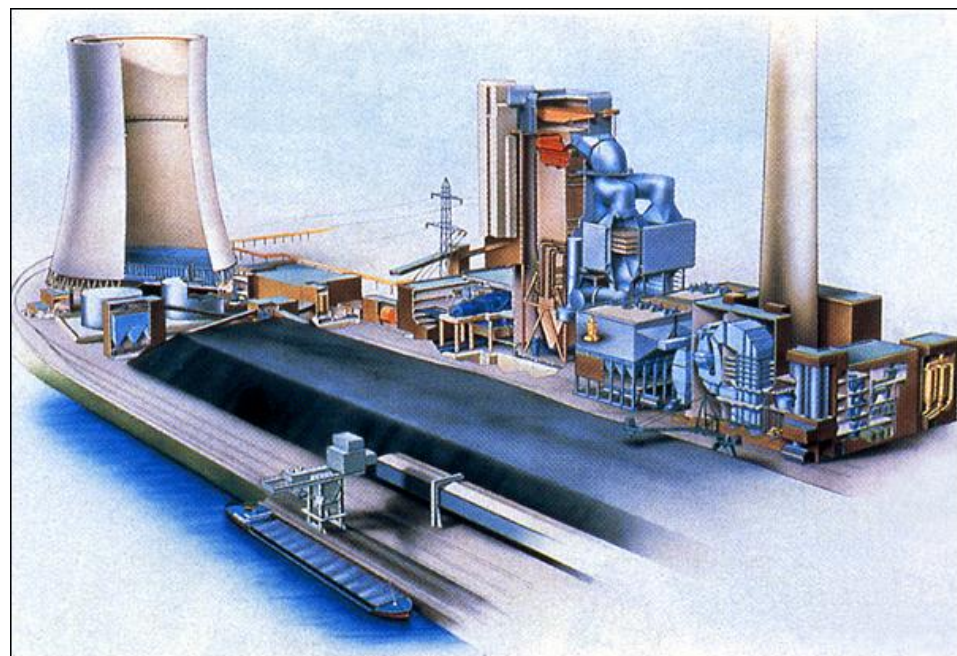


# Тепловые электрические станции (часть 1)

Курс – 4;  
Семестр – 7;  
Вид отчетности – экзамен;

Лекций – 34 час.;  
Лаб. Работ – 17 час.;  
Практик – 17 час.;  
КП



Слайд-конспект лекций для специальности 220301 – автоматизация теплоэнергетических процессов и производств (в теплоэнергетике)

Авторы: проф. П.А.Щинников, доц. И.В.Бородихин каф. ТЭС, НГТУ, г. Новосибирск, 2008

# Рекомендуемая литература



1. **Стерман Л.С. Тепловые и атомные электрические станции: Учебник для вузов / Л.С. Стерман, В.М. Лавыгин, С.Г. Тишин.** – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 416 с.



2. **Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для вузов / Под ред. В.Я. Гиршфельда.** – М: Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.



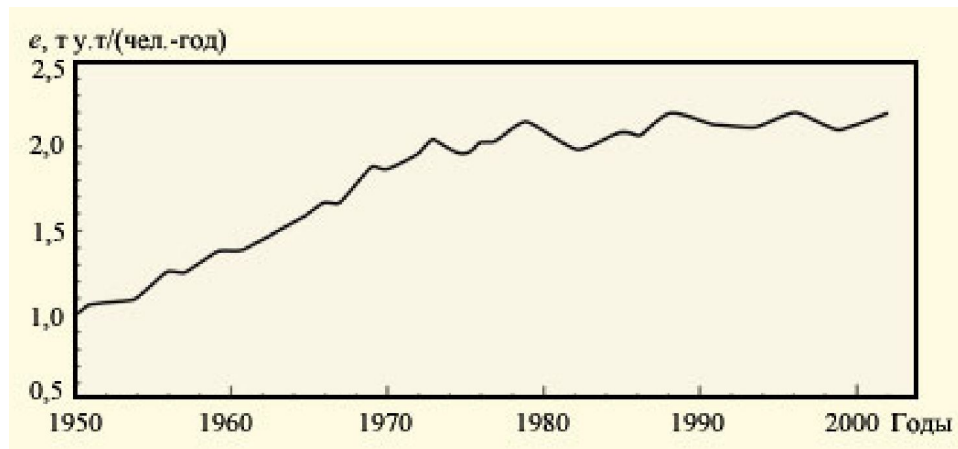
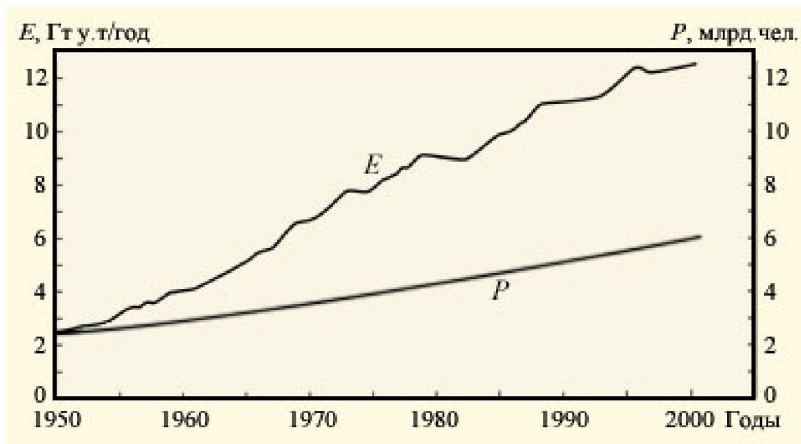
3. **Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций: Учебник для вузов / Д.П. Елизаров.** – М.: Энергоиздат, 1982. – 264 с.

# Рекомендуемая литература

4. **Теплотехнический справочник /**  
Под ред. В.Н. Юренева, Д.П. Лебедева. Т.1. – М:  
Энергоатомиздат, 1975. – 744 с.
5. **Теплотехнический справочник /**  
Под ред. В.Н. Юренева, Д.П. Лебедева. Т.2. – М:  
Энергоатомиздат, 1976. – 896 с.
6. **Тепловые и атомные электрические станции / Справочник.**  
*Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М.Зорина* – М.:  
Энергоатомиздат, 1989. – 603 с.



# Современные тенденции развития энергетики

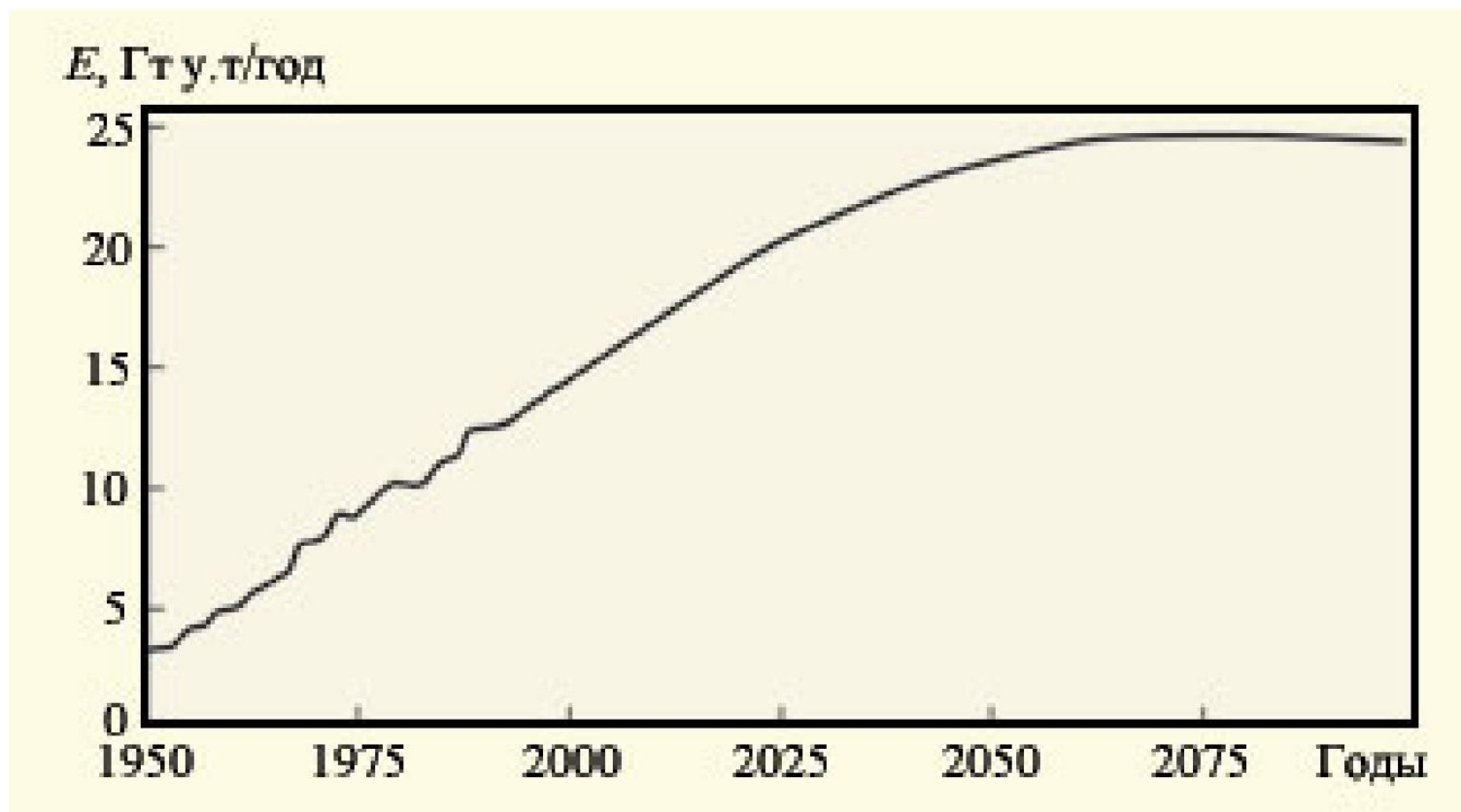


Мировое потребление коммерческой энергии  $E$  и численность населения  $P$

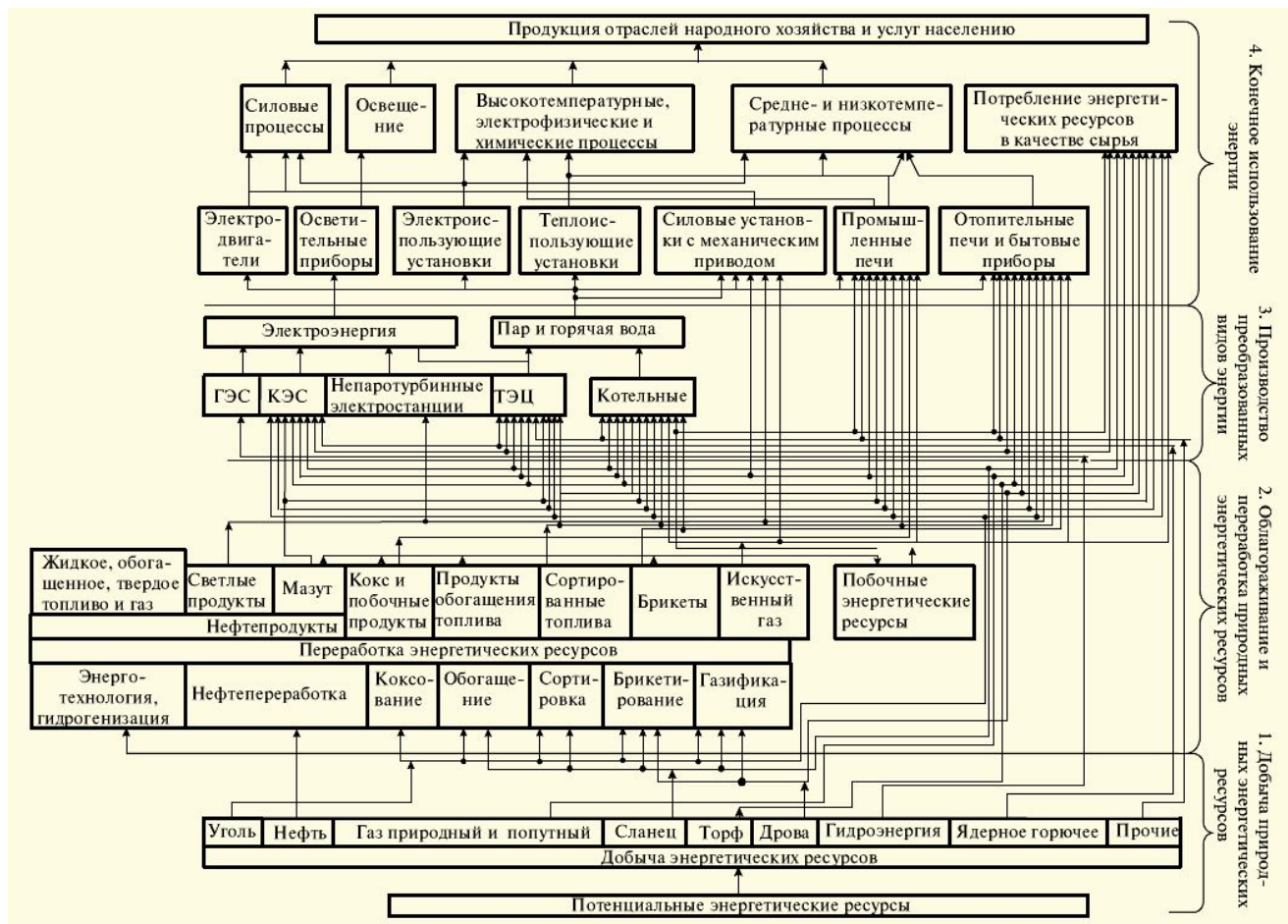
Мировое потребление коммерческой энергии  $e$  на душу населения

- Условное топливо — топливо с теплотой сгорания 29 308 кДж/кг (7000 ккал/кг\*). Тонна условного топлива (т. у.т.) — количество топлива, при сжигании которого образуется 7 млн. ккал.
- Человек индустриального общества потребляет в 100 раз больше энергии, чем первобытный человек, и живет в 4 раза дольше.
- Под энергетикой (в самом широком смысле) понимается любая область человеческой деятельности, связанная с производством и потреблением энергии.
- Значительное количество (около 80 %) коммерческой энергии вырабатывается за счет сжигания органического топлива, что сопровождается выбросом в атмосферу загрязняющих веществ.
- Последние полвека мировая энергетическая политика, основана на повышении эффективности использования энергии и всемерной ее экономии.

## Прогноз развития мировой энергетики до 2100 г.



# Топливо-энергетический комплекс



**топливно-энергетический комплекс (ТЭК)** – часть энергетического хозяйства от добычи (производства) энергетических ресурсов до получения энергоносителей потребителями;

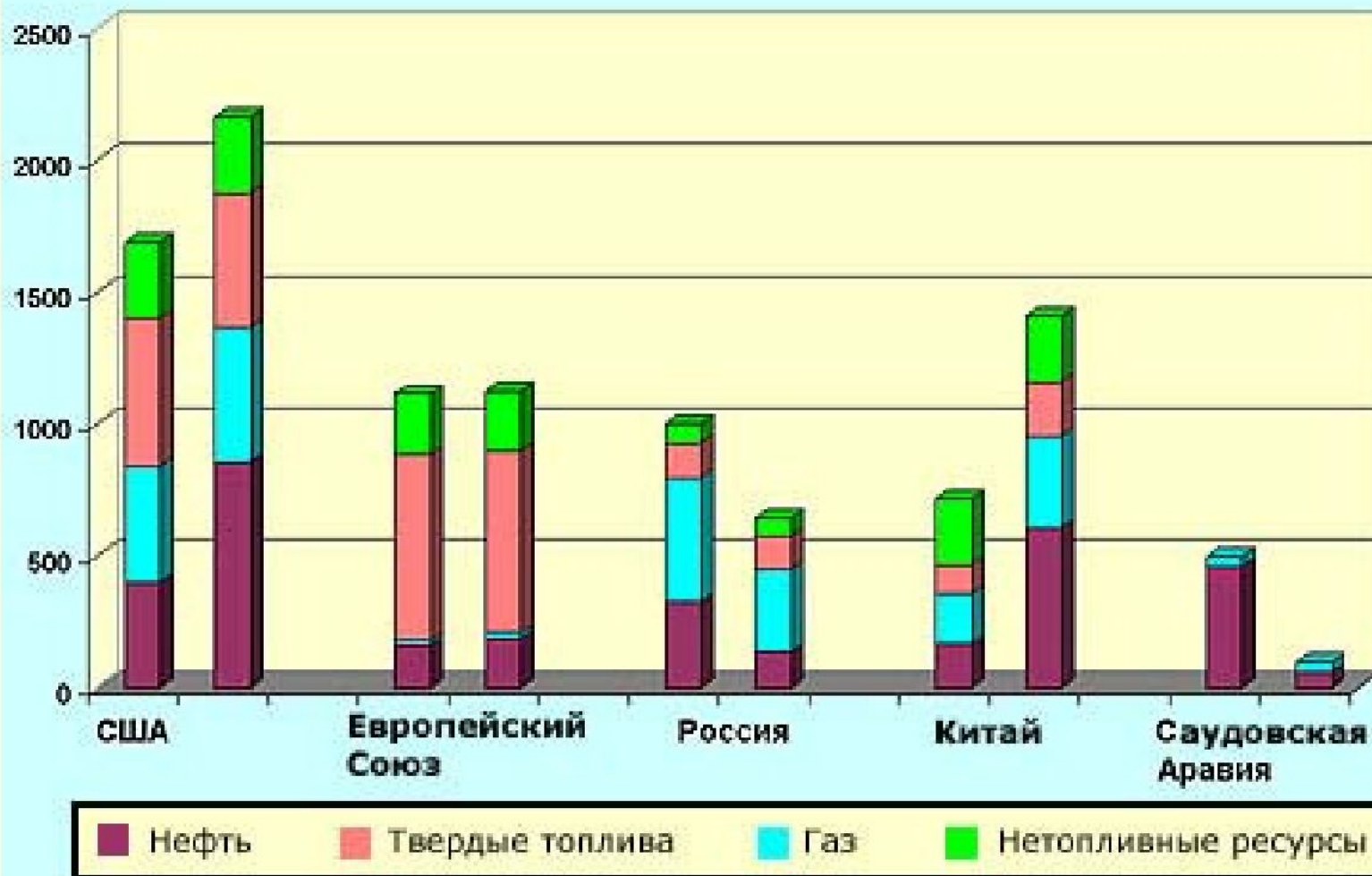
**Электроэнергетика** – часть ТЭК, обеспечивающая производство и распределение электроэнергии и тепла;

**централизованное теплоснабжение** – часть ТЭК, обеспечивающая производство и распределение пара и горячей воды от источников общего пользования;

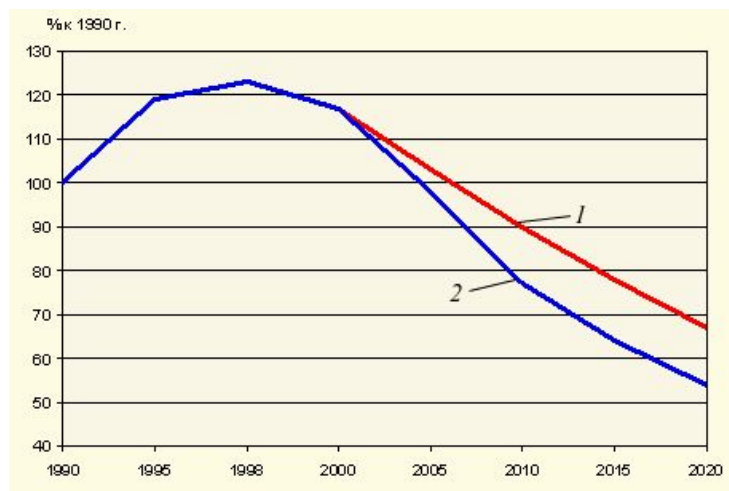
**теплофикация** – часть электроэнергетики и централизованного теплоснабжения, обеспечивающая комбинированное производство электроэнергии, пара и горячей воды на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) и магистральный транспорт тепла.



# Производство и потребление ТЭР

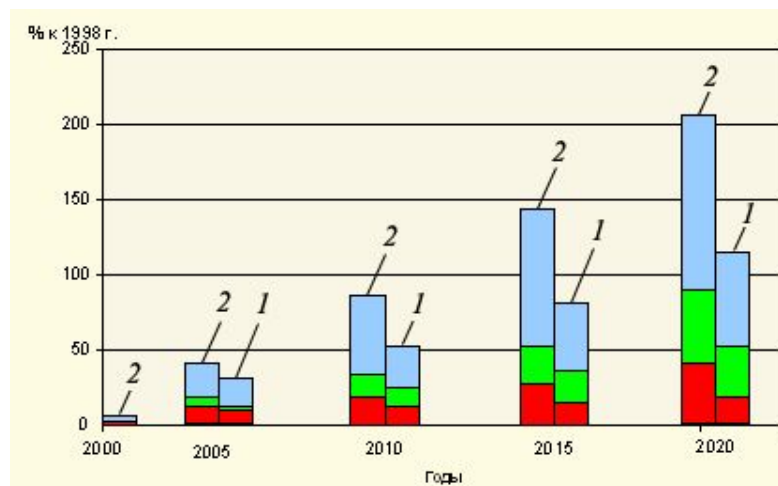


# Энергетика в энергетической стратегии



Энергоемкость экономики  
России по первичному  
энергоносителю:

- 1 — пессимистический сценарий;
- 2 — оптимистический сценарий

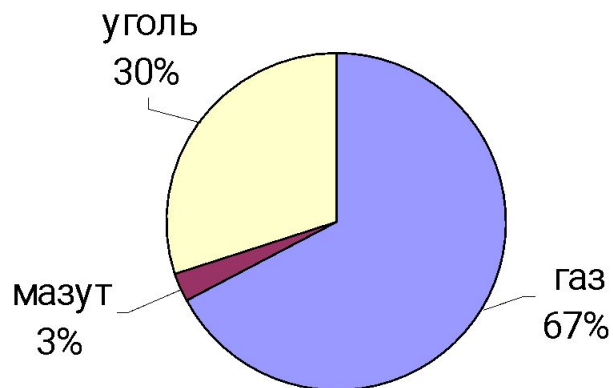


Факторы энергосбережения:

- структурная экономия энергии
- технологическое энергосбережение
- прирост энергопотребления



# Структура топливного баланса энергетики РФ



На 2007 год



Прогноз РАО на 2015 год

# Карта зон ТГК



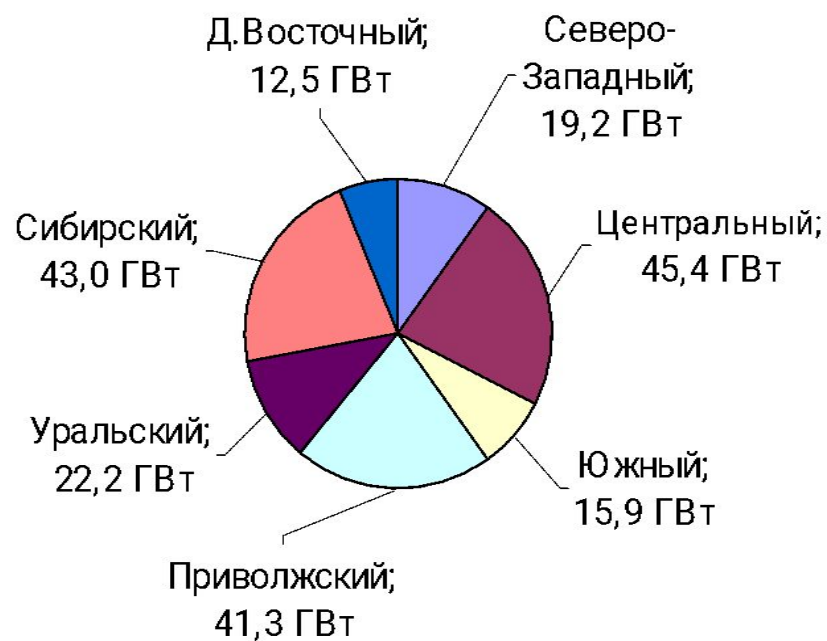
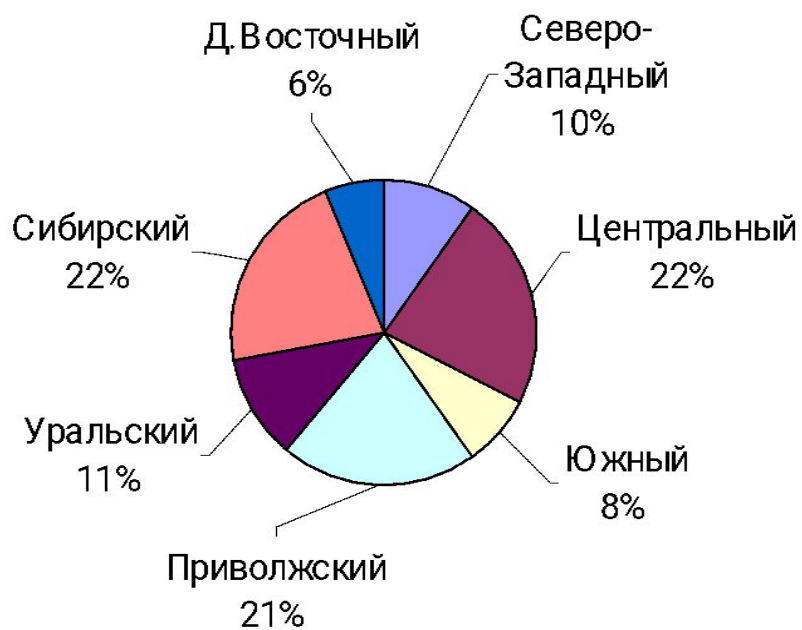
# Расположение электростанций ОГК



# Карта округов РФ

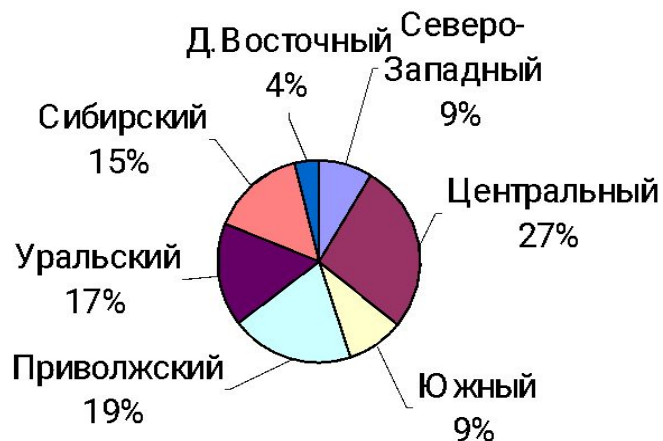


# Территориальная структура установленных мощностей РФ (по федеральным округам)

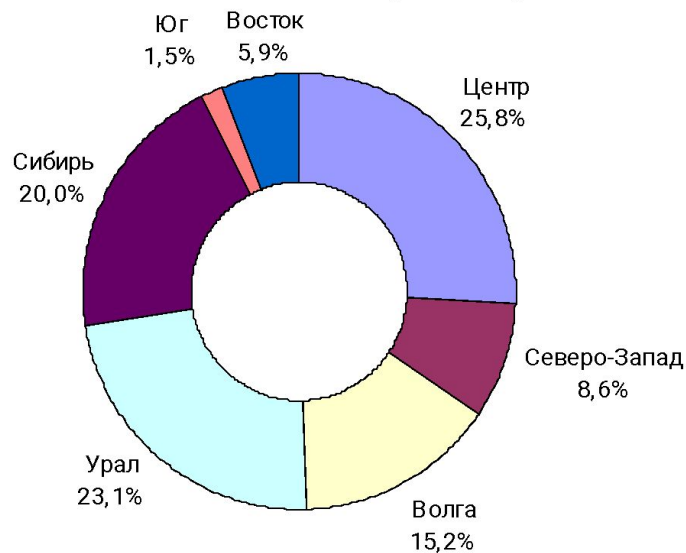


# Производство электроэнергии и теплоты с учетом регионального деления

## Структура выработки электроэнергии

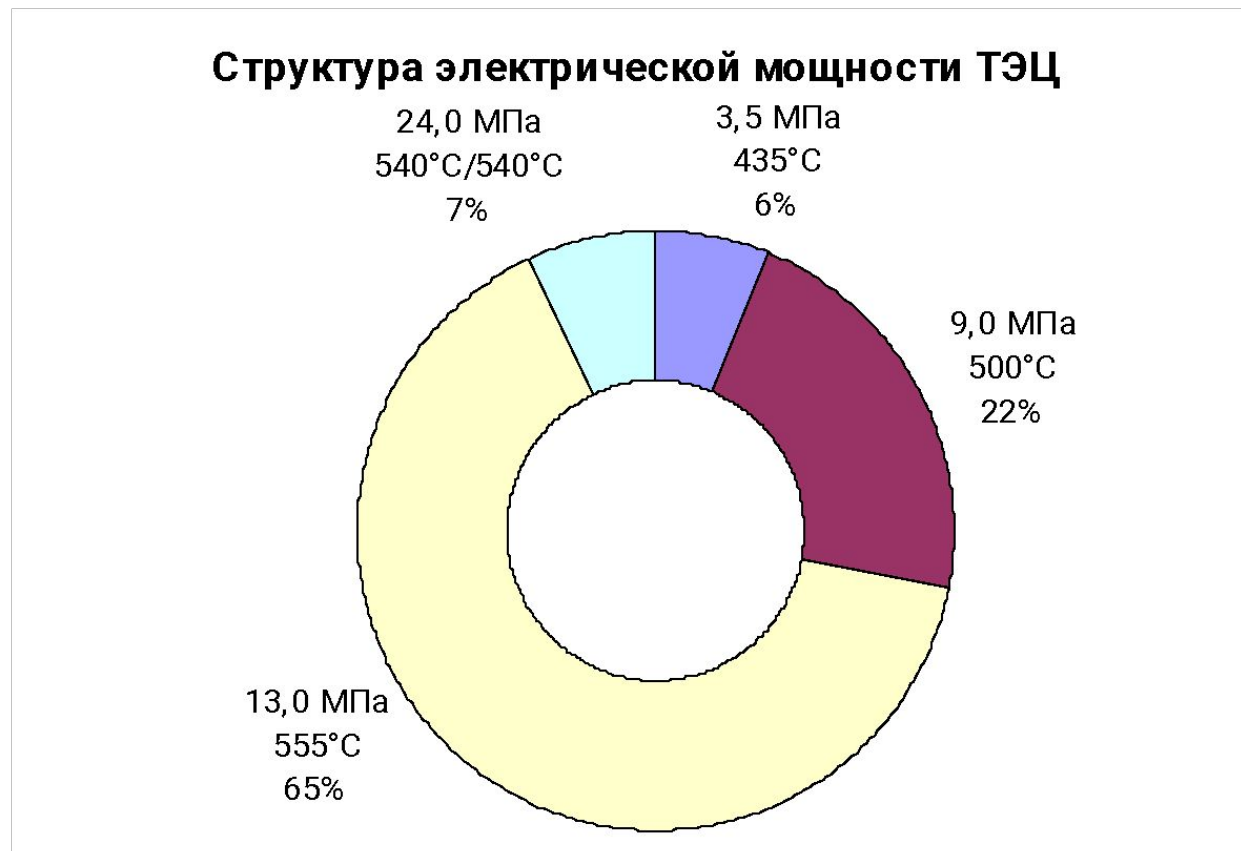


## Производство тепловой энергии по регионам





# Структура генерирующих мощностей ТЭЦ с учетом их параметров для России



# Некоторые показатели функционирования энергетики России

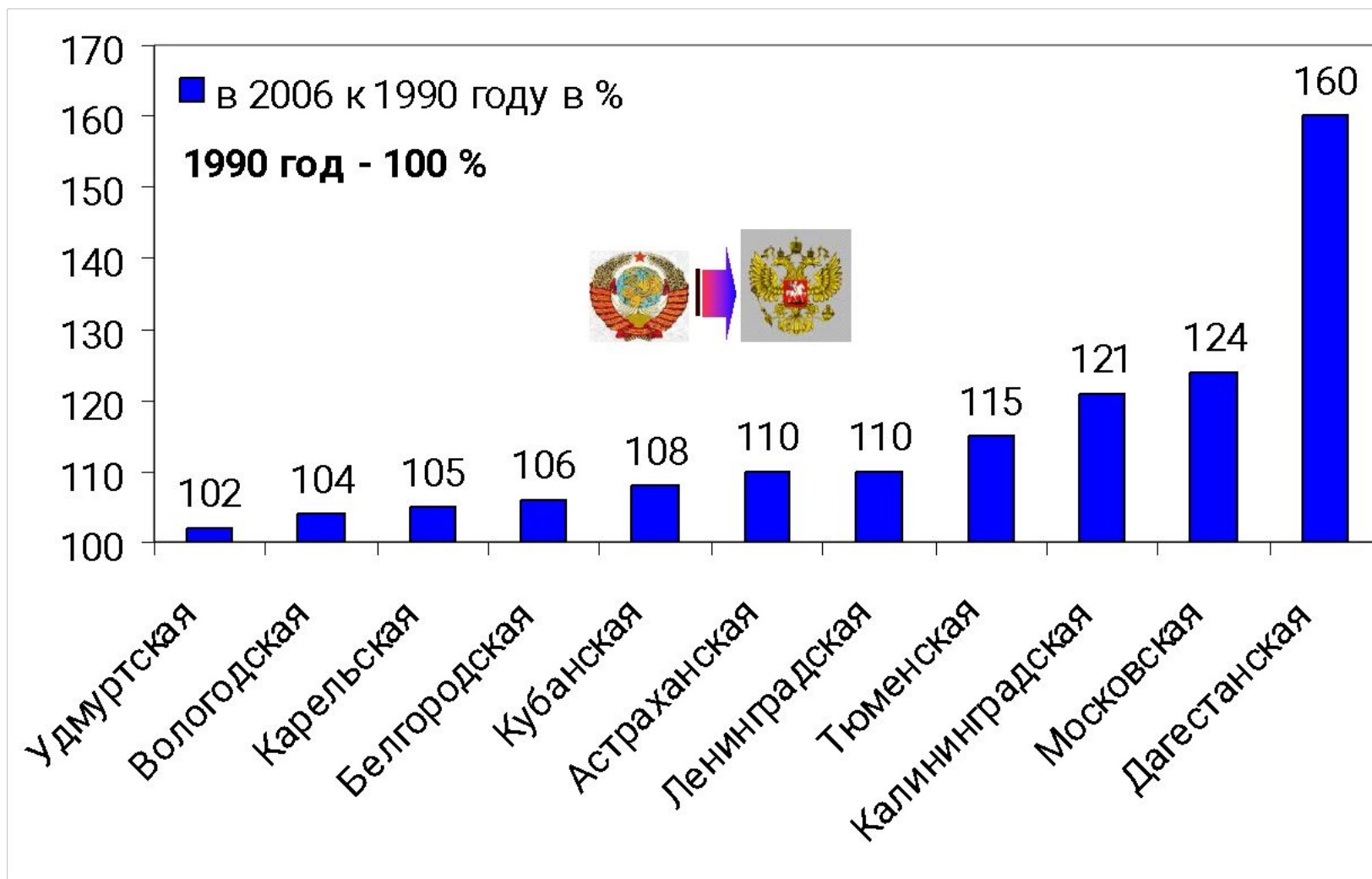
| Наименование показателя                                 | Размерность  | Значение |
|---|--------------|----------|
| Установленная мощность                                  | ГВт          | 199,5*   |
| В том числе:  |              |          |
| ГЭС   | ГВт          | 45,5     |
| ТЭС   | ГВт          | 128,7    |
| АЭС   | ГВт          | 23,2     |
| Прочие  | ГВт          | 2,1      |
| Выработка электроэнергии                                | млрд. кВт·ч  | 992,9**  |
| Выработка теплоты                                       | млн. Гкал    | 1 445**  |
| Годовая выработка электроэнергии на душу населения      | кВт·ч/чел.   | 7 050**  |
| Удельные расходы топлива                                |              |          |
| На электроэнергию                                       | кг у.т/кВт·ч | 0,33**   |
| На теплоту  | кг/Гкал      | 143**    |
| Потребление ресурсов в топливном эквиваленте            | млн. т.у.т   | 534,3**  |
| Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) | от. ед.      | 0,57**   |

\* – по состоянию на март 2007 года; \*\* – по итогам работы в 2006 году

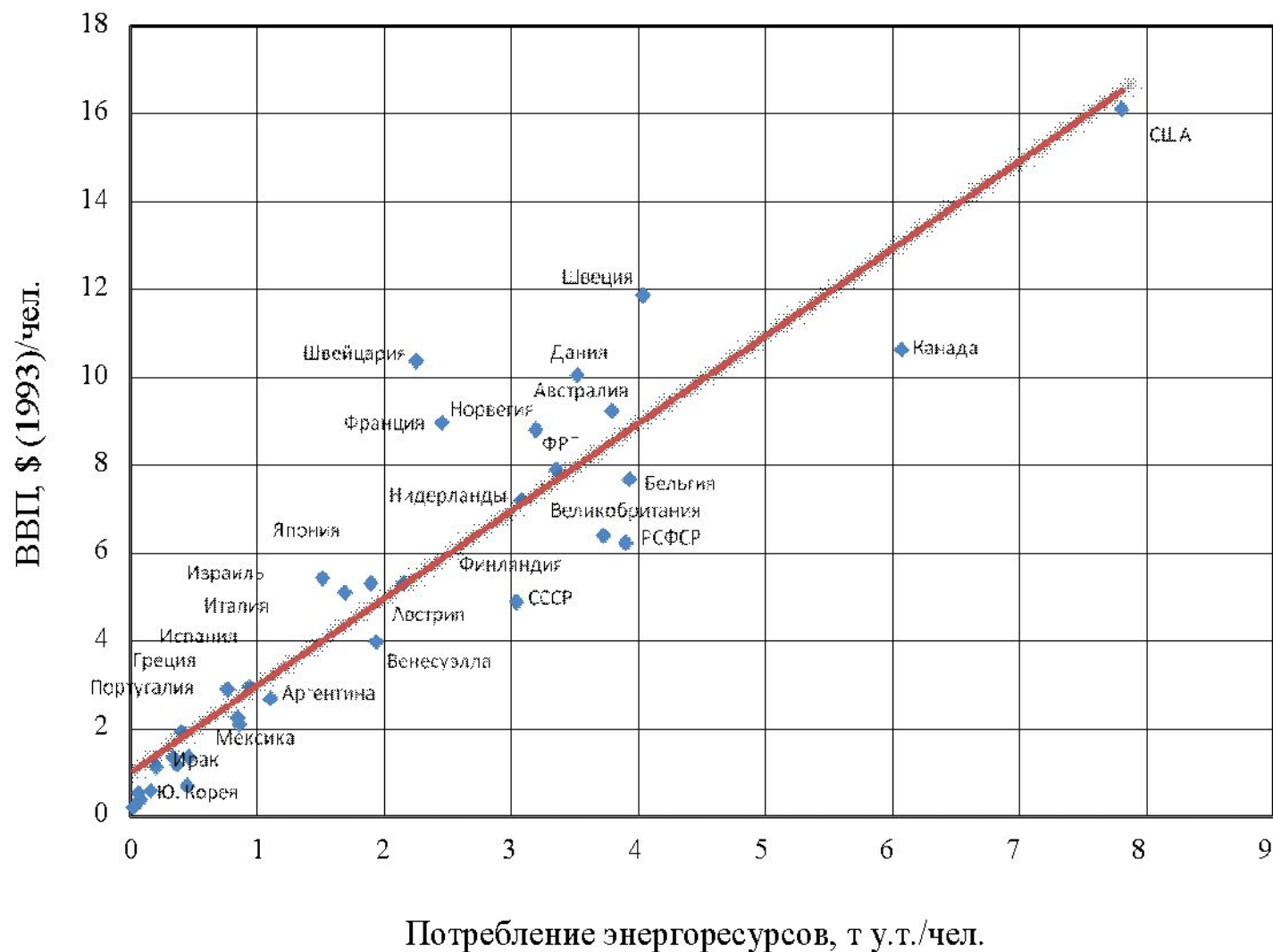
# Некоторые характеристики федеральных округов

| Показатель  | Северо-Западный | Центральный | Приволжский | Южный  | Уральский | Сибирский | Дальневосточный |
|---|-----------------|-------------|-------------|--------|-----------|-----------|-----------------|
| Доля в ВВП, %   | 10,1            | 31,5        | 16,6        | 7,5    | 18        | 11,6      | 4,7             |
| Территория, тыс. км <sup>2</sup>                          | 1678            | 653         | 1036        | 589    | 1789      | 5114      | 6215            |
| Среднегодовая температура воздуха, °С                     | 3               | 5,4         | 5,3         | 10     | 0,5       | -2,5      | -3              |
| Население, млн. чел.                                      | 13,731          | 37,142      | 32,017      | 21,694 | 12,603    | 20,792    | 7,169           |
| Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>                 | 8,2             | 56,9        | 30,9        | 36,8   | 7,0       | 4,1       | 1,2             |
| Установленная мощность, ГВт                               | 19,2            | 45,4        | 41,3        | 15,9   | 22,2      | 43,0      | 12,5            |
| Установленная мощность на душу населения, кВт/чел.        | 1,4             | 1,22        | 1,29        | 0,73   | 1,76      | 2,07      | 1,74            |
| Выработка электроэнергии, млрд. кВт·ч                     | 85,4            | 269,1       | 193,6       | 92,3   | 165,8     | 148,9     | 37,7            |
| Выработка теплоты, млн. Гкал                              | 139             | 445         | 303         | 58     | 239       | 206       | 55              |
| Потребление ресурсов в топливном эквиваленте, млн. т.у.т. | 48,1            | 152,5       | 107,2       | 38,7   | 88,9      | 78,6      | 20,3            |
| Число часов использования установленной мощности, час.    | 4447            | 5927        | 4688        | 5807   | 7469      | 3463      | 3018            |

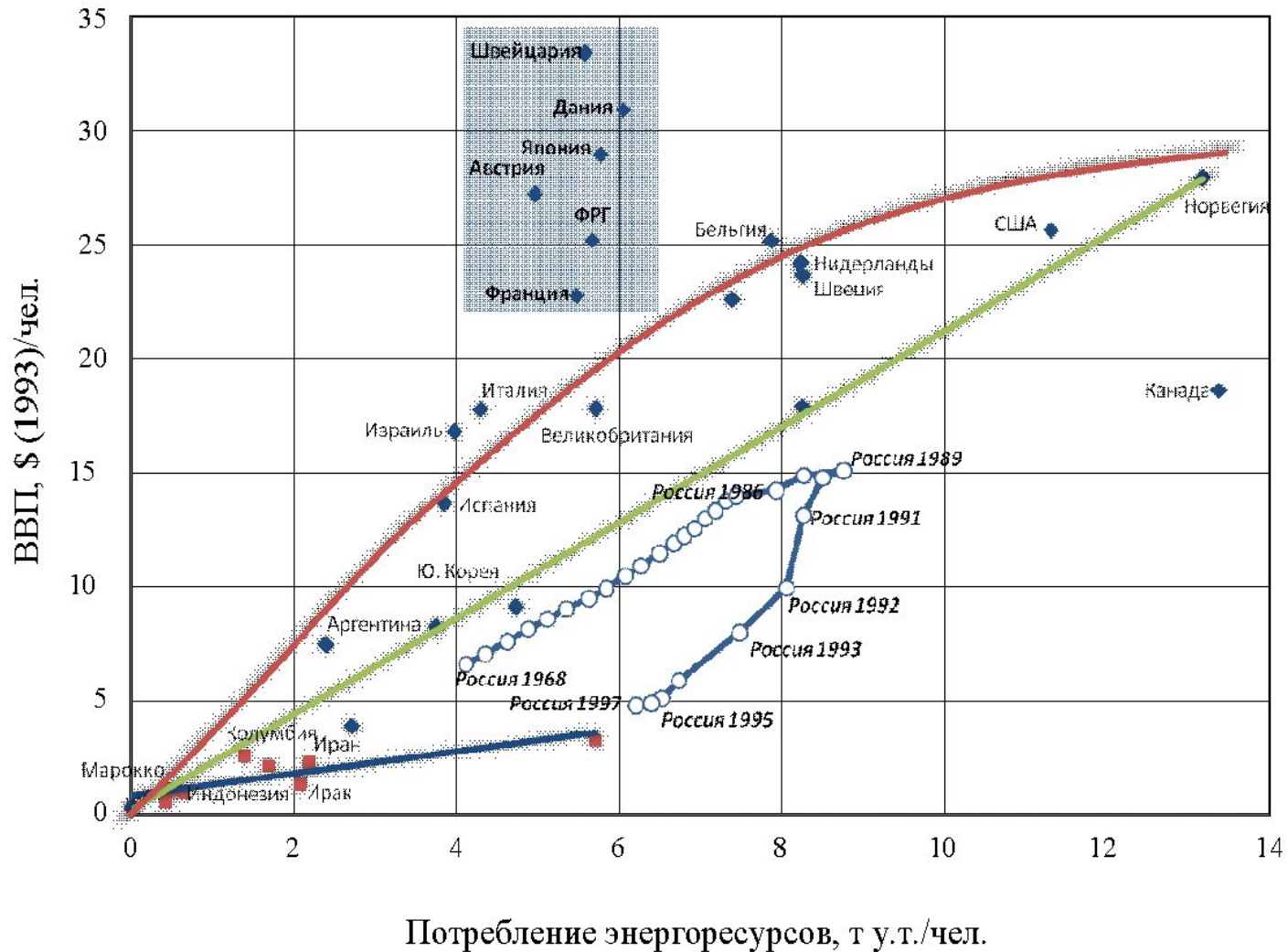
# Регионы пиковых нагрузок с превышением советского максимума



# Зависимость ВВП от выработки электроэнергии, характерная для развивающейся экономики России

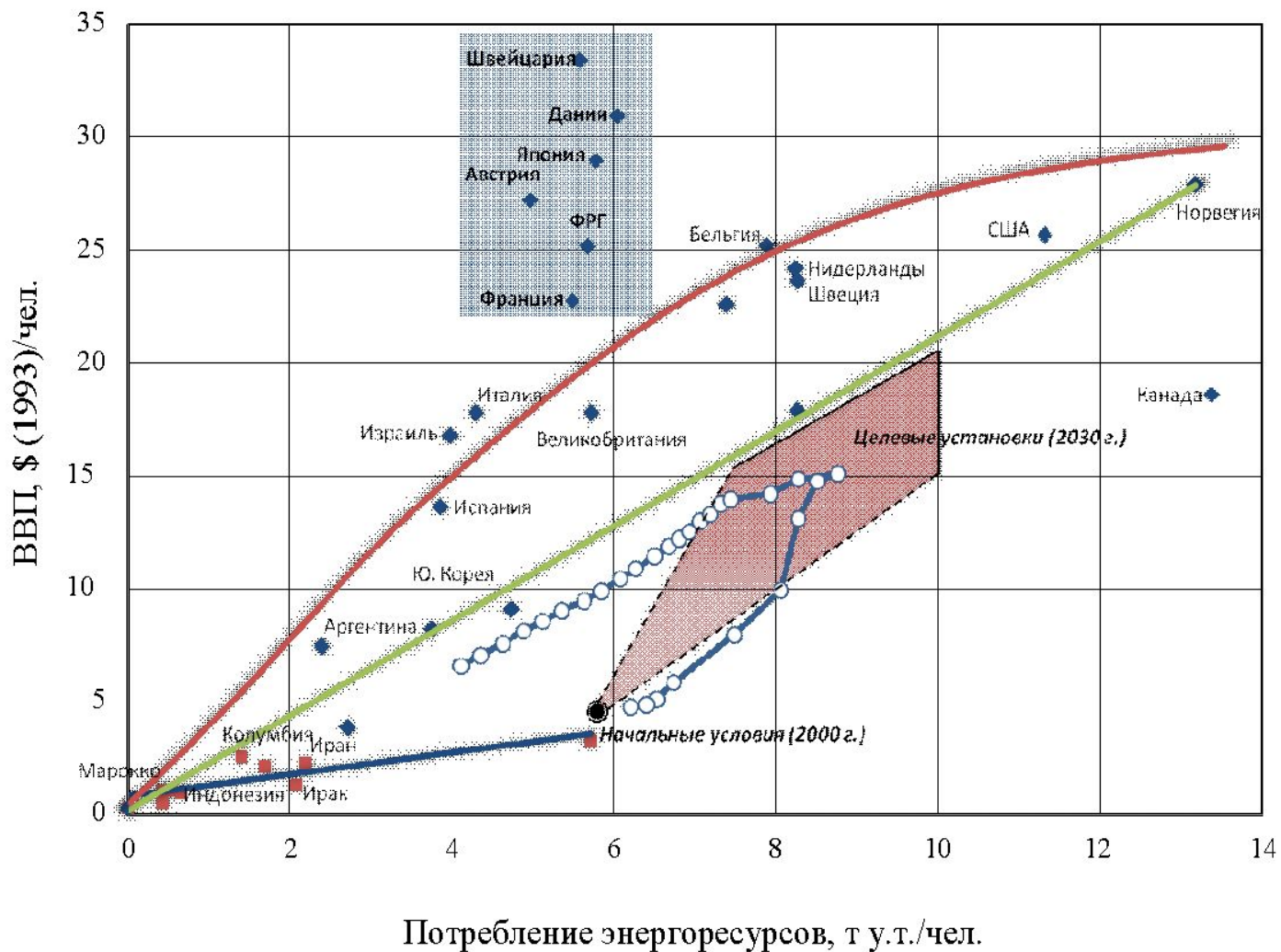


# Эволюция ВВП на душу населения и потребления энергетических ресурсов

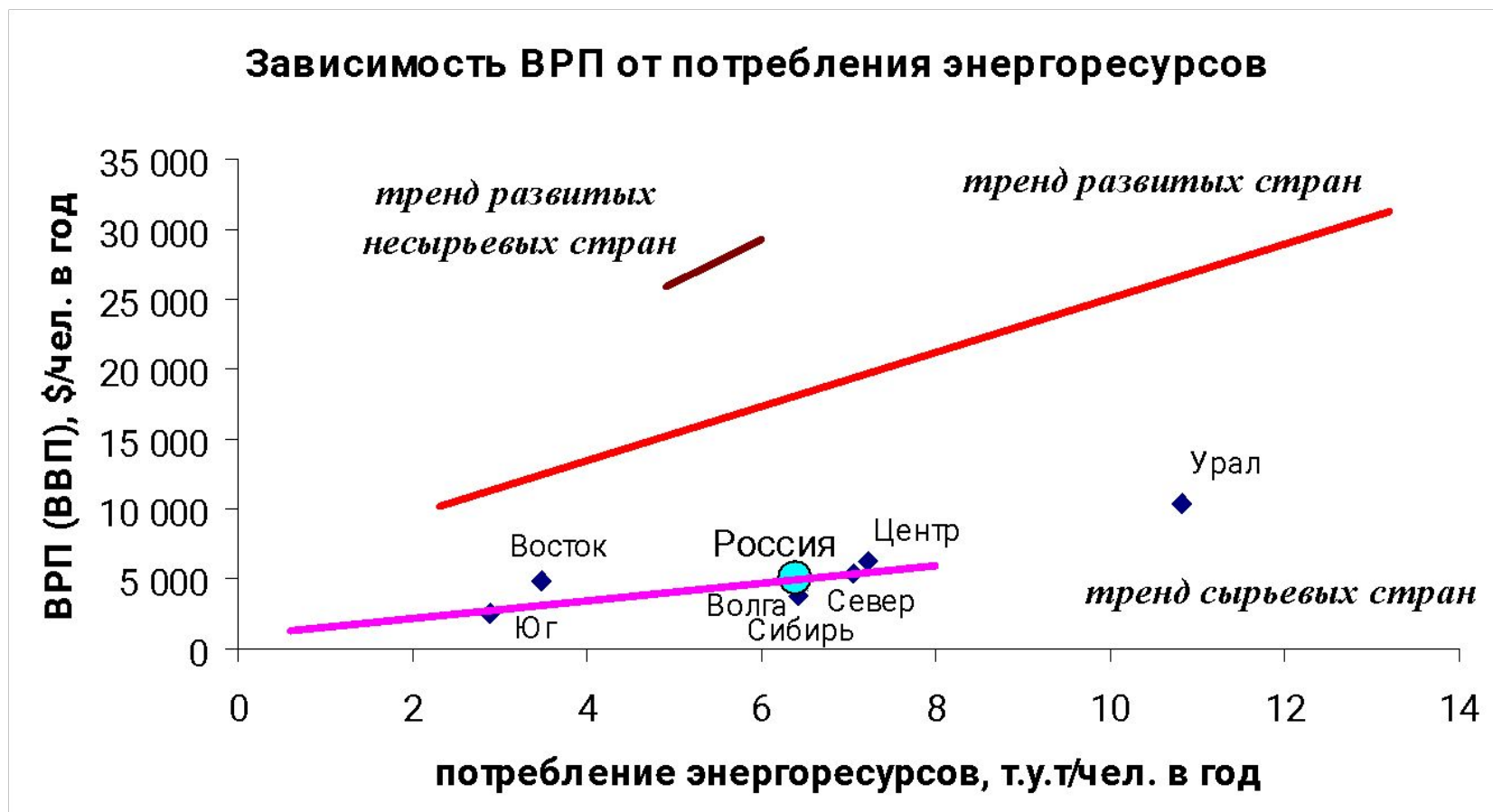




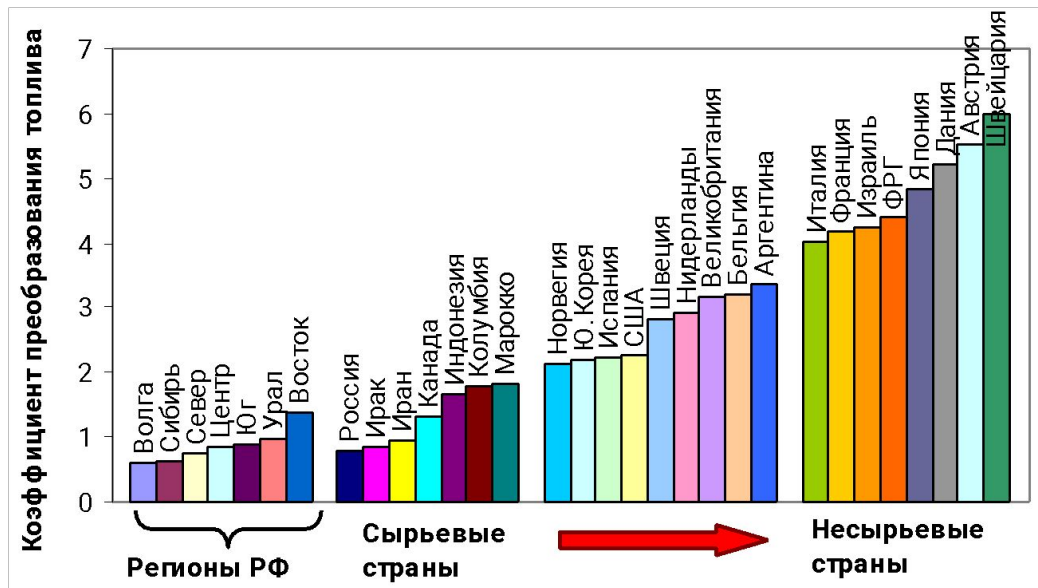
# Прогноз роста ВВП на душу населения и потребления энергетических ресурсов



# Внутренний валовый (или региональный) продукт в зависимости от потребления энергоресурсов



# Изменение коэффициента преобразования топлива для регионов РФ в сравнении с другими странами



Выражая потребление энергоресурсов на душу населения в стране (регионе) через валовый внутренний продукт можно получить показатель преобразования топлива (энергоресурса) в ВВП

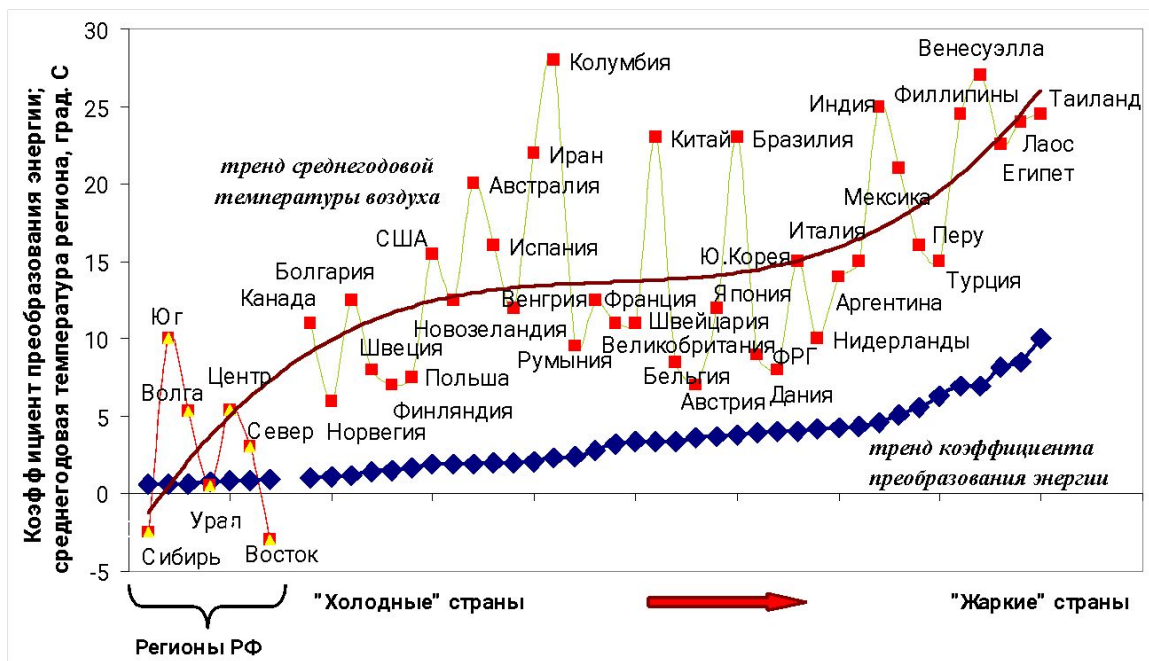
$$\text{КПТ} = \frac{\text{ВВП}}{B}$$

где КПТ – коэффициент преобразования топлива; ВВП – валовый внутренний продукт на душу населения, \$/чел. в год;  $B$  – потребление первичного энергоресурса в пересчете на условное топливо на душу населения, т.у.т/чел. в год.

1 ед. ВВП = 1000 \$/чел. в год

1 ед. топливного ресурса = 1 т.у.т/чел. в год

# Изменения коэффициента преобразования энергии для регионов РФ в сравнении с другими странами



Выражая потребление электроэнергии на душу населения в стране (регионе) через валовый внутренний продукт можно получить показатель преобразования энергии в ВВП

$$КПЭ = \frac{ВВП}{Э}$$

где КПЭ – коэффициент преобразования энергии;  
 ВВП – валовый внутренний продукт на душу населения, \$/чел. в год; Э – потребление электроэнергии на душу населения, кВт·ч/чел. в год

Здесь 1 ед. энергии = 1000 кВт·ч/чел. в год потребленной электроэнергии

# **Электроэнергетика Сибирского федерального округа**

**Перспектива развития  
электроэнергетики СФО до  
2030 года**

# Задача

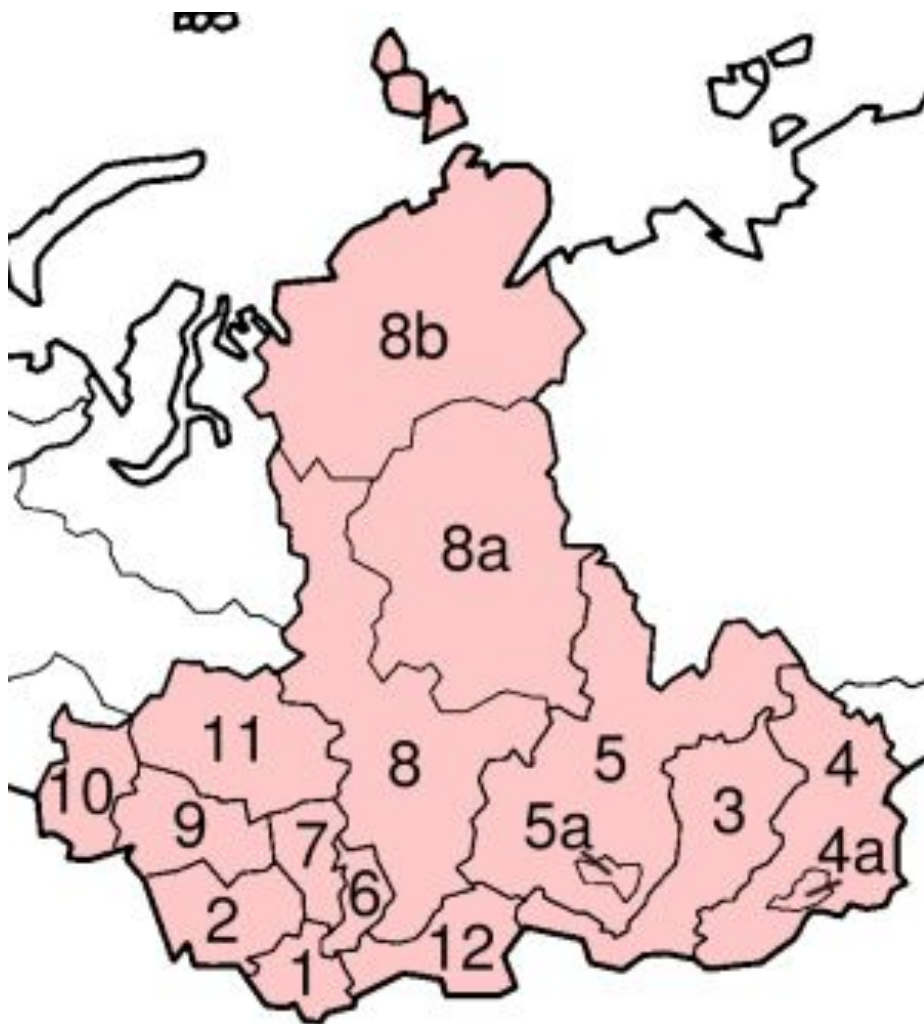
Обеспечить увеличение выработки электроэнергии в России к 2030 году до уровня:

1. Пессимистический сценарий – 1700 млрд. кВт\*ч;
2. Базовый сценарий – 2000 млрд. кВт\*ч;
3. Оптимистический сценарий – 2300 млрд. кВт\*ч.

Фактически для базового сценария означает удвоение установленной мощности



# Состояние генерирующих мощностей ТЭС Сибирского федерального округа



**Сибирский федеральный округ (СФО):** 1 – Республика Алтай; 2 – Алтайский край; 3 – Республика Бурятия; 4 – Читинская область; 4а – Агинский Бурятский автономный округ; 5 – Иркутская область; 5а – Усть-Ордынский Бурятский автономный округ; 6 – Республика Хакасия; 7 – Кемеровская область; 8 – Красноярский край; 8а – Эвенкийский автономный округ; **8b – Таймырский (Долгано-Ненецкий) автономный округ;** 9 – Новосибирская область; 10. Омская область; 11 – Томская область; 12 – Республика Тыва

# Площадь территории и состав населения СФО

|   | Площадь,<br>км <sup>2</sup> | Городское и<br>сельское население |                 | Плотность<br>населения |             | Городское<br>население |             | Сельское<br>население |             |
|---|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------|-----------------------|-------------|
|   |                             | 1989                              | 2002            | 1989                   | 2002        | 1989                   | 2002        | 1989                  | 2002        |
| <b>Сибирский<br/>федеральный округ<br/>(г. Новосибирск)</b>   | <b>5111950</b>              | <b>21068035</b>                   | <b>20062938</b> | <b>4,12</b>            | <b>3,92</b> | <b>71,8</b>            | <b>71,1</b> | <b>28,2</b>           | <b>28,9</b> |
| Республика Алтай (г. Горно-Алтайск)                           | 92600                       | 190831                            | 202947          | 2,06                   | 2,19        | 27,0                   | 26,4        | 73,0                  | 73,6        |
| Республика Бурятия (г. Улан-Удэ)                              | 351300                      | 1038252                           | 981238          | 2,96                   | 2,79        | 61,7                   | 59,6        | 38,3                  | 40,4        |
| Республика Тыва (г. Кызыл)                                    | 168600                      | 308557                            | 305510          | 1,83                   | 1,81        | 46,8                   | 51,5        | 53,2                  | 48,5        |
| Республика Хакасия (г. Абакан)                                | 61900                       | 566861                            | 546072          | 9,16                   | 8,82        | 72,4                   | 70,8        | 27,6                  | 29,2        |
| Алтайский край (г. Барнаул)                                   | 167850                      | 2631261                           | 2607426         | 15,68                  | 15,53       | 57,9                   | 53,2        | 42,1                  | 46,8        |
| Красноярский край (г. Красноярск)                             | 710000                      | 3038593                           | 2966042         | 4,28                   | 4,18        | 72,9                   | 75,7        | 27,1                  | 24,3        |
| Таймырский (Долгано-Ненецкий) автономный округ (г. Дудинка)   | 862100                      | 55803                             | 39786           | 0,06                   | 0,05        | 65,8                   | 66,2        | 34,2                  | 33,8        |
| Эвенкийский автономный округ (п. Тура)                        | 767600                      | 24769                             | 17697           | 0,03                   | 0,02        | 31,0                   | 33,0        | 69,0                  | 67,0        |
| Иркутская область (г. Иркутск)                                | 745500                      | 2824920                           | 2581705         | 3,79                   | 3,46        | 80,5                   | 79,3        | 19,5                  | 20,7        |
| Усть-Ордынский Бурятский автономный округ (п. Усть-Ордынский) | 22400                       | 135870                            | 135327          | 6,07                   | 6,04        | 18,6                   | -           | 81,4                  | 100,0       |
| Кемеровская область (г. Кемерово)                             | 95500                       | 3171134                           | 2899142         | 33,21                  | 30,36       | 87,3                   | 86,7        | 12,7                  | 13,3        |
| Новосибирская область (г. Новосибирск)                        | 178200                      | 2778724                           | 2692251         | 15,59                  | 15,11       | 74,5                   | 75,1        | 25,5                  | 24,9        |
| Омская область (г. Омск)                                      | 139700                      | 2141909                           | 2079220         | 15,33                  | 14,88       | 67,6                   | 68,7        | 32,4                  | 31,3        |
| Томская область (г. Томск)                                    | 316900                      | 1001653                           | 1046039         | 3,16                   | 3,30        | 68,9                   | 67,7        | 31,1                  | 32,3        |
| Читинская область (г. Чита)                                   | 412500                      | 1375340                           | 1155346         | 3,33                   | 2,80        | 65,1                   | 63,9        | 34,9                  | 36,1        |
| Агинский Бурятский автономный округ (п. Агинское)             | 19300                       | 77188                             | 72213           | 4,00                   | 3,74        | 32,5                   | 35,3        | 67,5                  | 64,7        |

На территориях СФО сформированы четыре территориальных генерирующих компании (ТГК), две независимые генерирующие компании и ряд станций вошли в объединенные генерирующие компании (ОГК)

**ТГК-11** – ОАО «Омская генерирующая компания», ОАО «Томскэнерго», ОАО «Кузбассэнерго-1» – установленной мощностью 4436 МВт;

**ТГК-12** – ОАО «Алтайэнерго», ОАО «Кузбассэнерго-2» – установленной мощностью 3197 МВт;

**ТГК-13** – ОАО «Красноярская генерация», ОАО «Тываэнерго», ОАО «Хакасская генерирующая компания» – установленной мощностью 2362 МВт;

**ТГК-14** – ОАО «Бурятгенерация», ОАО «Читинская генерирующая компания» – установленной мощностью 646 МВт.

Кроме того:

Березовская ГРЭС-1 – входит в состав **ОГК-4** – установленной мощностью 1440 МВт;

Харанорская ГРЭС – входит в состав **ОГК-3** – установленной мощностью 430 МВт;

Гусинозерская ГРЭС – входит в состав **ОГК-3** – установленной мощностью 1100 МВт;

Красноярская ГРЭС-2 – входит в состав **ОГК-6** – установленная мощность 1250 МВт;

**Независимая ОАО «Новосибирскэнерго»** – установленной мощностью 2400 МВт;

**Независимая ОАО «Иркутскэнерго»** – установленной мощностью 3380 МВт.

# Карта-схема зон ТГК



# Расположение электростанций ОГК



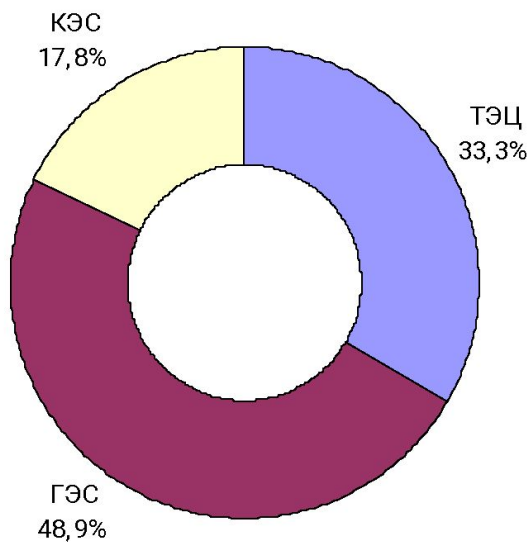
# Средний по электростанциям округа износ теплоэнергетического оборудования

| Установле<br>нная<br>мощность,<br>МВт | Паропроизвод<br>ительность,<br>т/ч | Доля<br>оборудования с<br>выработкой<br>ресурса до 50%,<br><br>МВт (%) | Доля<br>оборудования с<br>выработкой<br>ресурса свыше<br>50%,<br><br>МВт (%) | Доля<br>оборудования с<br>выработкой<br>ресурса свыше<br>100%,<br><br>МВт (%) |
|---------------------------------------|------------------------------------|--|--|---|
| 21141                                 | 118315                             | 3957 (19)  | 5926 (28)  | 11258 (53)  |

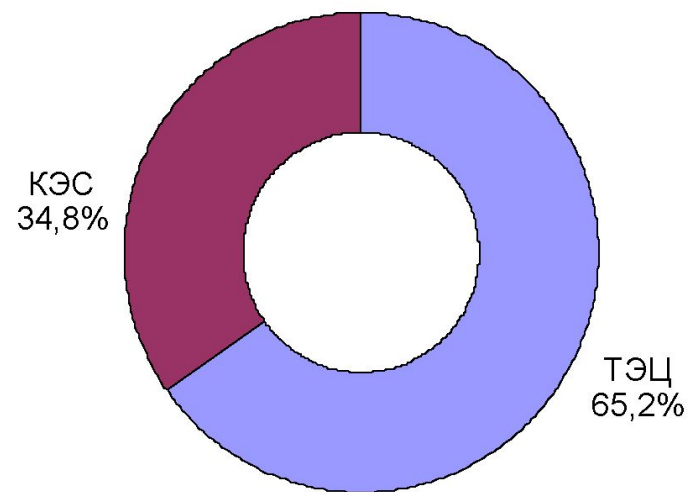


# Структура генерирующих мощностей СФО

Структура генерирующих мощностей по СФО

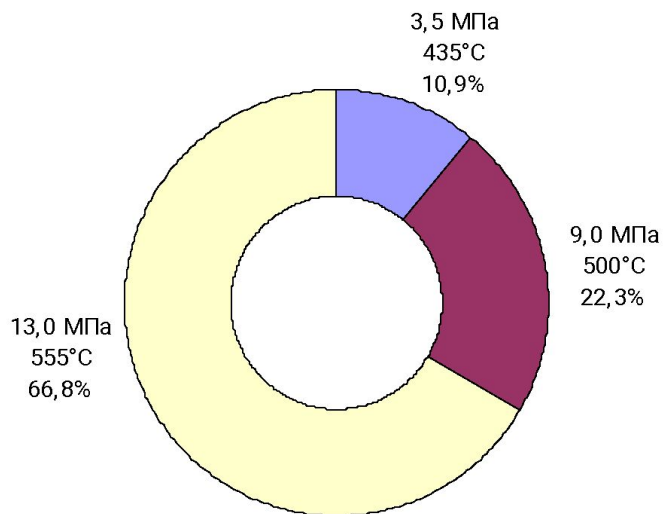


Структура генерирующих мощностей ТЭС по СФО

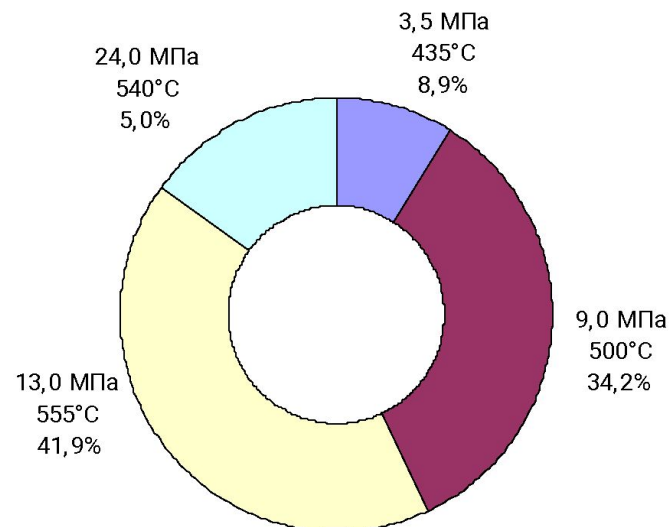


# Структура генерирующих мощностей ТЭС с учетом их параметров для СФО

## Структура электрической мощности ТЭЦ СФО



## Структура электрической мощности ГРЭС СФО



# Удельные расходы топлива для ТЭЦ разных параметров

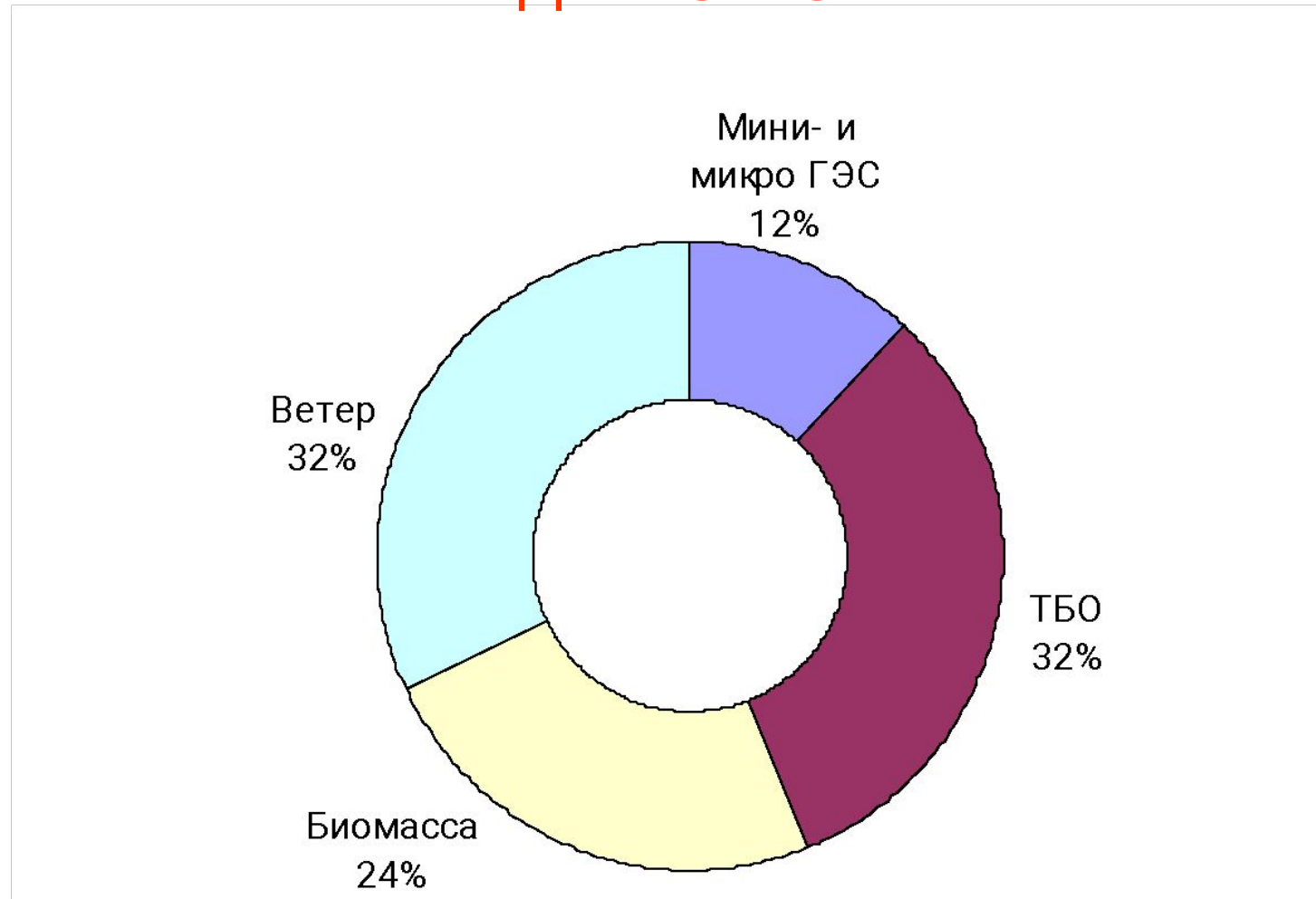
| Параметры ТЭЦ, МПа, °С | $e_{\text{Э}}$ , г у.т./кВт·ч | $e_{\text{Q}}$ , кг/Гкал |
|------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 3,5; 435               | 437                           | 153                      |
| 9,0; 500               | 401                           | 146                      |
| 13,0; 555              | 321                           | 141                      |
| 24,0; 540/540          | 269                           | 134                      |

## Средние удельные расходы топлива для ТЭС СФО

на отпуск электроэнергии и теплоты от ТЭЦ составят **351** г у.т./кВт·ч и **143,4** кг/Гкал соответственно

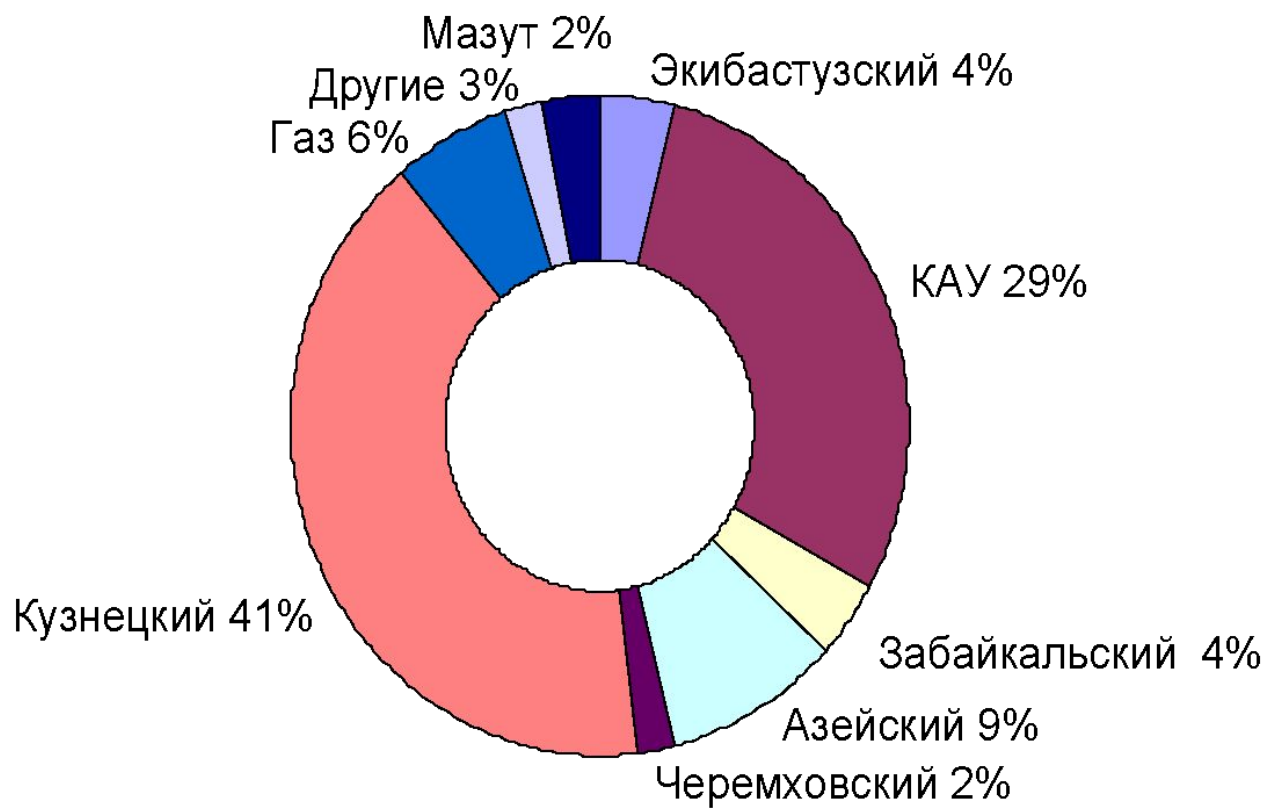
КПД отпуска электроэнергии от КЭС не превышает 35,5%, что соответствует расходу топлива в **346** г у.т./кВт·ч

# Возможности нетрадиционной энергетики для СФО

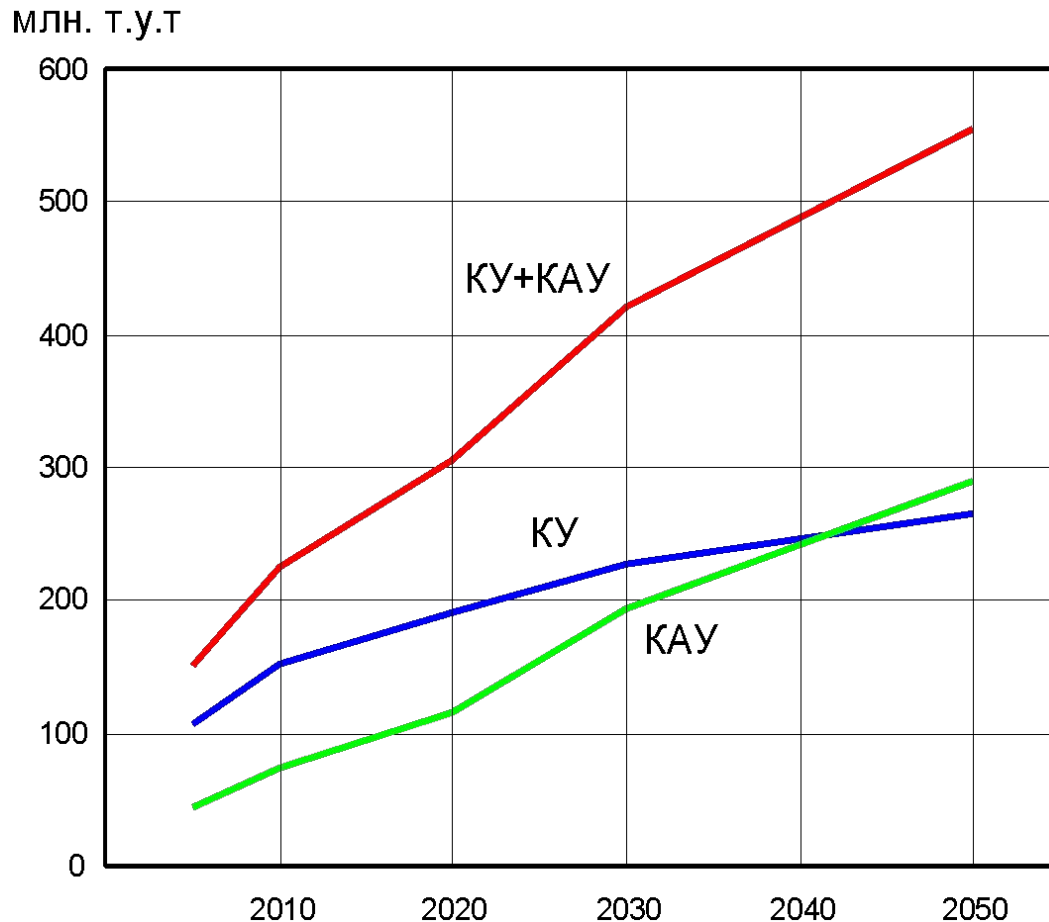


# УГОЛЬ

## Топливный баланс СФО



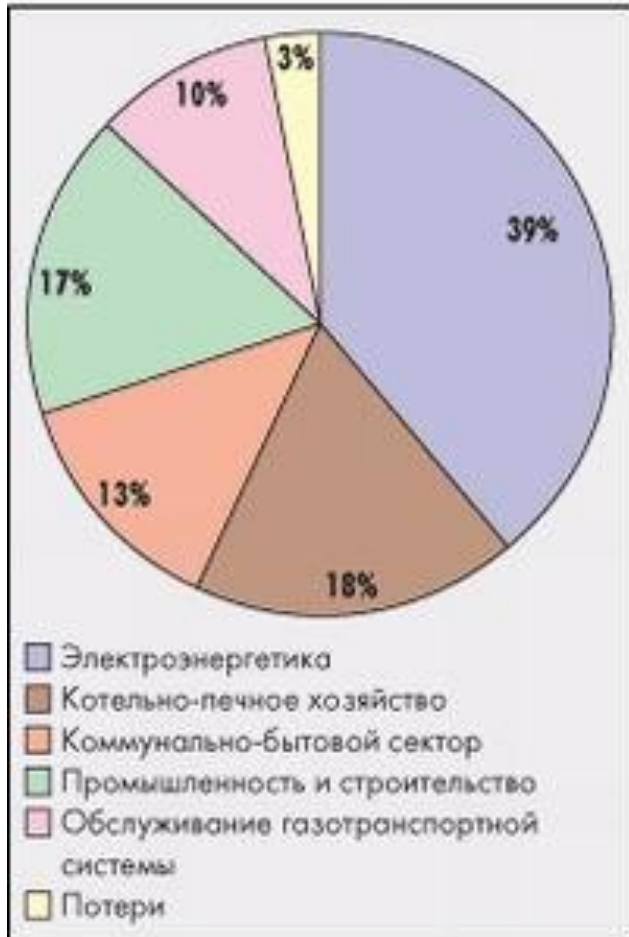
# Прогноз потенциально возможной добычи энергетических углей Кузнецкого и Канско-Ачинского бассейнов до 2050 года



Энергетический потенциал к 2030 году на основе углей СФО можно оценить на уровне 370 млн. т.у.т (за вычетом уже задействованного в энергобалансе), или в  $\approx 1110$  млрд. кВт·ч в год, что соответствует  $\approx 185$  ГВт установленной мощности

# Газ

**Структура потребления  
природного газа  
в России**



Потенциальные запасы газа в России составляют около 230 трлн. м<sup>3</sup>

Разведанные запасы – 47 трлн. м<sup>3</sup>

Объем добычи газа в России в 2004 году составил 633 млрд. м<sup>3</sup>, в том числе «Газпромом» 545 млрд. м<sup>3</sup>

Увеличение уровня добычи газа «Газпромом» к 2030 г. до 610...630 млрд. м<sup>3</sup>

Увеличение уровня добычи газа «Газпромом» к 2030 г. до 610...630 млрд. м<sup>3</sup>

Доля экспортируемого газа составляет ≈40 %

Доля газа в топливном балансе РАО «ЕЭС России» в целом превышает 70%

# Потенциал первичных ресурсов СФО

Таким образом потенциал (экономически целесообразный) СФО по первичным ресурсам оценивается на уровне 280...285 ГВт



Базовый сценарий для СФО (в первом приближении) означает выход на выработку  $\approx 372$  млрд. кВт·ч в год, что приблизительно эквивалентно **75 ГВт** установленной мощности



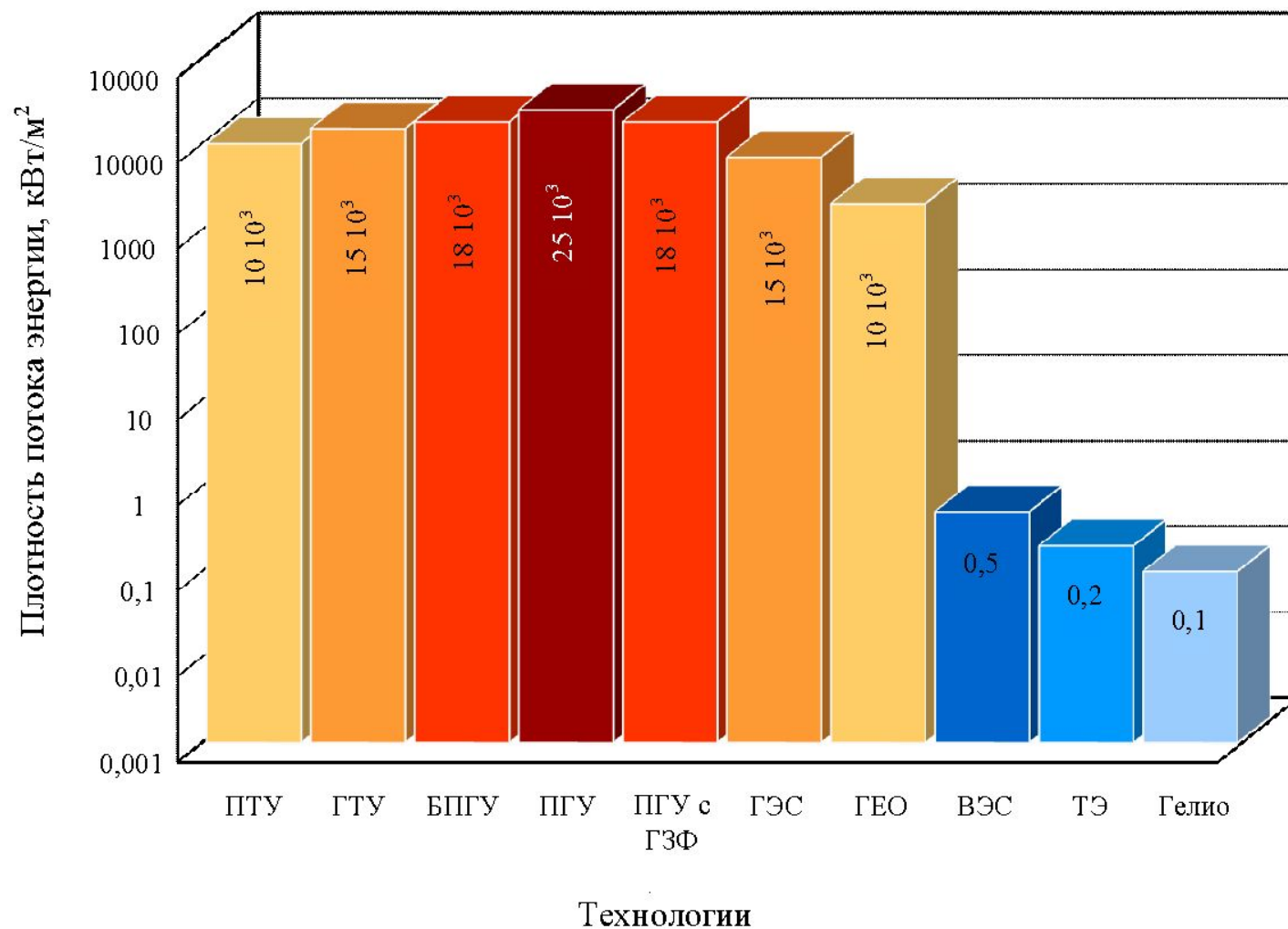
# Выводы

1. Потенциал нетрадиционной возобновляемой энергетики не превышает 1 %.
2. Во всех случаях (сценариях) применение газа – ограничено.
3. Угольный потенциал позволяет обеспечить перспективное увеличение установленной мощности.

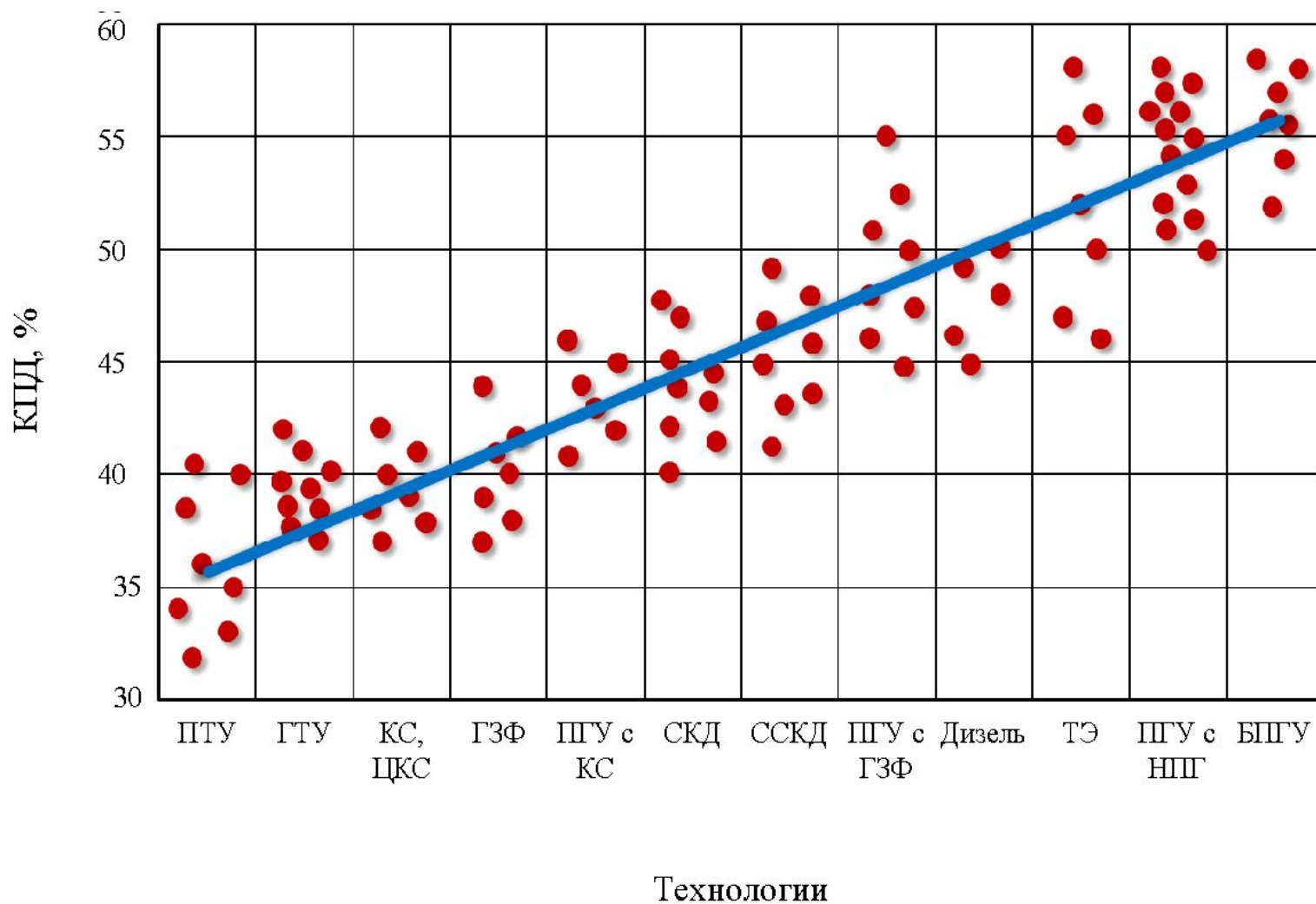
# Систематизация фазовых компонент углеводородных компонент в первичных энергоносителях

|                     | Углеводородные компоненты |                            |                               |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Фазовое состояние   | «С» + «Н»                 | «С»<br>углерод             | «Н»<br>водород                |
| «Т»<br>твердое      | ДРОВА<br>До 1860 г.       | УГОЛЬ<br>1860 г. – 1960 г. | Твердотопливные<br>компоненты |
| «Ж»<br>жидкое       | НЕФТЬ<br>1960г. – 2020 г. | СЖТ<br>из угля             | Жидкотопливные<br>компоненты  |
| «Г»<br>газообразное | ГАЗ<br>С 2020 г.          | СИНТЕЗ ГАЗ<br>из угля      | Газовое топливо               |

# Плотность потока энергии в зависимости от технологии



# Зависимость КПД от различных технологических процессов



# Технически достижимые направления развития

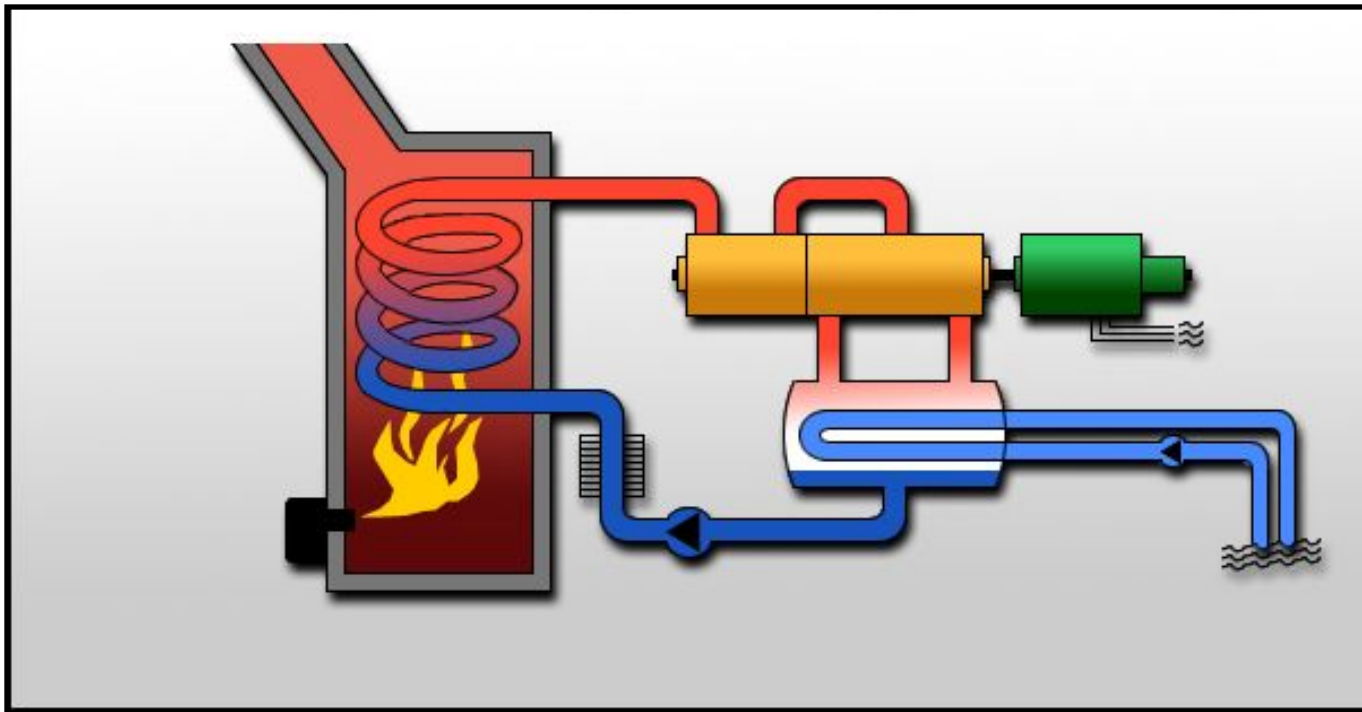
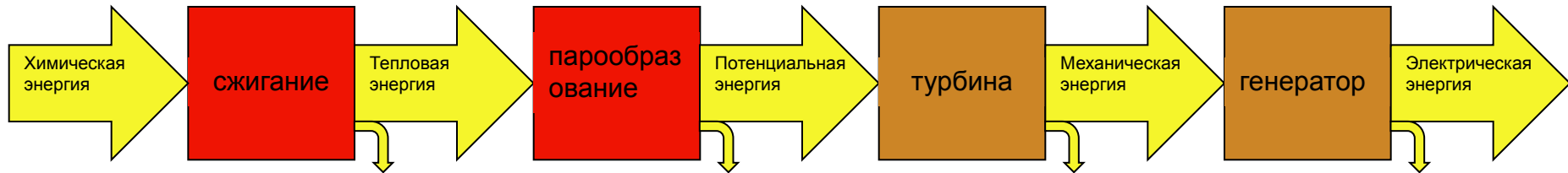






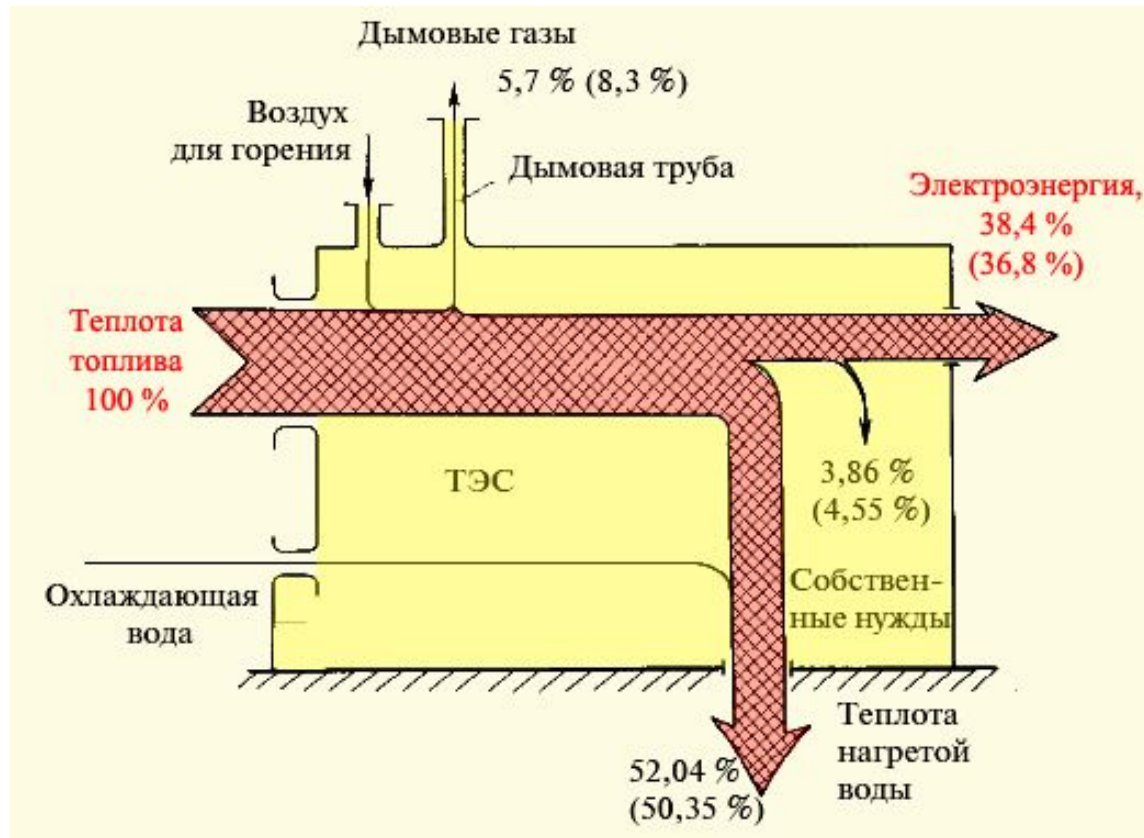
# Тепловая электрическая станция

# Преобразование энергии на ТЭС





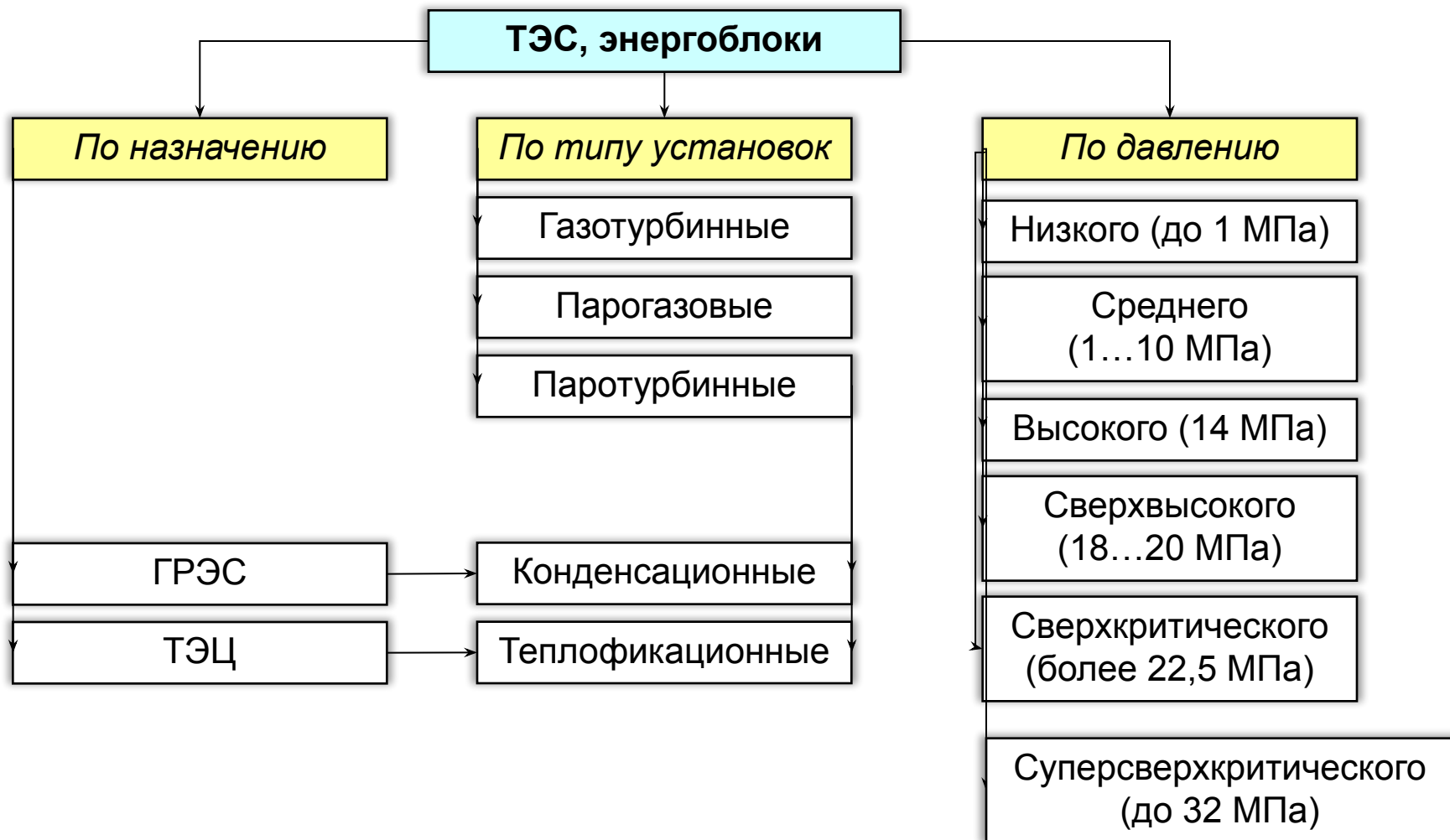
# Общее представление о тепловой электростанции на органическом топливе



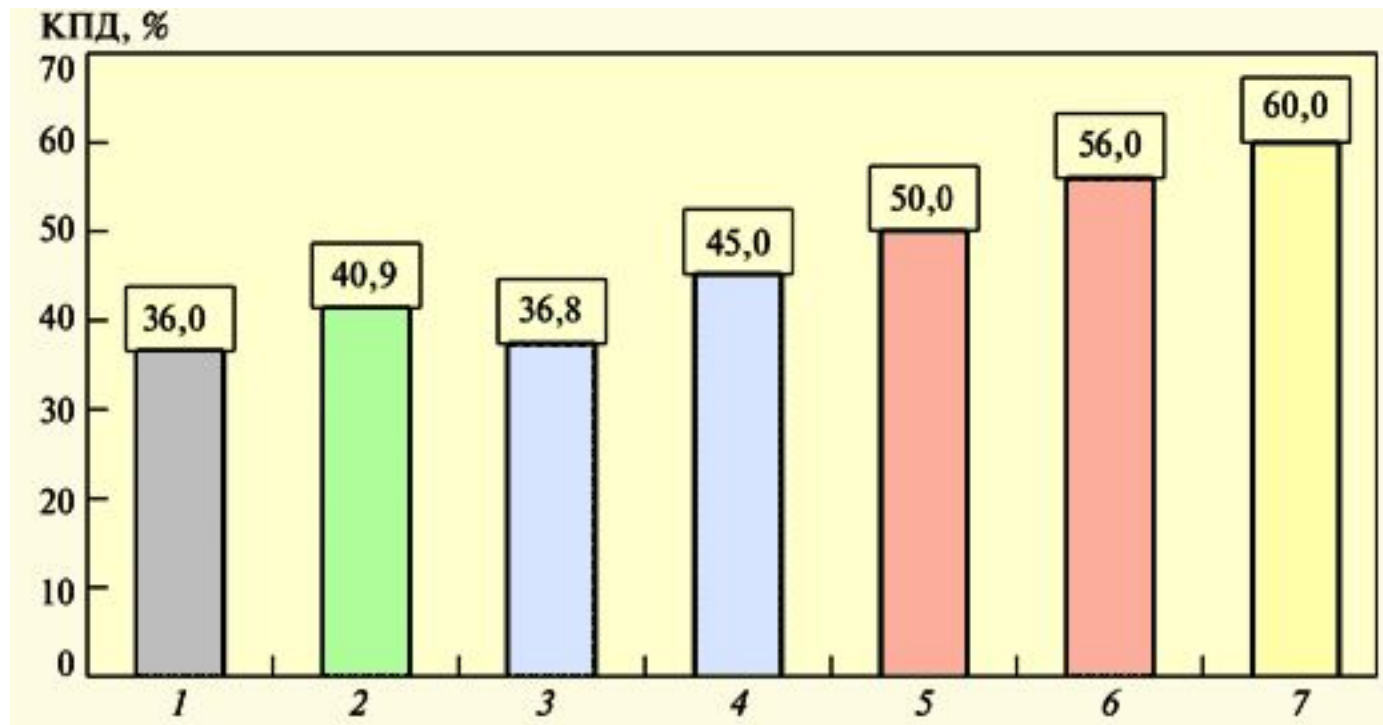
Тепловой баланс газомазутной и пылеугольной (в скобках) ТЭС



# Классификация тепловых электрических станций на органическом топливе

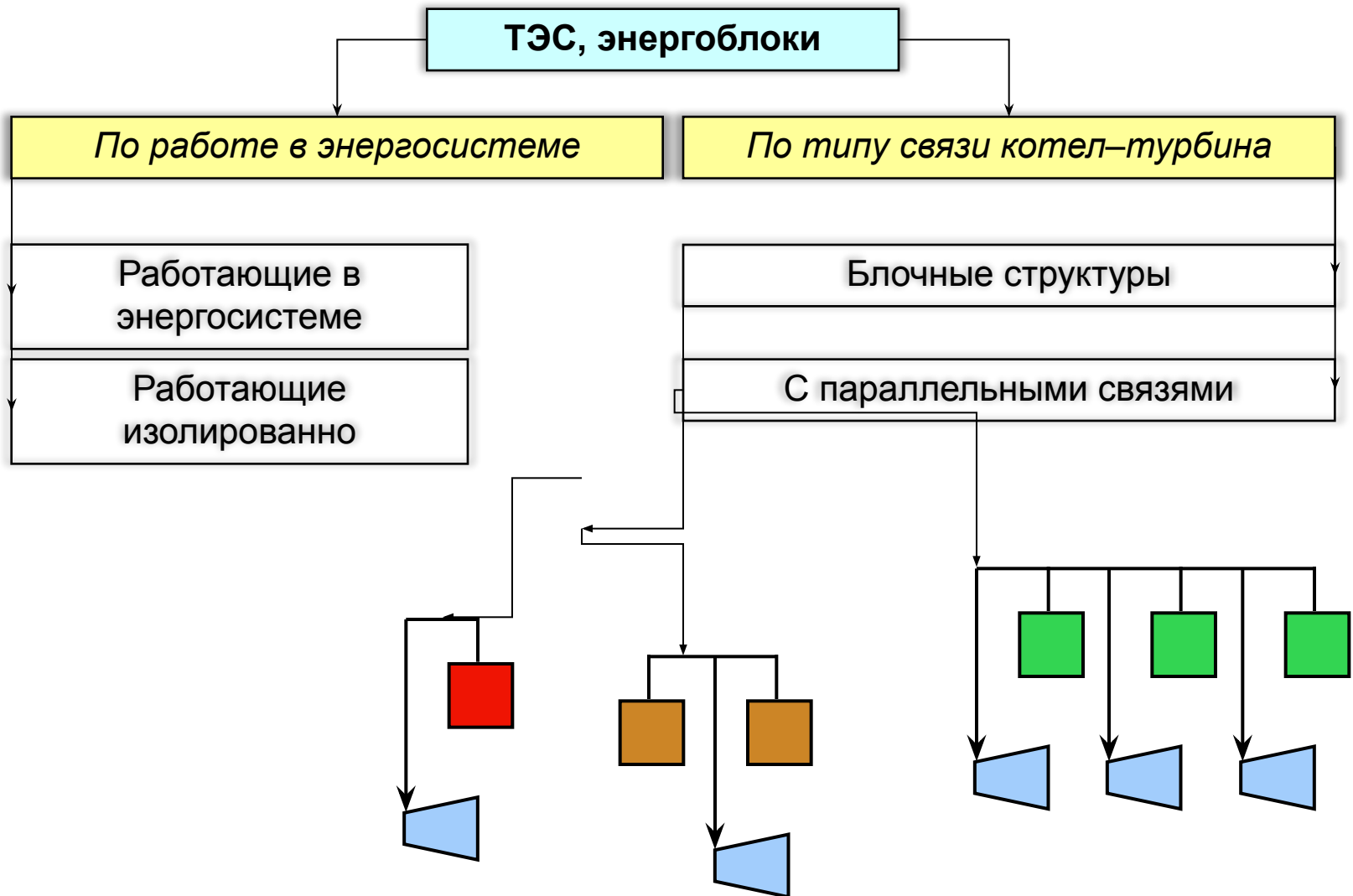


# Сравнение экономичности некоторых типов энергоблоков

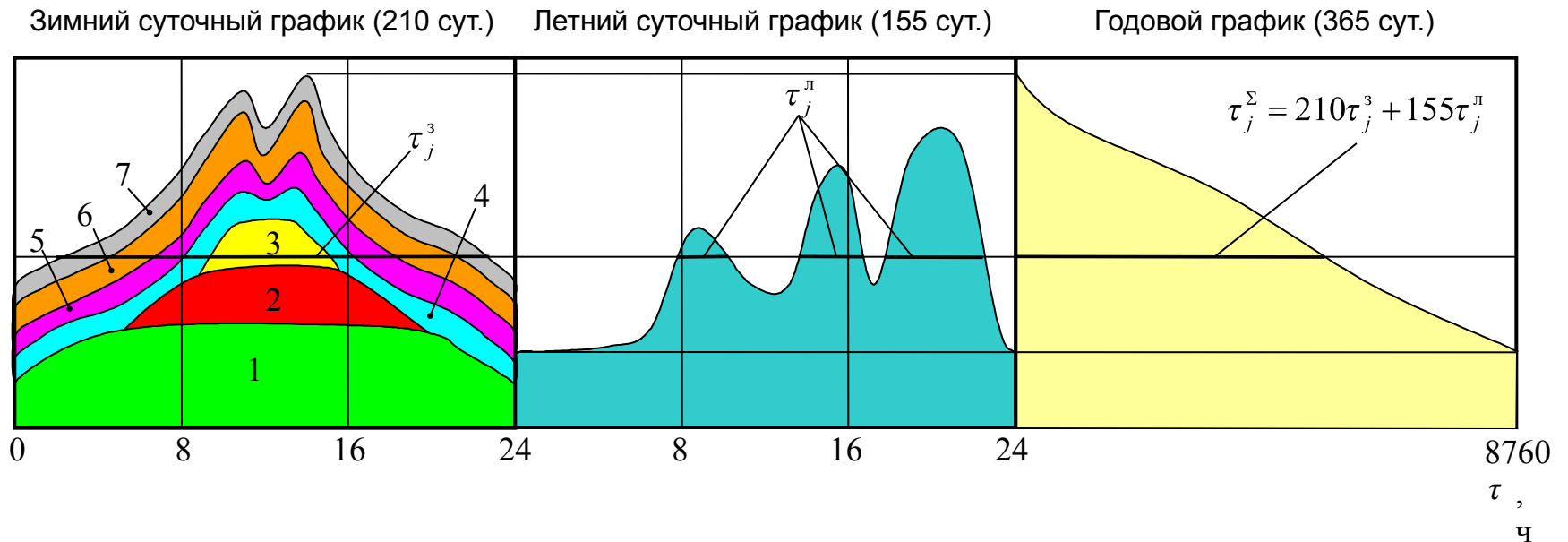


1 — средний КПД по ТЭС России; 2 — КПД газомазутного энергоблока 800 МВт Нижневартовской ГРЭС; 3 — средний КПД пылеугольных энергоблоков 500 МВт Рефтинской ГРЭС; 4 — средний КПД зарубежных пылеугольных энергоблоков нового поколения на повышенные параметры пара; 5 — КПД ПГУ-450Т Северо-Западной ТЭЦ при работе в конденсационном режиме; 6 — «стандартная» западная ПГУ утилизационного типа; 7 — перспективные западные ПГУ

# Классификация тепловых электрических станций на органическом топливе

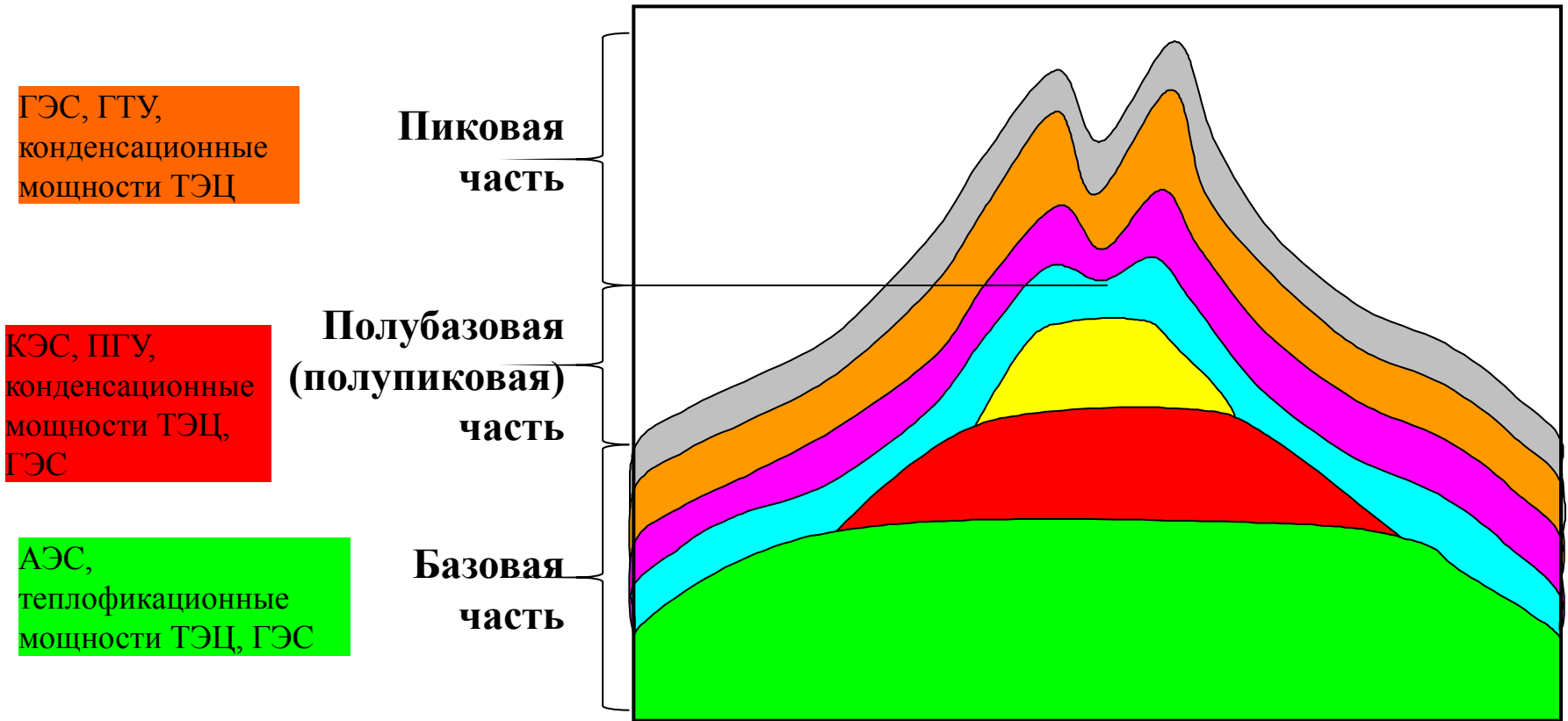


# Графики электрических нагрузок



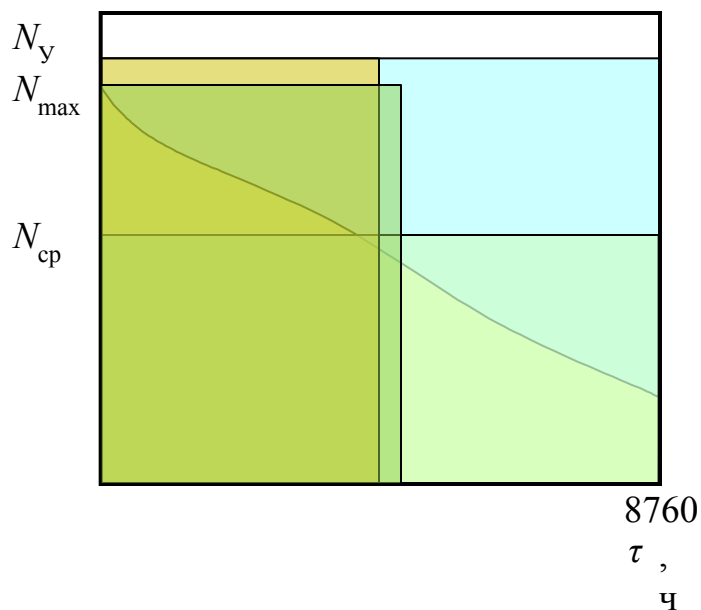
1. Трехсменные предприятия.
2. Двухсменные предприятия.
3. Односменные предприятия.
4. С/х и коммунальное хозяйство.
5. Транспорт.
6. Осветительные потребители.
7. Собственные нужды электростанций.

# Графики электрических нагрузок



Преимущественное покрытие различных частей графика нагрузок различными типами генерирующих мощностей

# Коэффициент использования установленной мощности



Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ)

$\mathcal{E}_N$

$N_{\text{о}} 8760$

$$K_{\mathcal{E}N} = \frac{\mathcal{Y}_N}{N_{\text{о}} 8760} = \frac{N_{\text{нб}}}{N_{\text{о}}}$$

$N_y$  – установленная мощность энергоблока (электростанции)

$\mathcal{E}_N$  – выработанная электроэнергия

$N_y$  – средняя мощность энергоблока (электростанции)

Число часов использования установленной мощности, ч/год

$$\tau_y = \frac{\mathcal{E}_N}{N_y}$$

# Показатель КИУМ

$$\text{КИУМ} = \frac{h}{8760} = \frac{N_{\text{ср}}}{N_{\text{уст}}}$$

| Тип станции | $h$          | КИУМ                         |                            |
|-------------|--------------|------------------------------|----------------------------|
|             | час          | По покрытию графика нагрузок | Максимальный теоретический |
| ГЭС         | 3000... 4000 | 0,34... 0,46                 | 0,92*                      |
| КЭС (ГРЭС)  | 5000... 7000 | 0,57... 0,8                  | 0,87                       |
| ТЭЦ         | 5500... 6500 | 0,63... 0,74                 | 0,87**                     |
| АЭС         | 6500... 7000 | 0,74... 0,8                  | 0,83***                    |

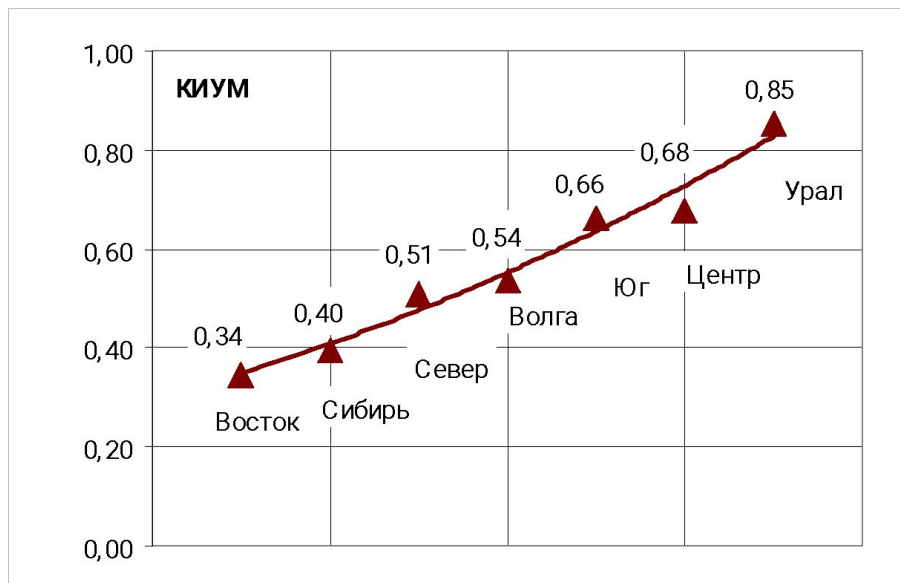
\* – теоретически и технически возможен, но нереализуем для большинства ГЭС по условиям наполняемости водохранилищ водой;

\*\* – теоретически и технически возможен, но нереализуем для турбин типа Т, ПТ из-за привязки к теплофикационному графику нагрузки в отопительный период;

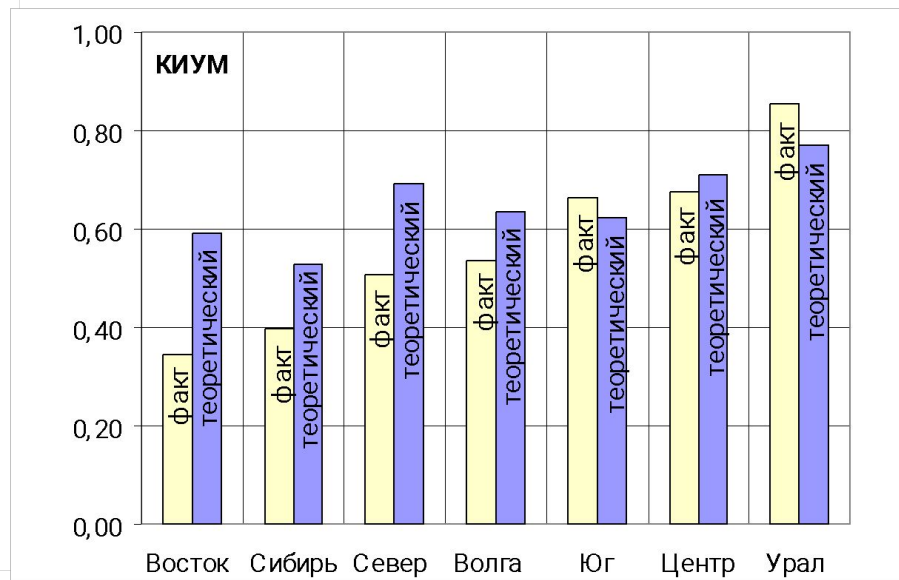
\*\*\* – в России по итогам 2006 года среднее значение КИУМ на АЭС составило  $\approx 0,76$ ; за рубежом –  $\approx 0,85$ , для лучших зарубежных станций –  $\approx 0,9$



# Коэффициент использования установленной мощности для генерирующих мощностей регионов РФ



фактические значения



сравнение с теоретическими значениями

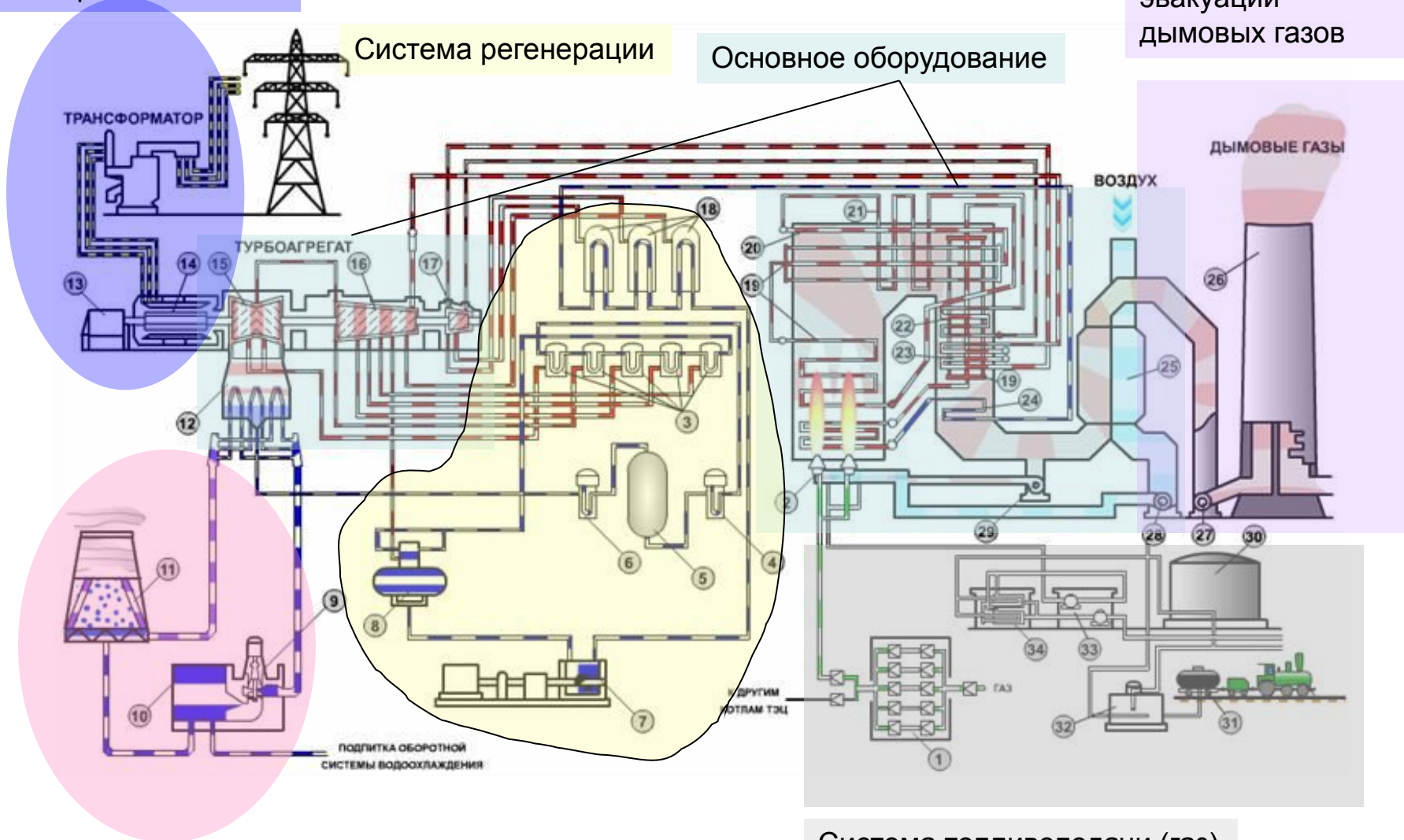
# Технологическая схема ТЭС

Электрическая часть

Система регенерации

Основное оборудование

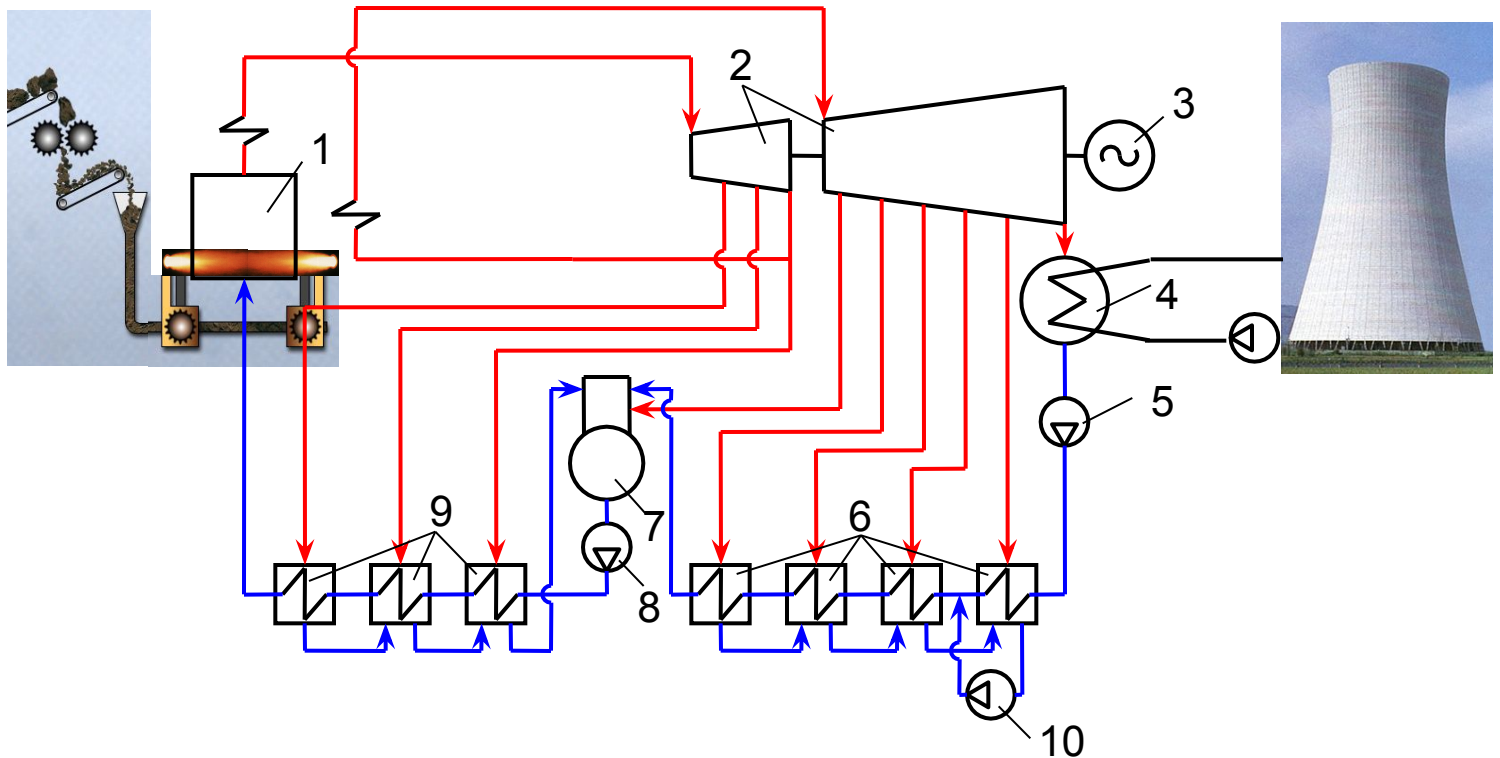
Система эвакуации дымовых газов



Система технического водоснабжения

Система топливоподачи (газ)

# Принципиальная тепловая схема ТЭС



1 – паровой котел; 2 – паровая турбина; 3 – электрический генератор;  
4 – конденсатор; 5 – конденсатный насос; 6 – подогреватели низкого давления;  
7 – деаэратор; 8 – питательный насос; 9 – подогреватели высокого давления;  
10 – дренажный насос

**Конец темы**