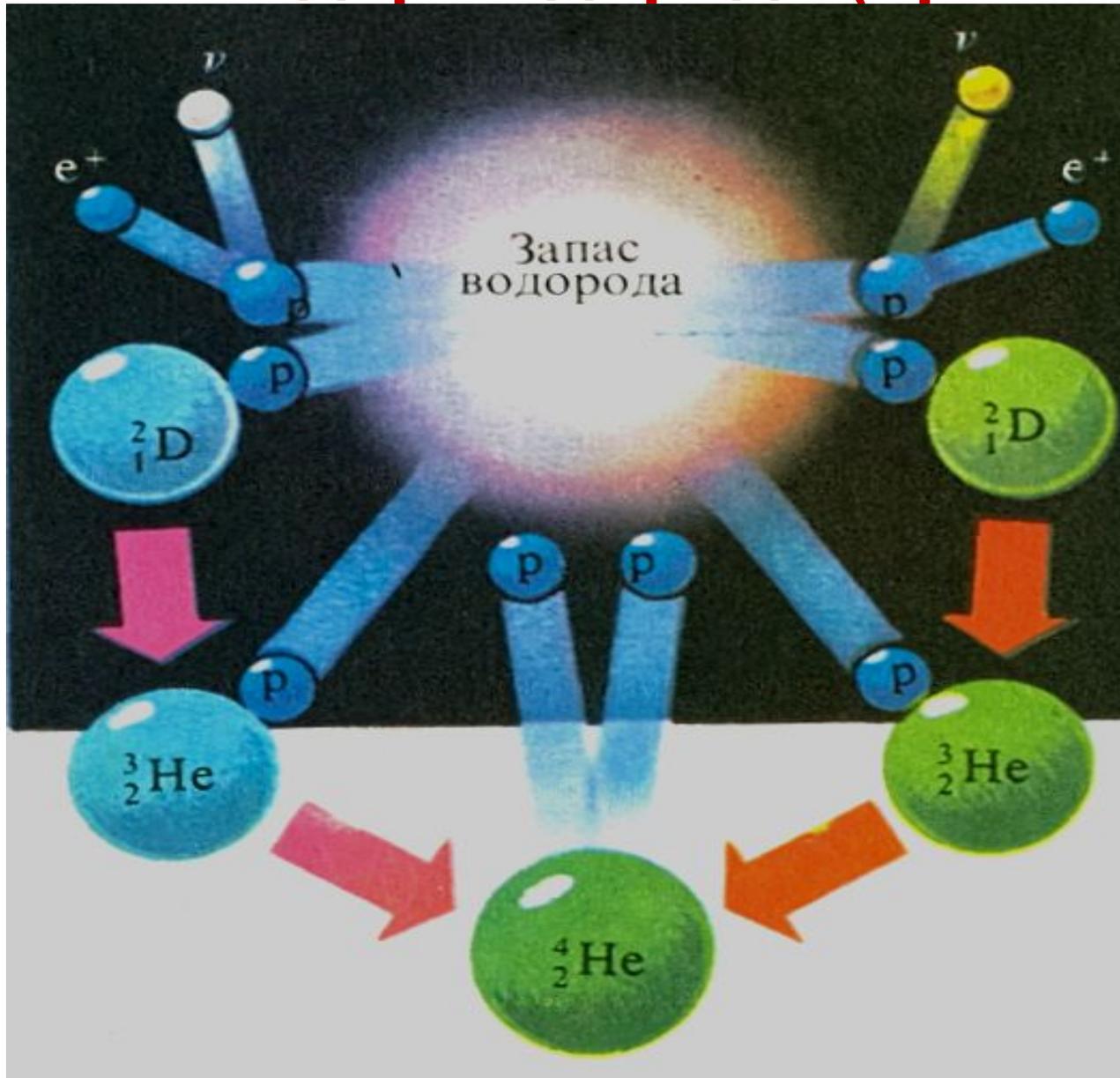
Схема работы двухконтурной АЭС:



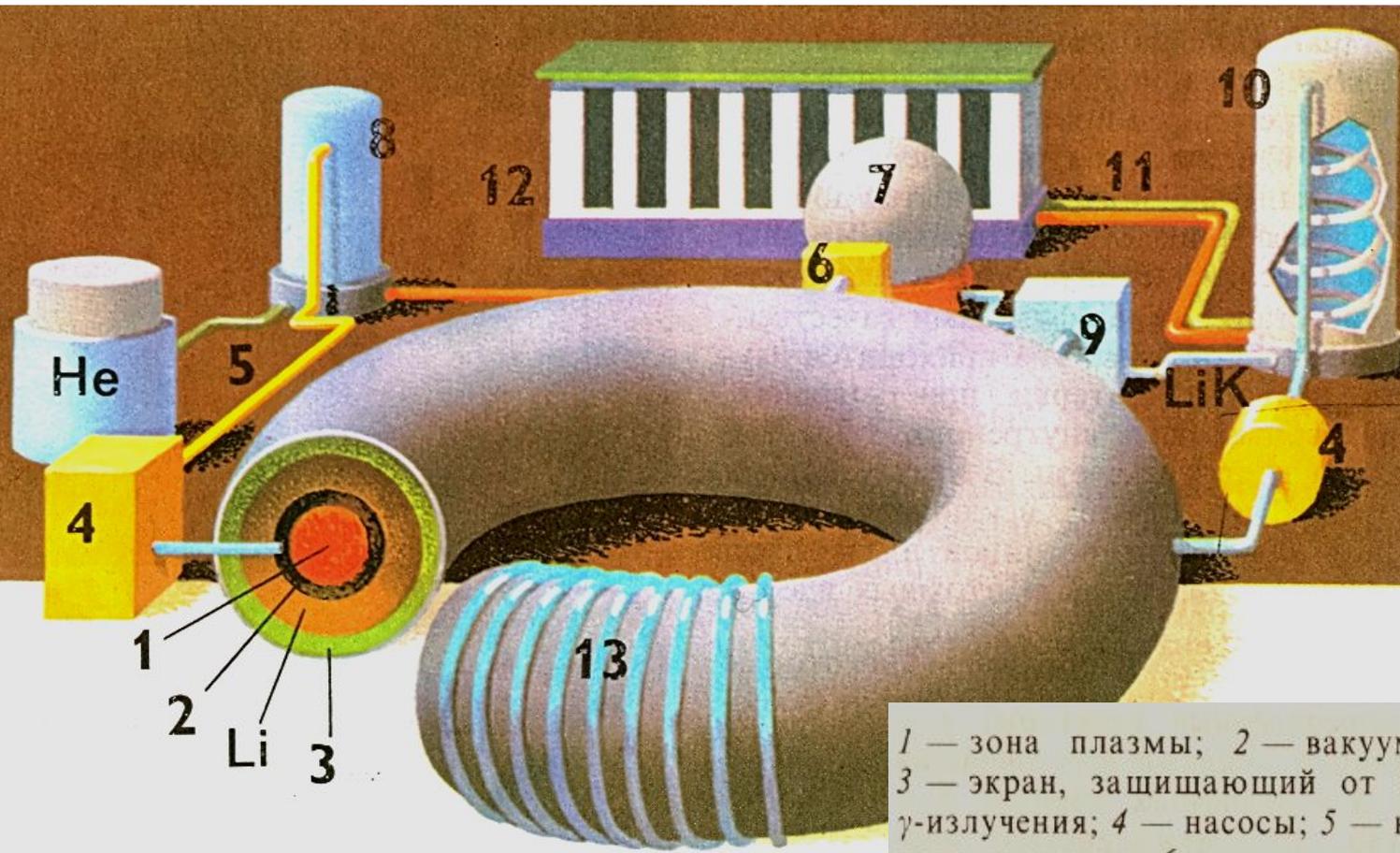
Макет Островецкой АЭС



Термоядерная реакция синтеза ядра гелия из ядер водорода (протонов)



Термоядерный реактор ТОКАМАК



12 - ПТУ на парах калия; гелий - топливо; Литий из тора - греющий агент в ТО 10.

1 — зона плазмы; 2 — вакуум; Li — литиевая зона; 3 — экран, защищающий от попадания нейтронов и γ -излучения; 4 — насосы; 5 — контур циркуляции ядерного горючего; 6 — инжектор ядерного горючего; 7 — хранилище ядерного горючего; 8 — газовая разделительная установка; He — гелиевый измеритель газа, LiK — контур циркуляции лития; 9 — накопитель трития; 10 — теплообменник; 11 — контур циркуляции калия; 12 — электростанция; 13 — катушки магнитного поля.

Зона 1 — кольцевой шнур D-T плазмы:
 ${}_1^2\text{D} + {}_1^3\text{T} = {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n} + Q_1$; нейтроны из зоны 1 вылетают в зону паров лития:
 ${}_0^1\text{n} + {}_3^6\text{Li} = {}_2^4\text{He} + {}_1^3\text{T} + 4Q_1$