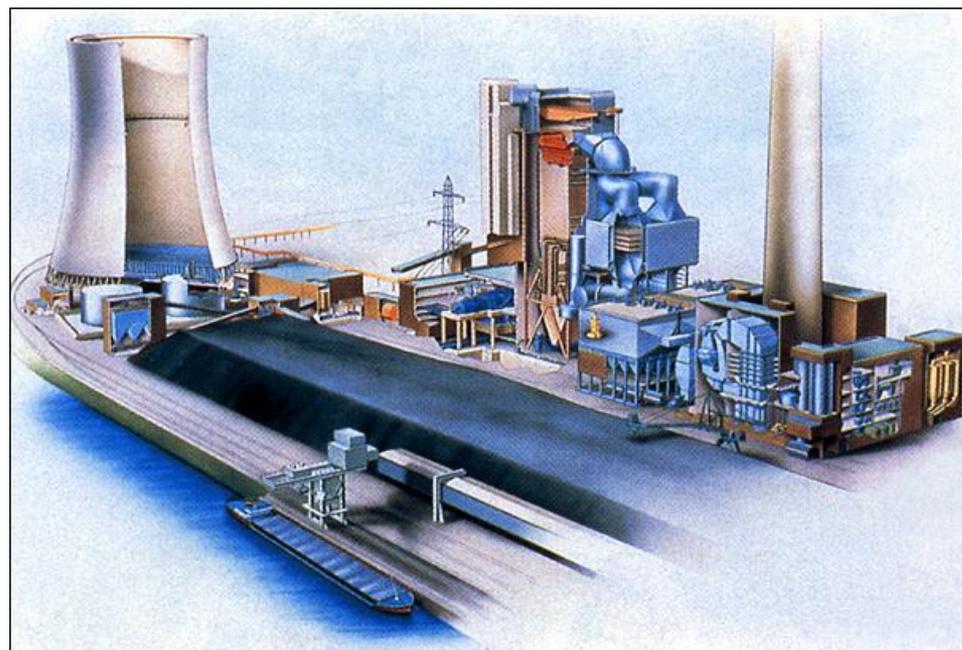


Тепловые электрические станции (часть 1)

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.



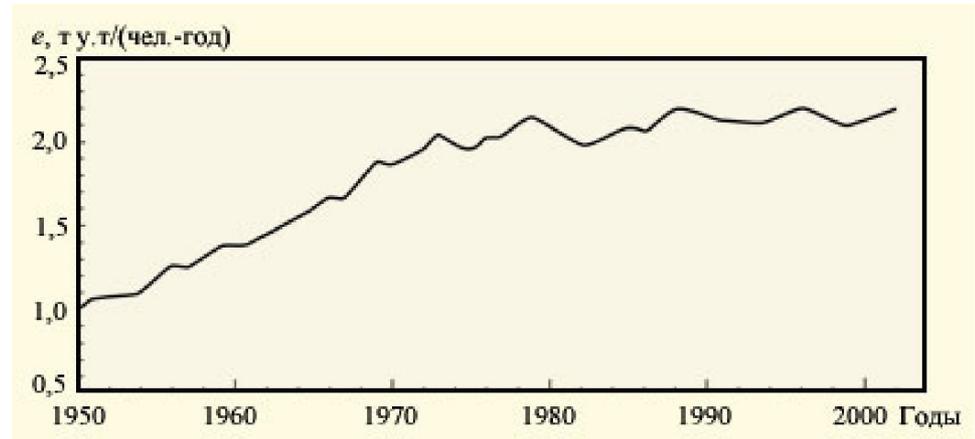
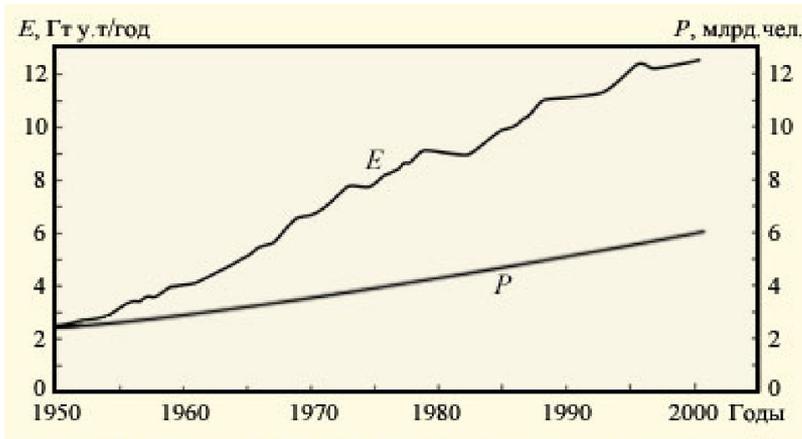
3. **Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций: Учебник для вузов / Д.П. Елизаров.** – М.: Энергоиздат, 1982. – 264 с.

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

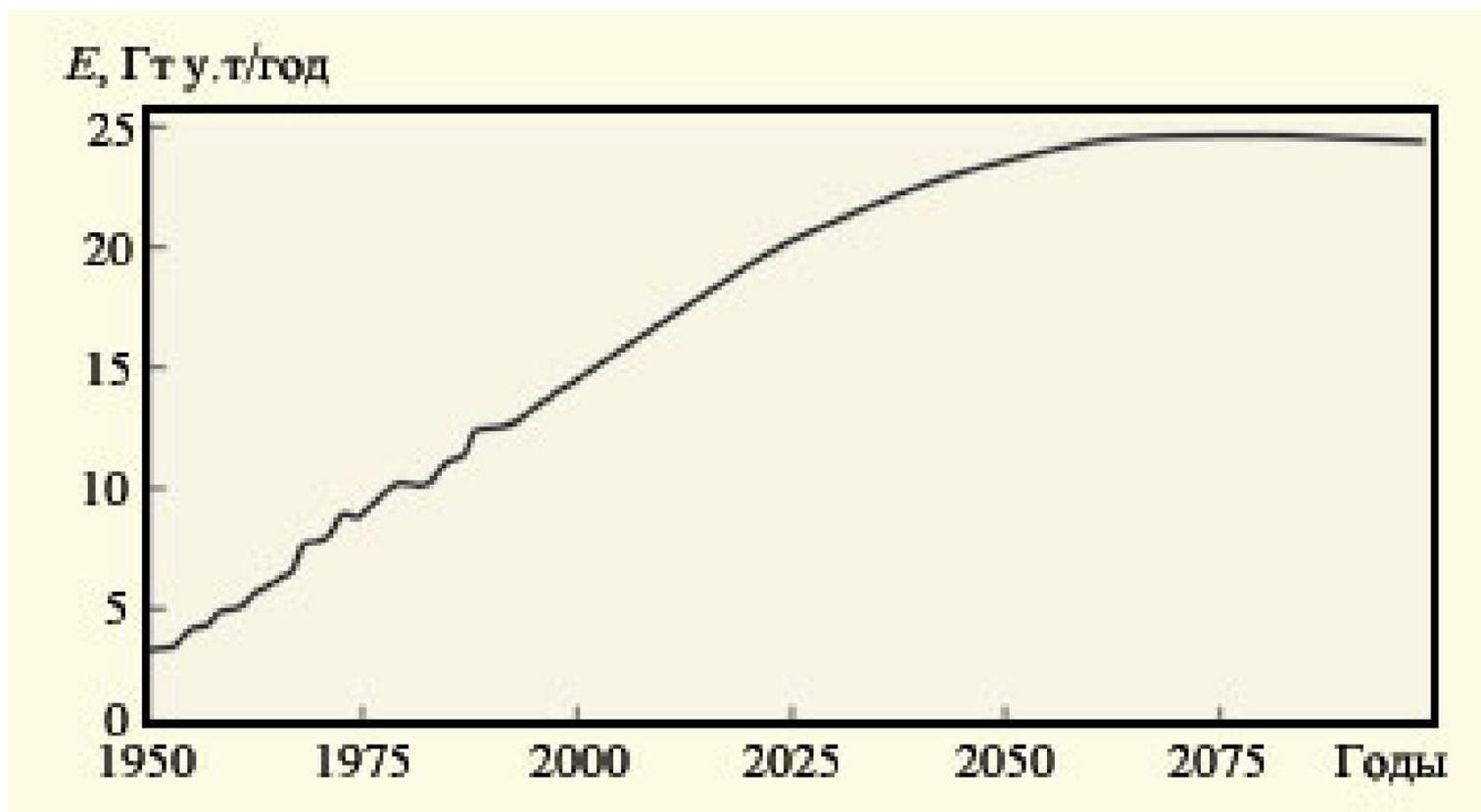


Мировое потребление коммерческой энергии E и численность населения P

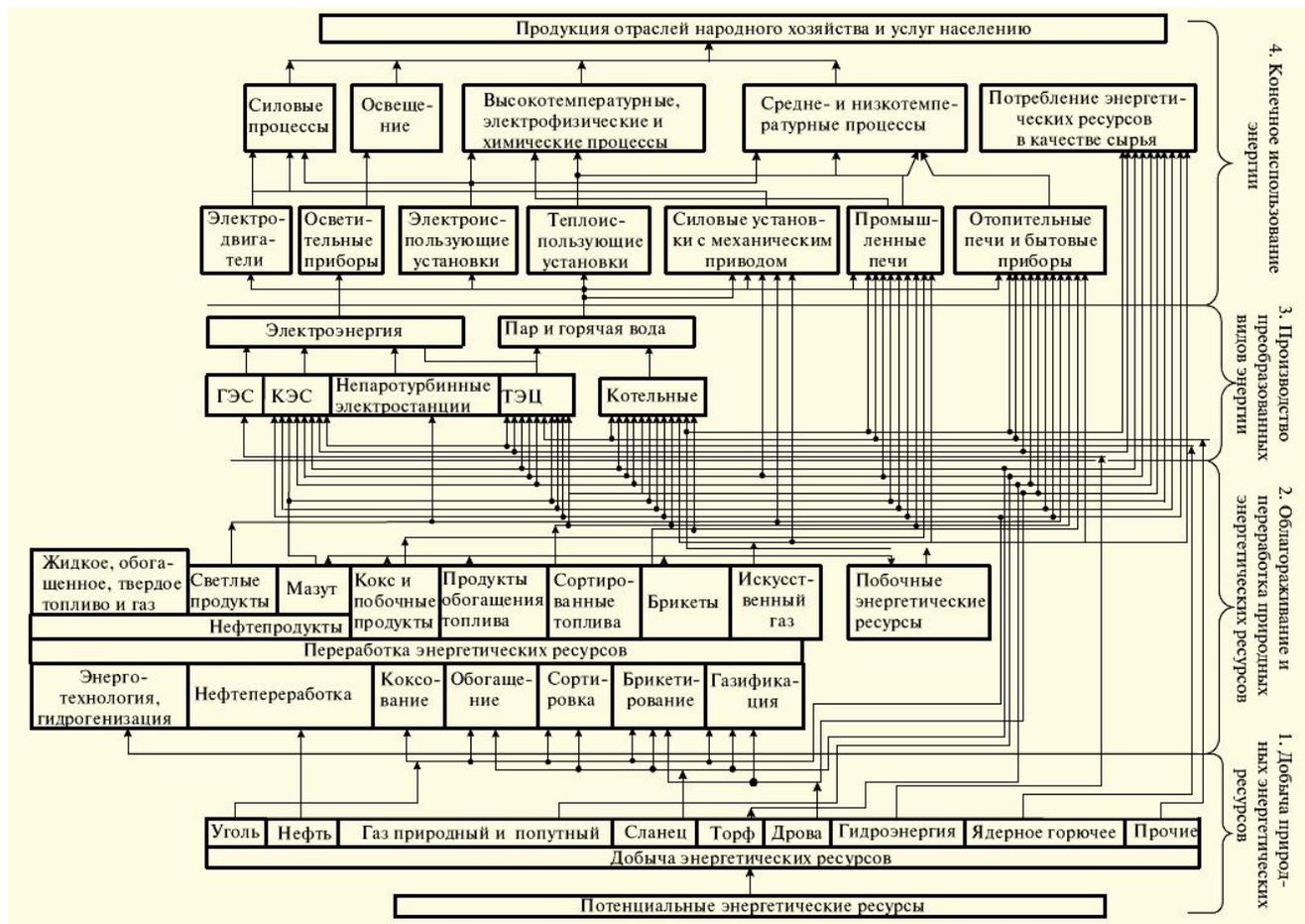
Мировое потребление коммерческой энергии e на душу населения

- 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



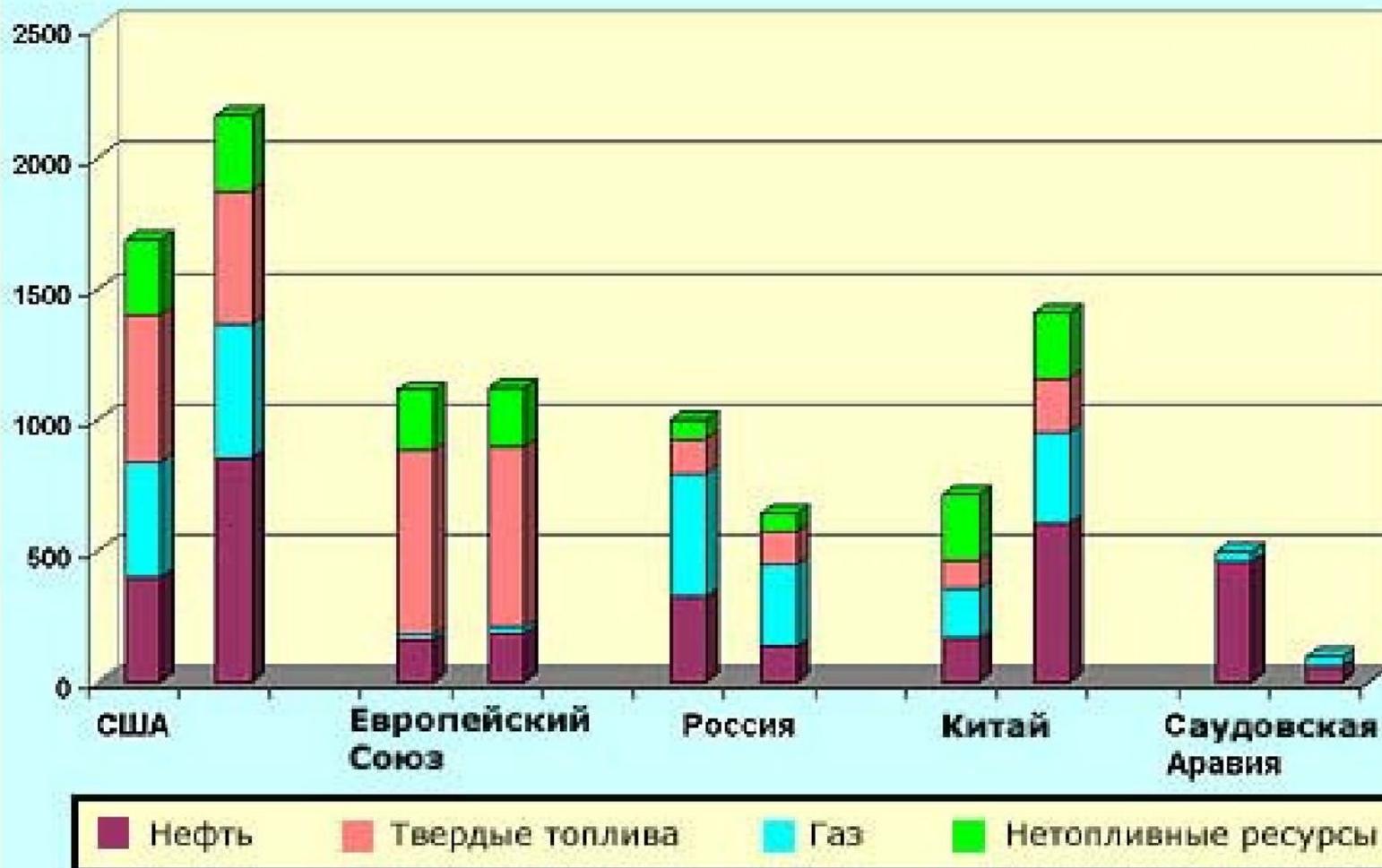
топливно-энергетический комплекс (ТЭК) – часть энергетического хозяйства от добычи (производства) энергетических ресурсов до получения энергоносителей потребителями;

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

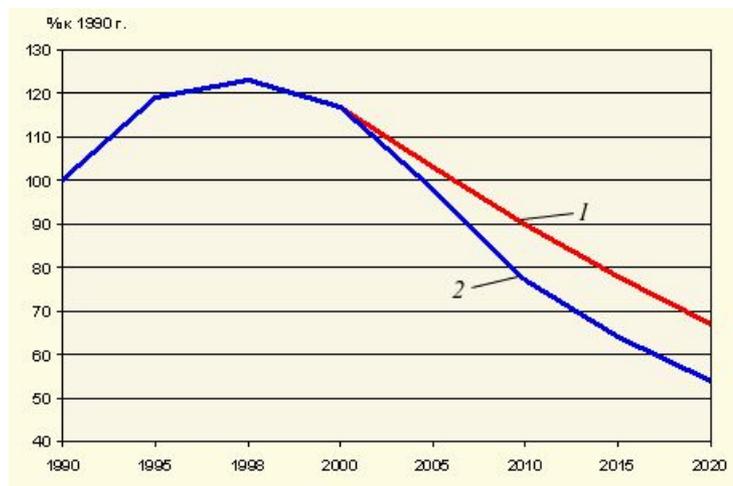
централизованное теплоснабжение – часть ТЭК, обеспечивающая производство и распределение пара и горячей воды от источников общего пользования;

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

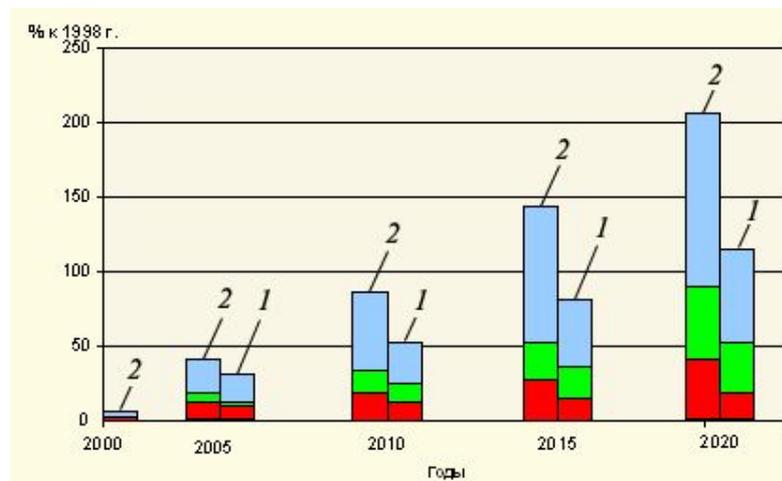


Энергетика в энергетической стратегии



Энергоемкость экономики
России по первичному
энергоносителю:

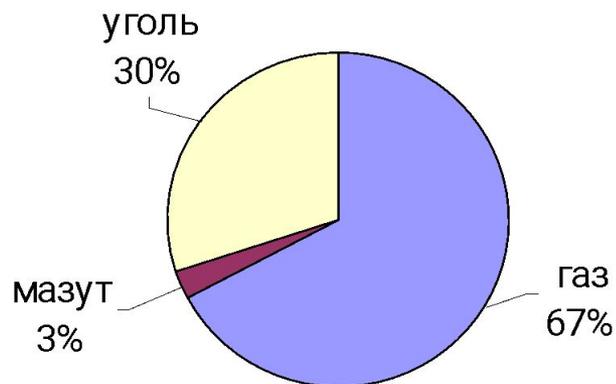
- 1 — пессимистический сценарий;
- 2 — оптимистический сценарий



Факторы энергосбережения:

- структурная экономия энергии
- технологическое энергосбережение
- прирост энергопотребления

Структура топливного баланса энергетики РФ



На 2007 год



Прогноз РАО на 2015 год

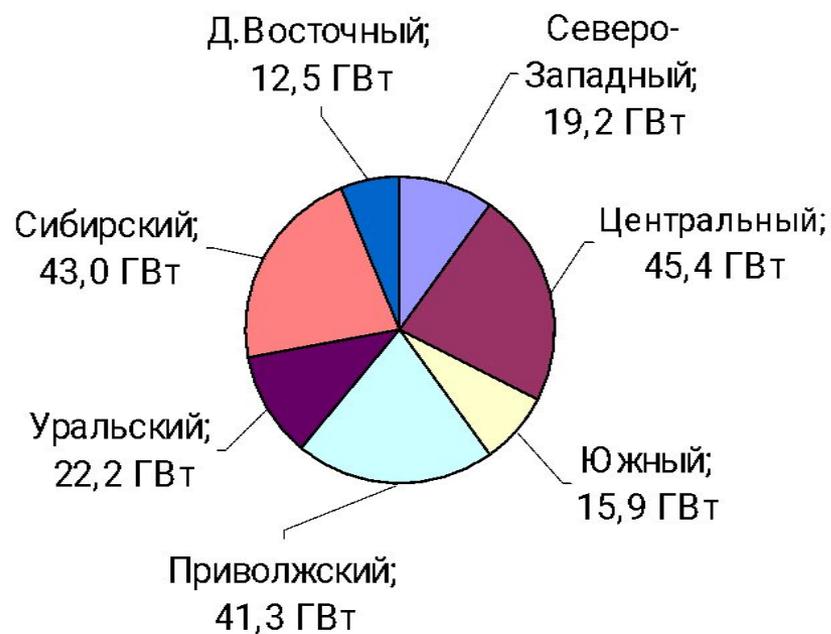
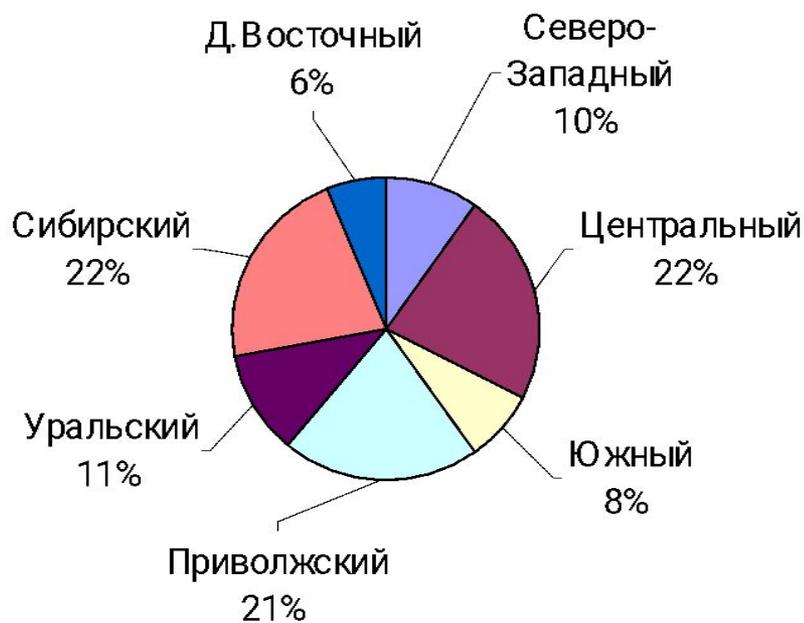
Расположение электростанций ОГК



Карта округов РФ

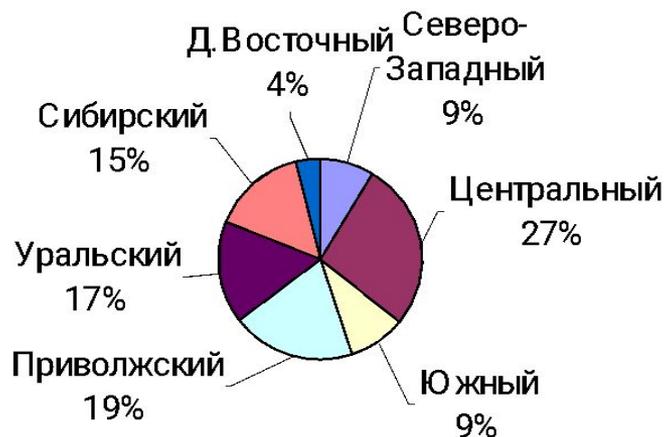


Территориальная структура установленных мощностей РФ (по федеральным округам)

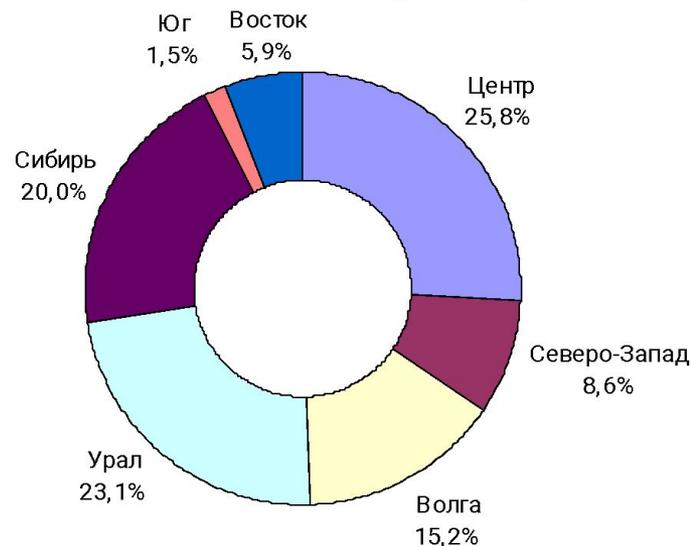


Производство электроэнергии и теплоты с учетом регионального деления

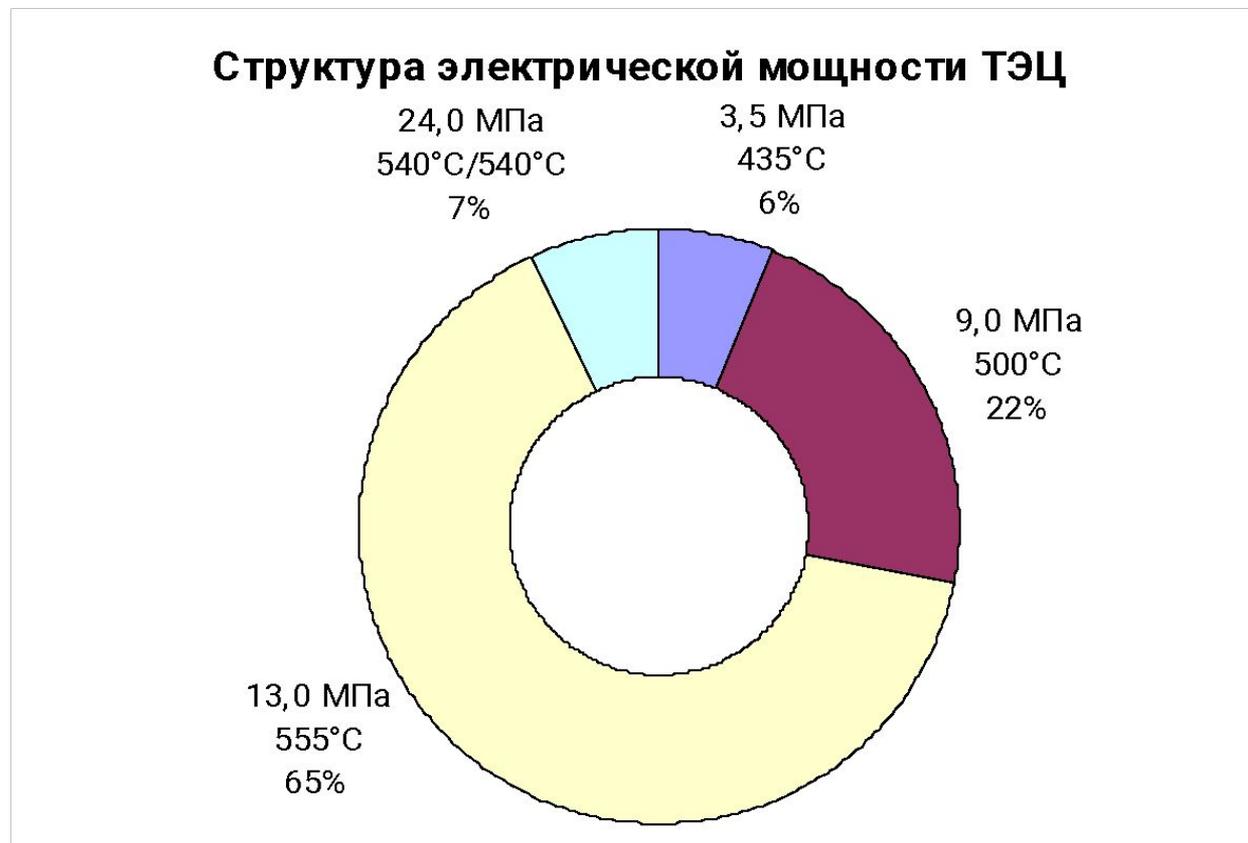
Структура выработки электроэнергии



Производство тепловой энергии по регионам



Структура генерирующих мощностей ТЭЦ с учетом их параметров для России



Некоторые показатели функционирования энергетики России

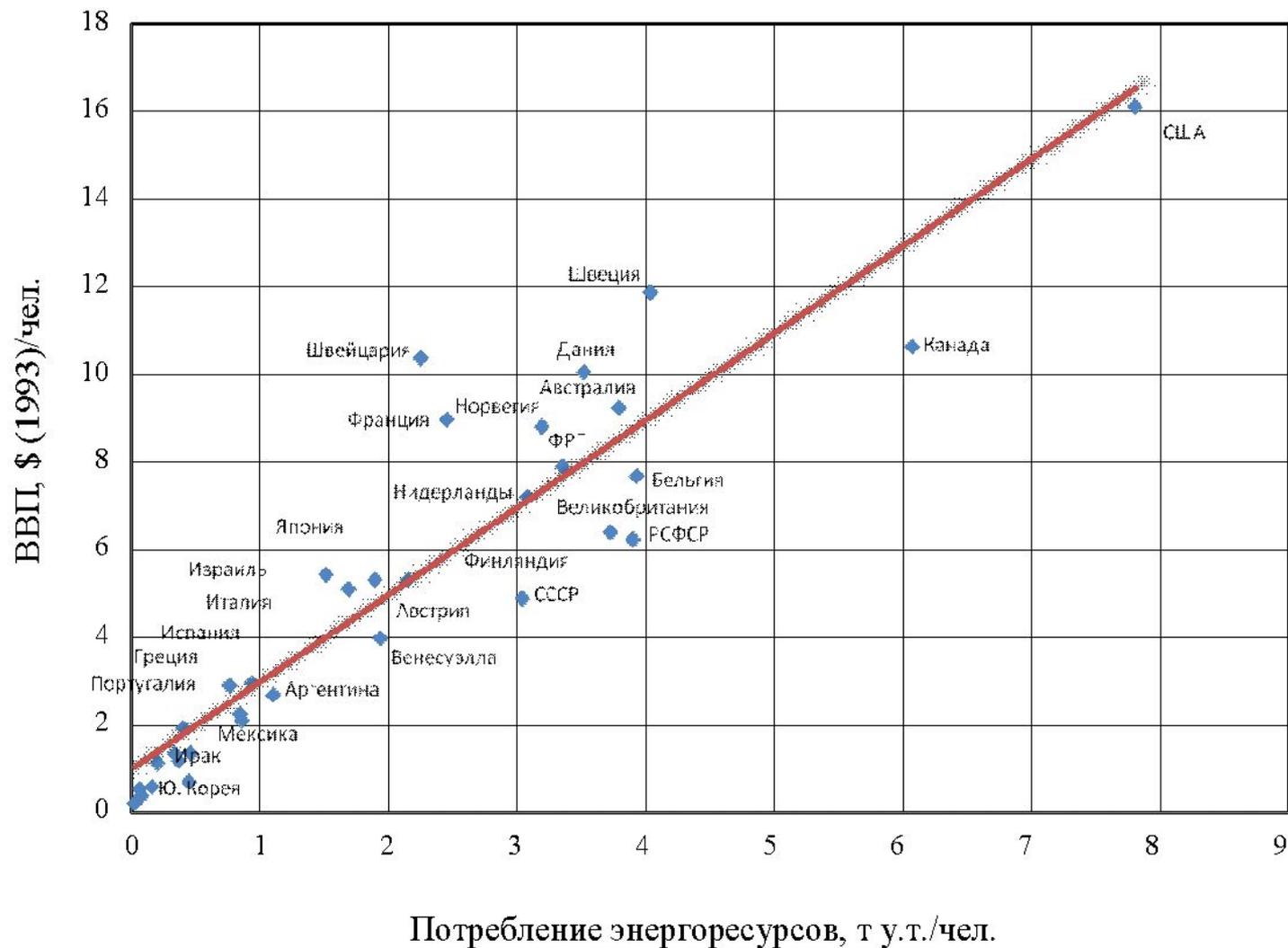
Наименование показателя	Размерность	Значение
Установленная мощность	ГВт	199,5*
В том числе:		
ГЭС	ГВт	45,5
ТЭС	ГВт	128,7
АЭС	ГВт	23,2
Прочие	ГВт	2,1
Выработка электроэнергии	млрд. кВт·ч	992,9**
Выработка теплоты	млн. Гкал	1 445**
Годовая выработка электроэнергии на душу населения	кВт·ч/чел.	7 050**
Удельные 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

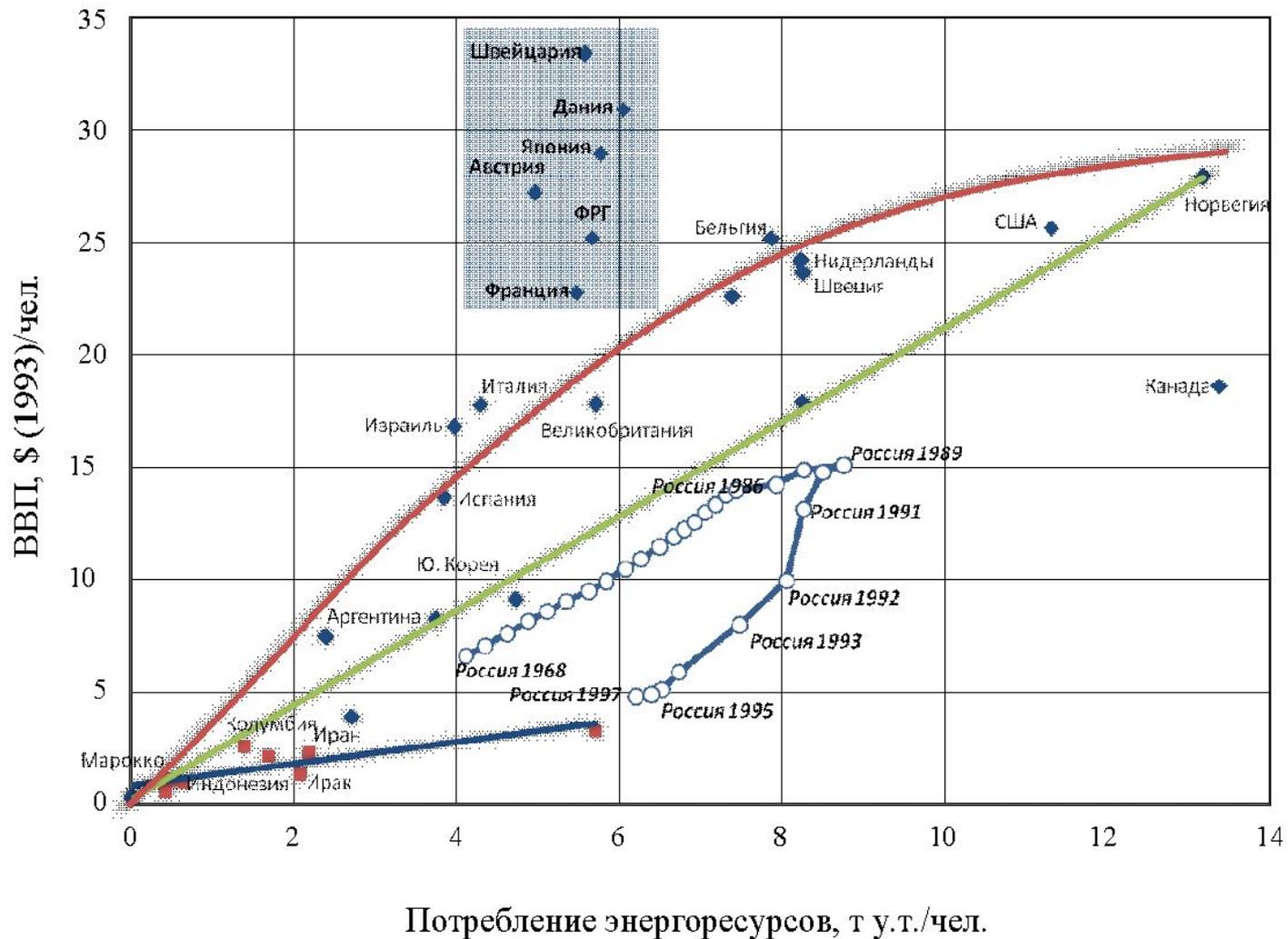
Некоторые характеристики федеральных округов

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 ²	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 ²	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

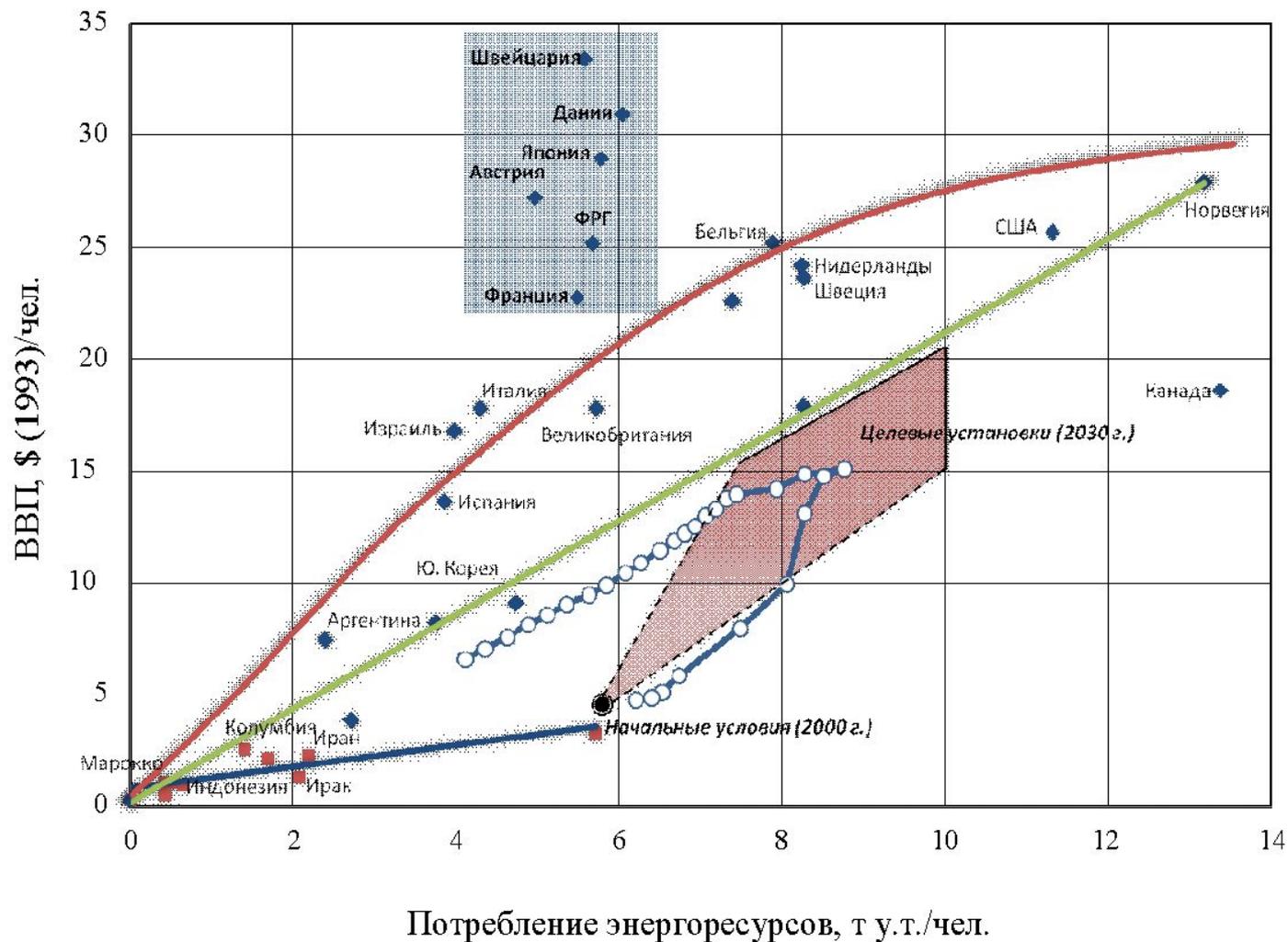
Зависимость ВВП от выработки электроэнергии, характерная для развивающейся экономики России



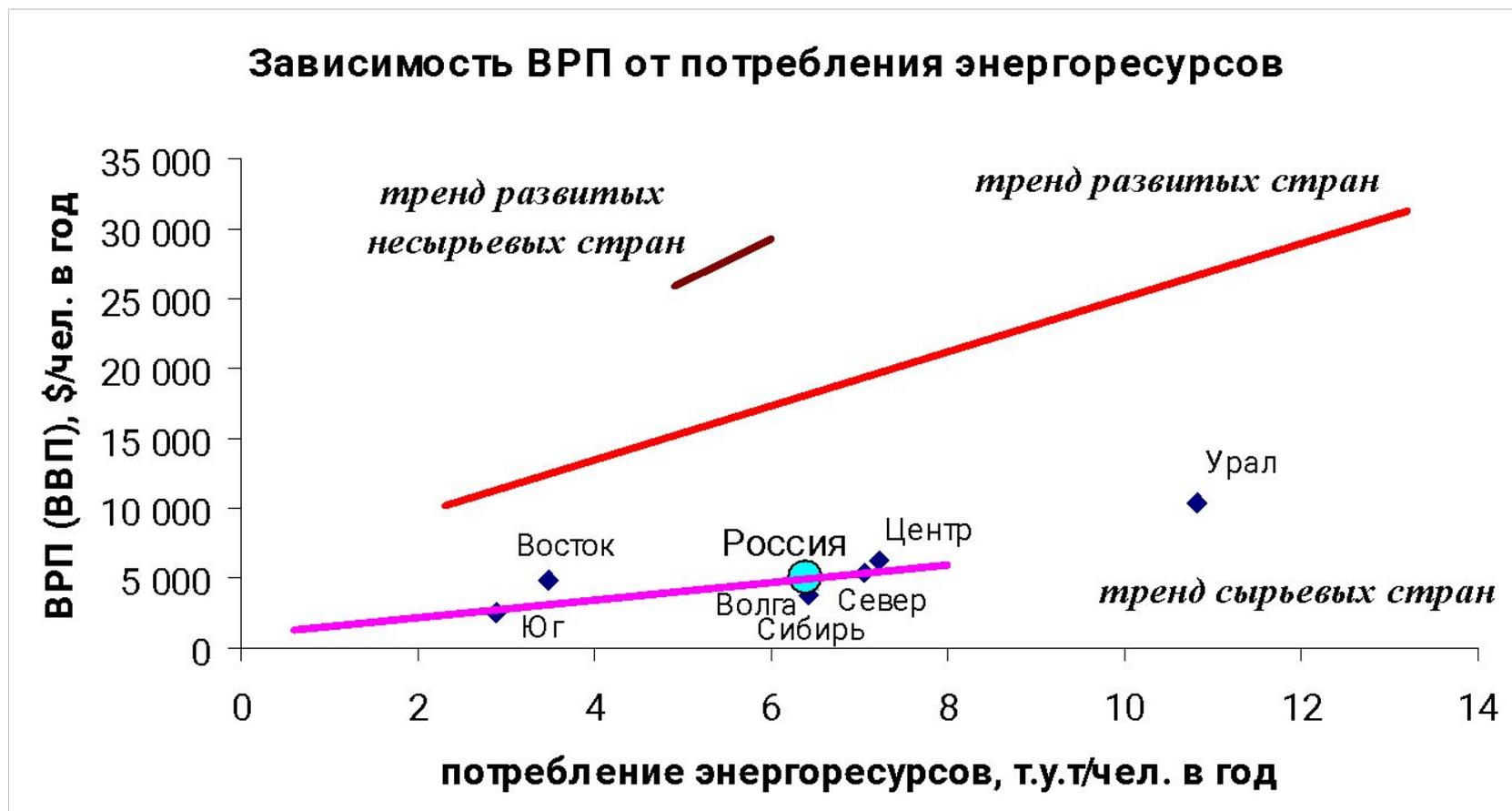
Эволюция ВВП на душу населения и потребления энергетических ресурсов



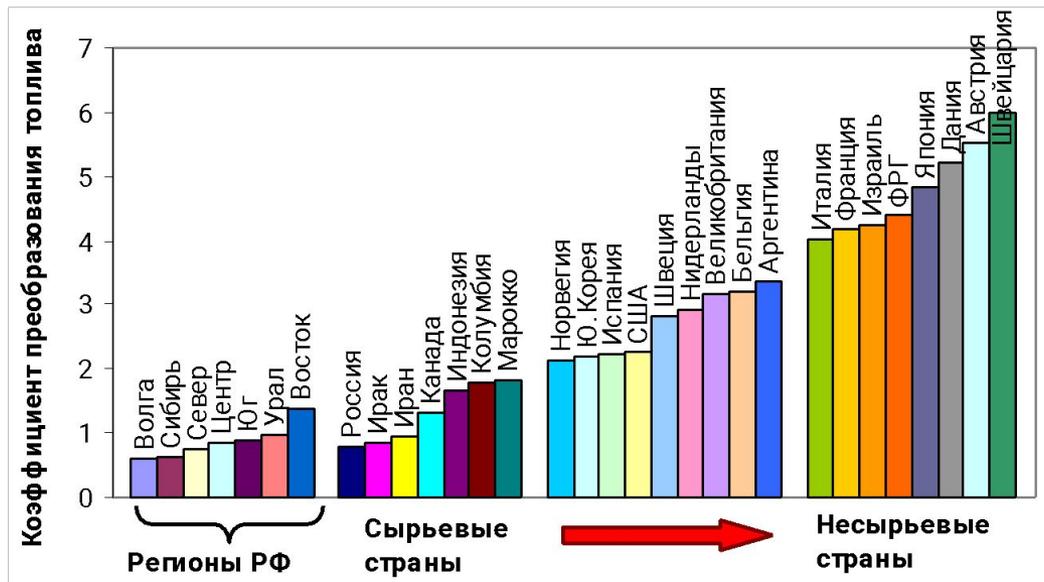
Прогноз роста ВВП на душу населения и потребления энергетических ресурсов



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 валовой внутренний продукт можно получить показатель преобразования топлива (энергоресурса) в ВВП

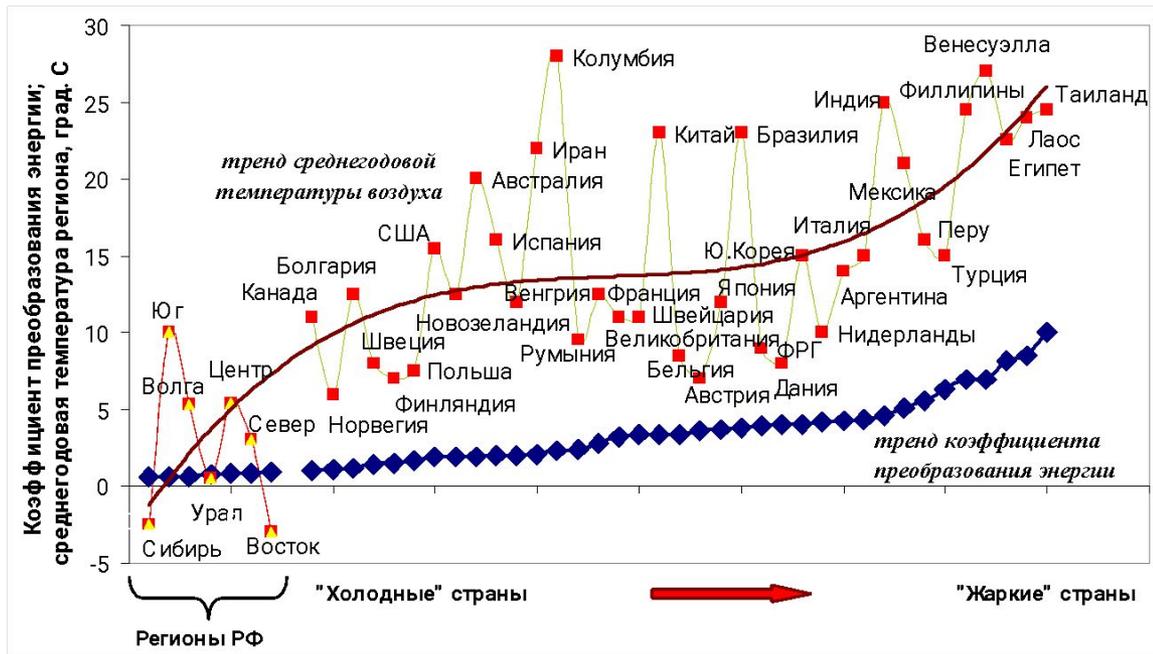
$$\text{КПТ} = \frac{\text{ВВП}}{B}$$

где КПТ – коэффициент преобразования топлива; ВВП – валовой 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 валовой внутренний продукт можно получить показатель преобразования энергии в ВВП

$$КПЭ = \frac{ВВП}{Э}$$

где КПЭ – коэффициент преобразования энергии;
 ВВП – валовой 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**

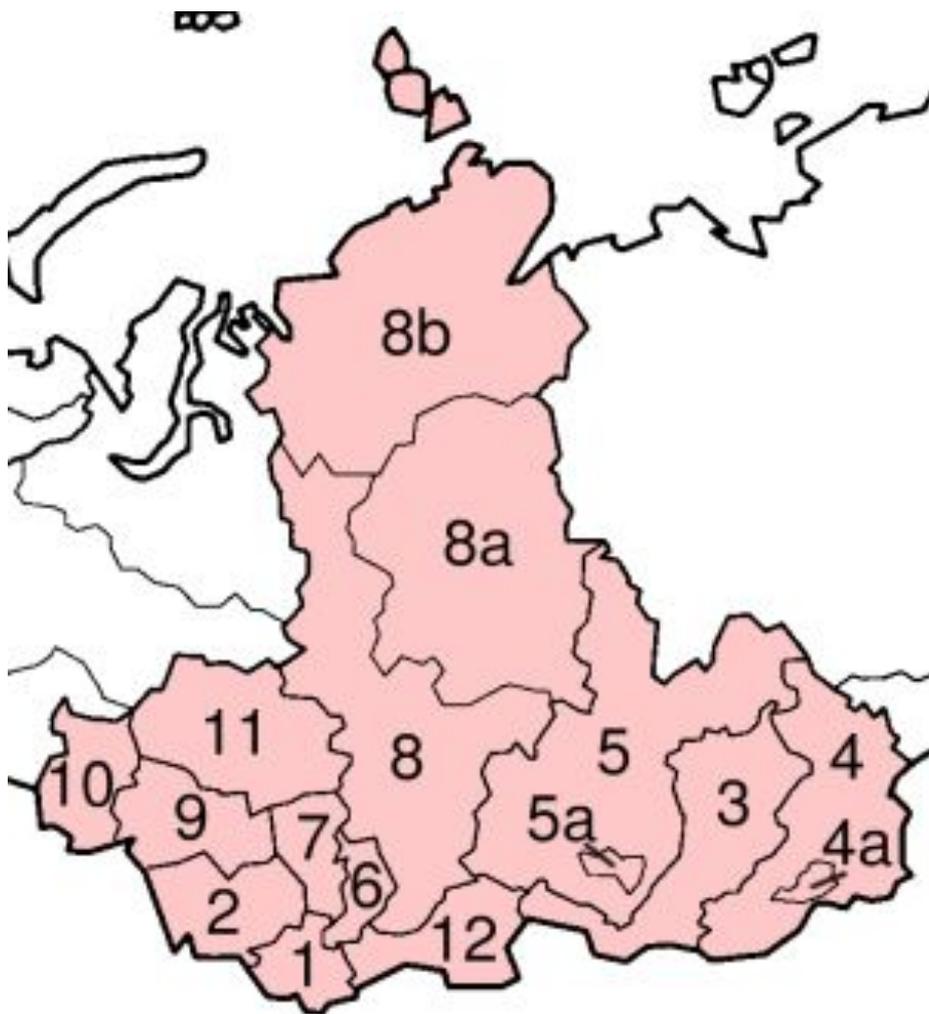
Задача

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, км ²	Городское и сельское население		Плотность населения		Городское население		Сельское население	
		1989	2002	1989	2002	1989	2002	1989	2002
Сибирский федеральный округ (г. Новосибирск)	5111950	21068035	20062938	4,12	3,92	71,8	71,1	28,2	28,9
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

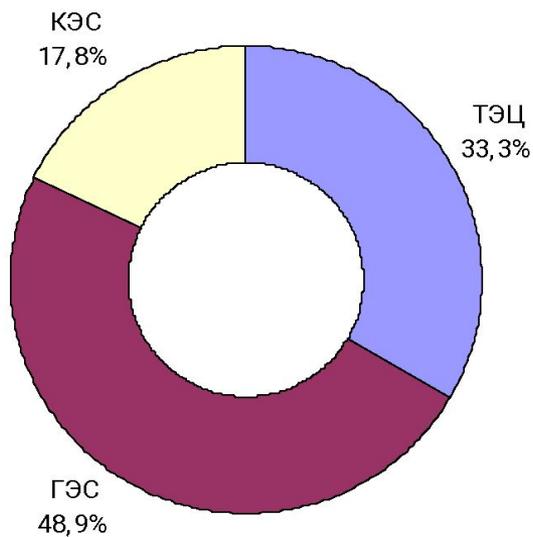


Средний по электростанциям округа износ теплоэнергетического оборудования

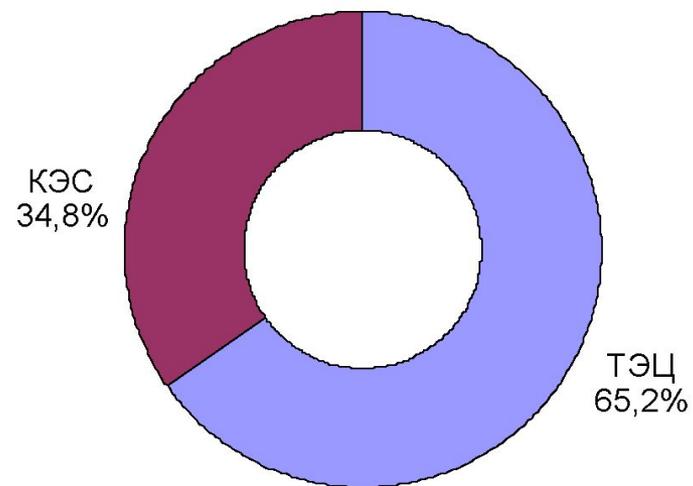
Установле нная мощность, МВт	Паропроизвод ительность, т/ч	Доля оборудования с выработкой ресурса до 50%, МВт (%)	Доля оборудования с выработкой ресурса свыше 50%, МВт (%)	Доля оборудования с выработкой ресурса свыше 100%, МВт (%)
21141	118315	3957 (19)	5926 (28)	11258 (53)

Структура генерирующих мощностей СФО

Структура генерирующих мощностей по СФО

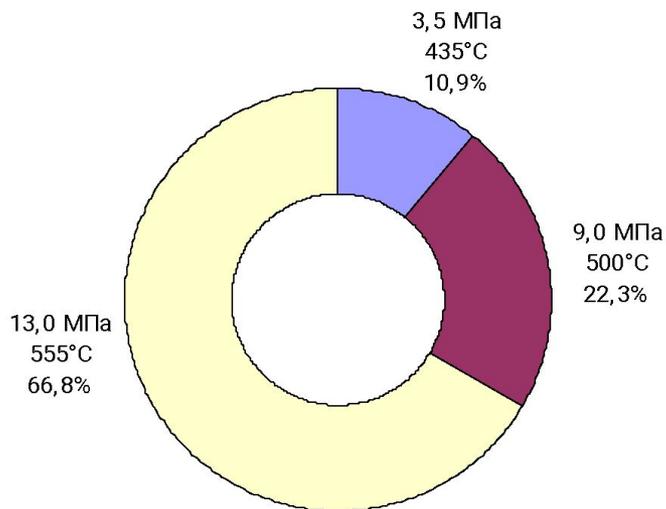


Структура генерирующих мощностей ТЭС по СФО

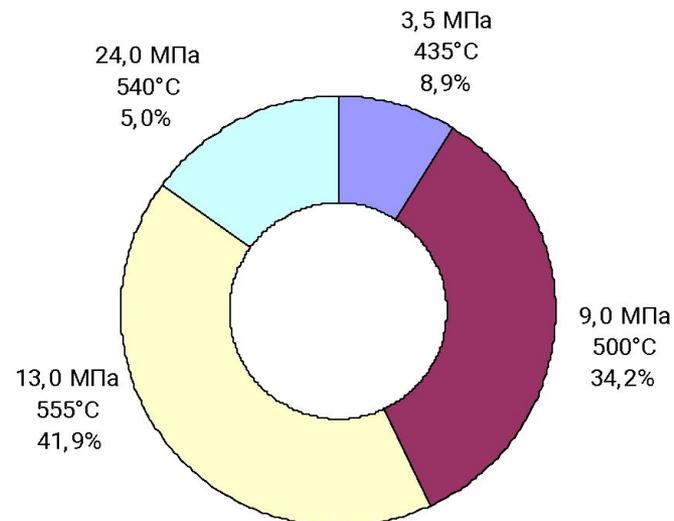


Структура генерирующих мощностей ТЭС с учетом их параметров для СФО

Структура электрической мощности ТЭЦ СФО



Структура электрической мощности ГРЭС СФО



Удельные расходы топлива для ТЭЦ разных параметров

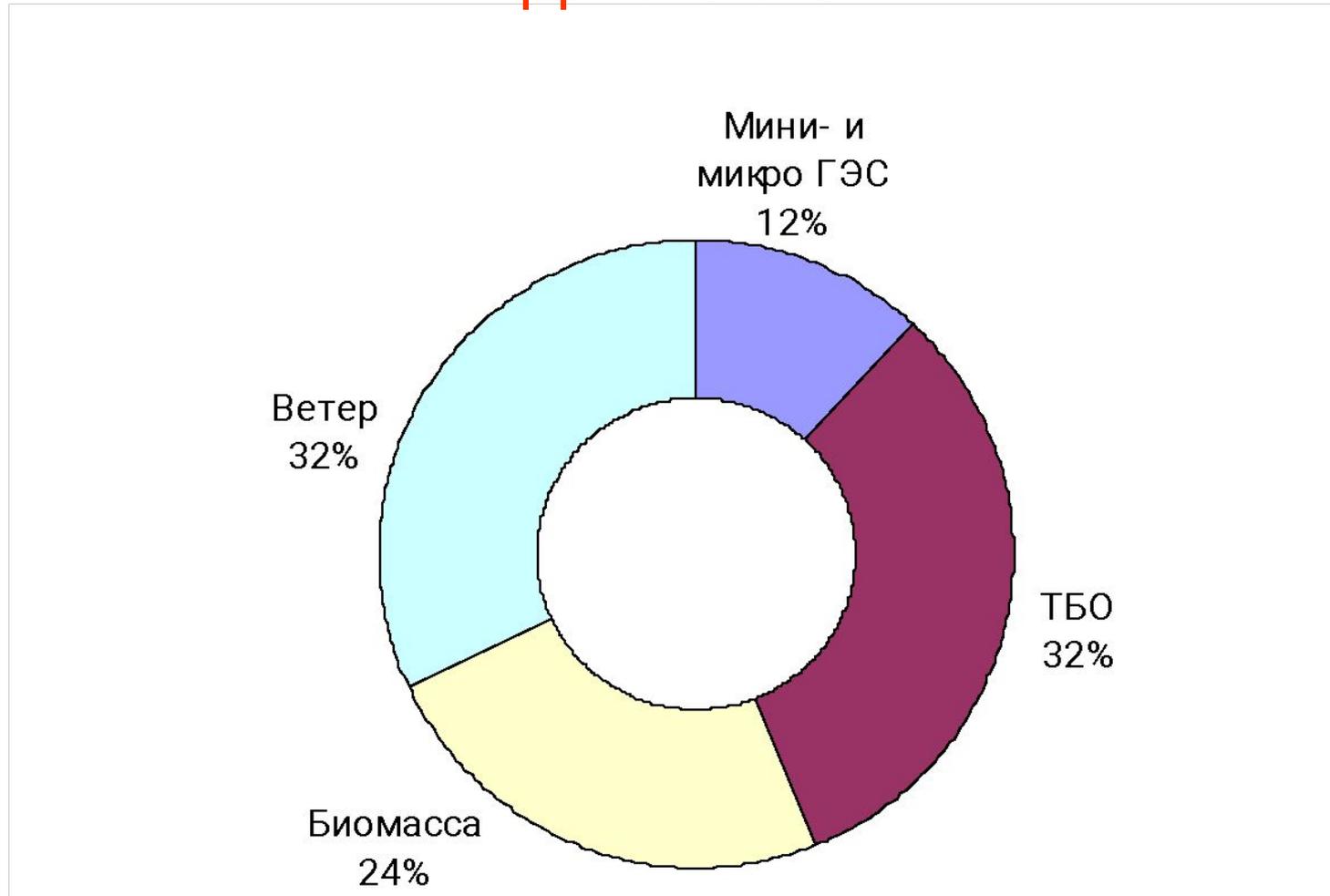
Параметры ТЭЦ, МПа, °С	$v_{\text{Э}}$, г у.т./кВт·ч	v_{Q} , кг/Гкал
3,5; 435	437	153
9,0; 500	401	146
13,0; 555	321	141
24,0; 540/540	269	134

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

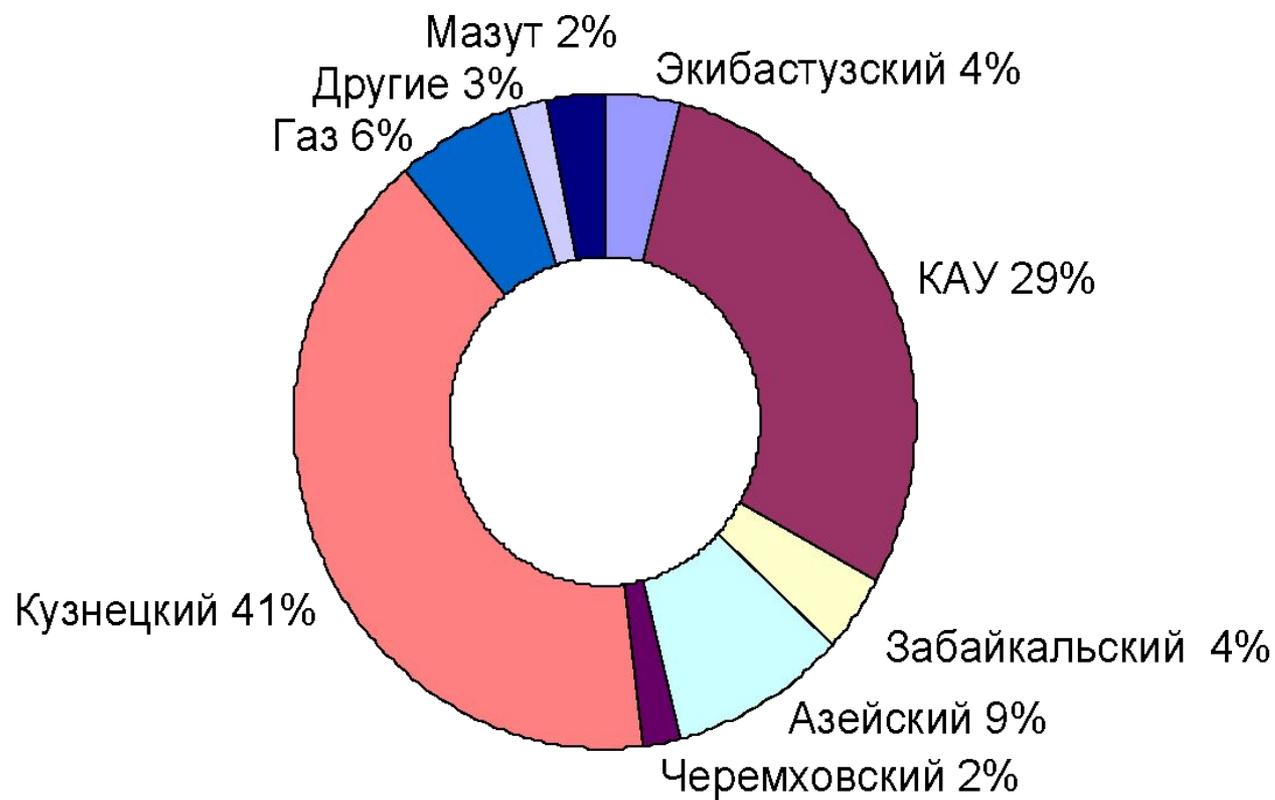
КПД отпуска электроэнергии от КЭС не превышает 35,5%, что соответствует расходу топлива в **346** г у.т./кВт·ч

Возможности нетрадиционной энергетики для СФО

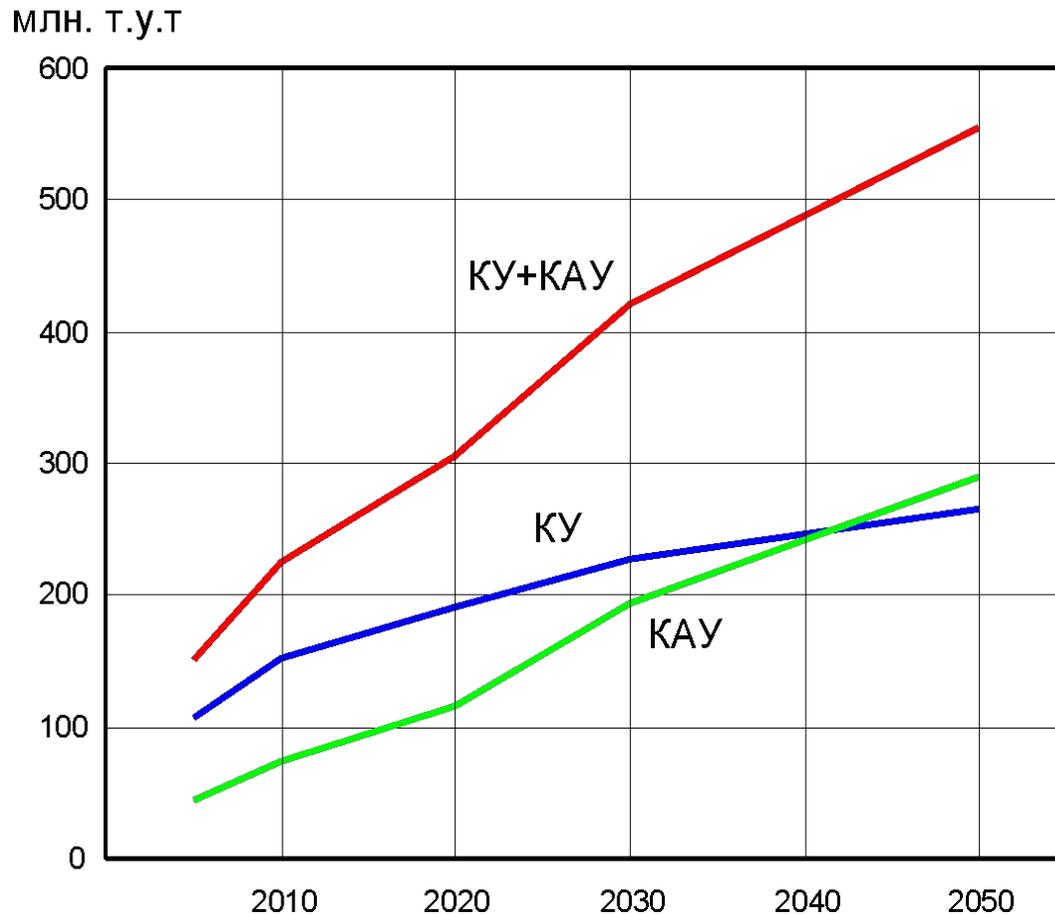


УГОЛЬ

Топливный баланс СФО



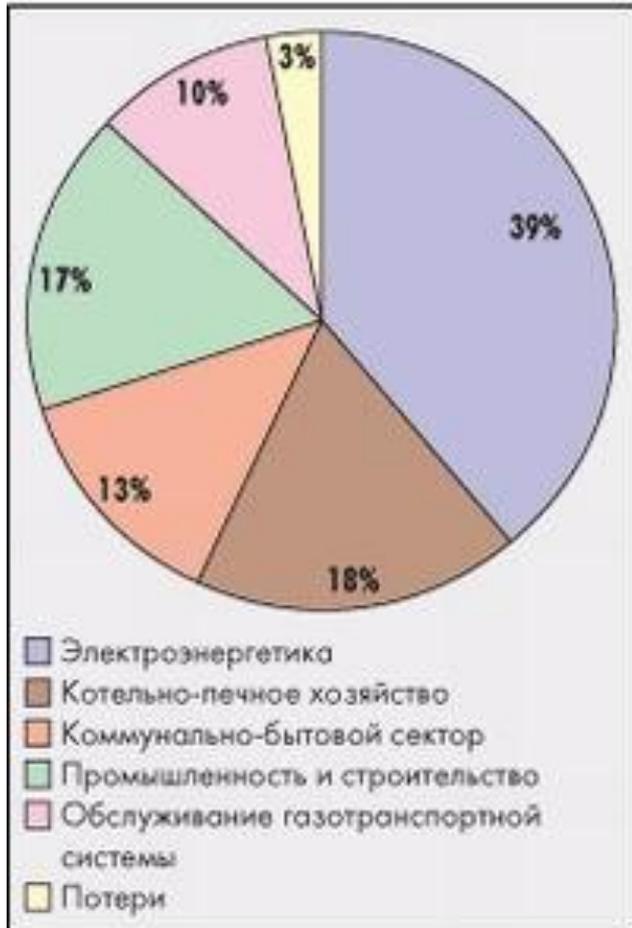
Прогноз потенциально возможной добычи энергетических углей Кузнецкого и Канско-Ачинского бассейнов до 2050 года



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 ≈ 1110 млрд. кВт·ч в год, что соответствует **≈ 185 ГВт** установленной мощности

Газ

**Структура потребления
природного газа
в России**



Потенциальные запасы газа в России составляют около 230 трлн. м³

Разведанные запасы – 47 трлн. м³

Объем добычи газа в России в 2004 году составил 633 млрд. м³, в том числе «Газпромом» 545 млрд. м³

Увеличение уровня добычи газа «Газпромом» к 2030 г. до 610...630 млрд. м³

Увеличение уровня добычи газа «Газпромом» к 2030 г. до 610...630 млрд. м³

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 ≈ 372 млрд. кВт·ч в год, что приблизительно эквивалентно **75 ГВт** установленной мощности

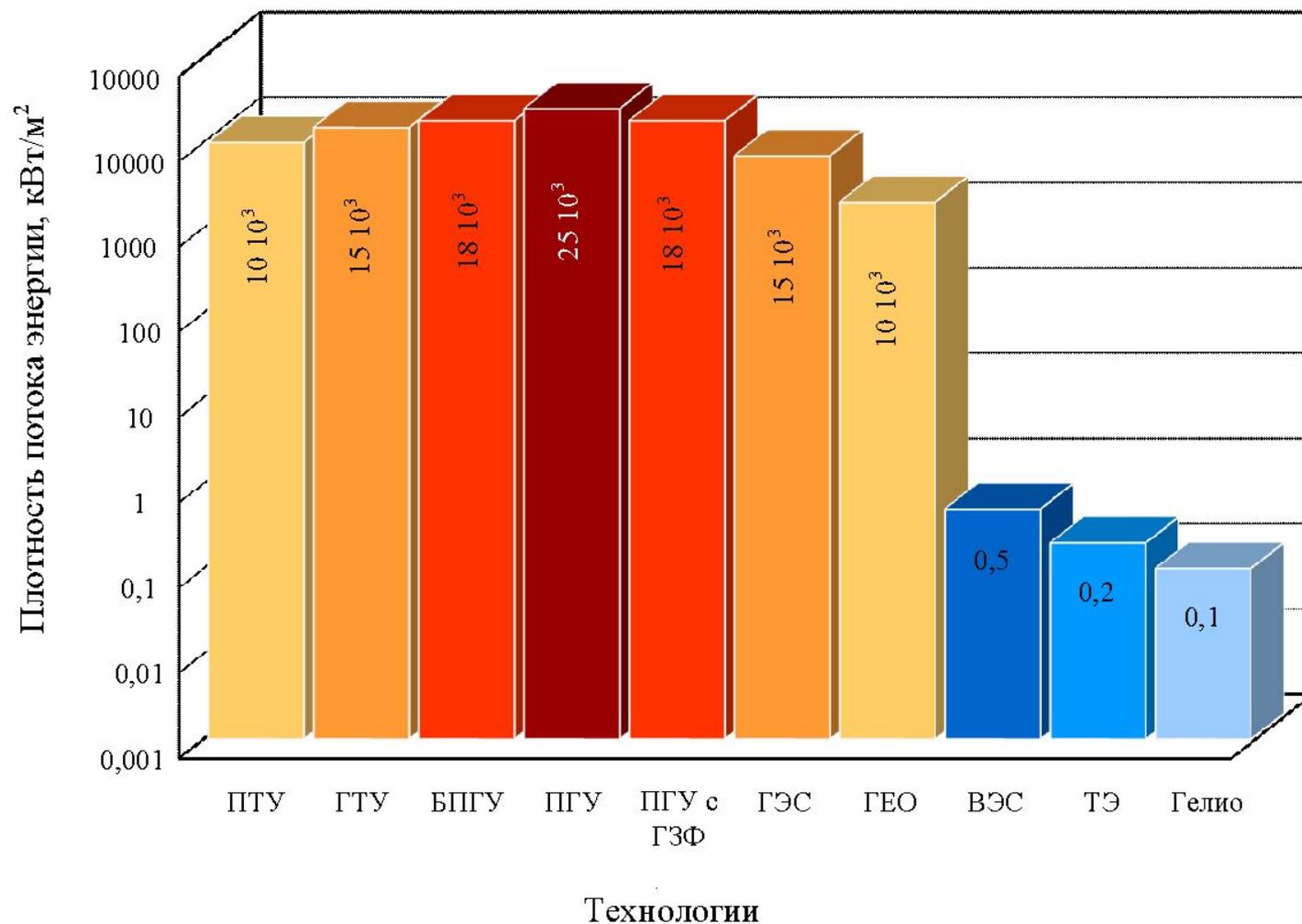
Выводы

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.

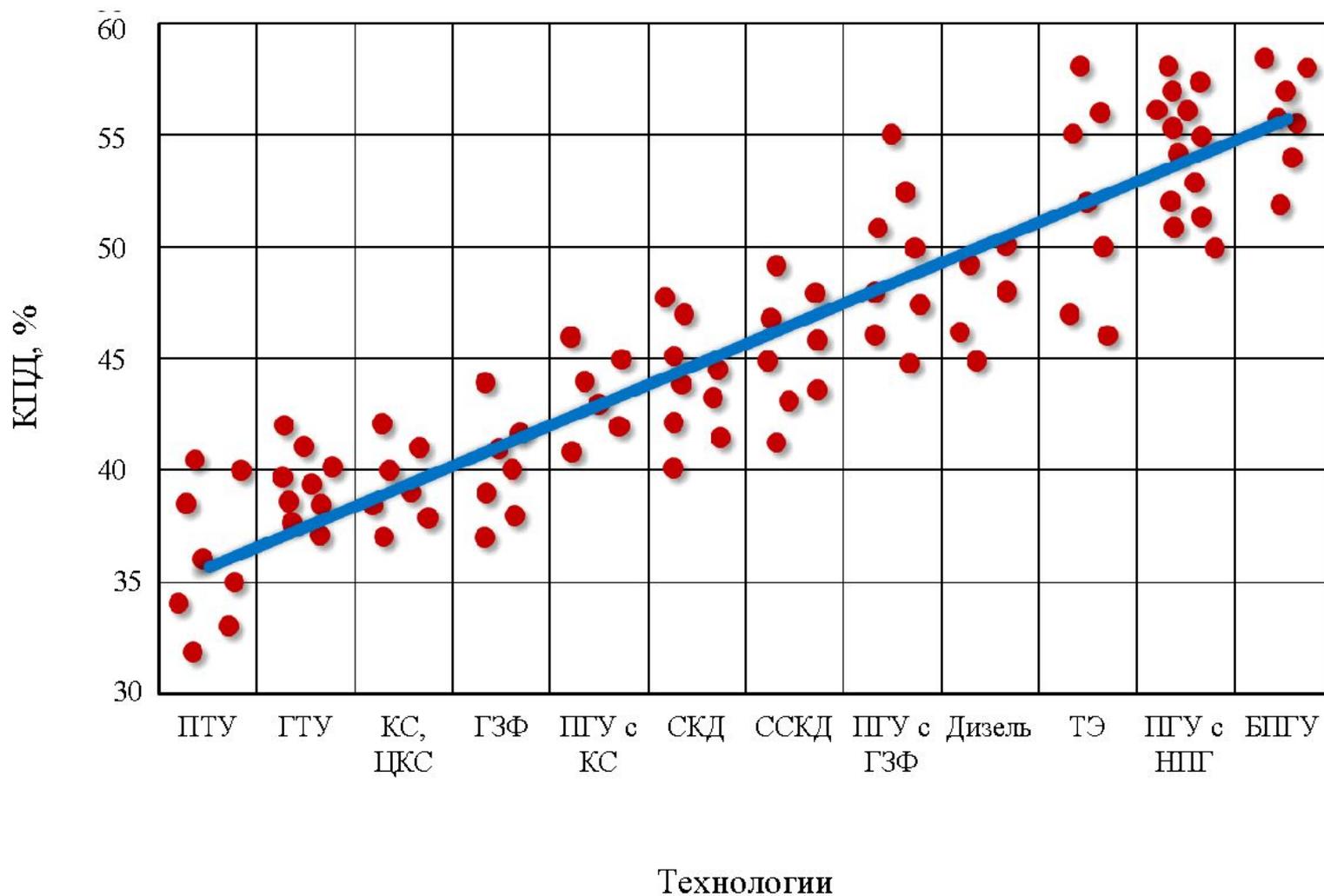
Систематизация фазовых компонент углеводородных компонент в первичных энергоносителях

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

Плотность потока энергии в зависимости от технологии



Зависимость КПД от различных технологических процессов



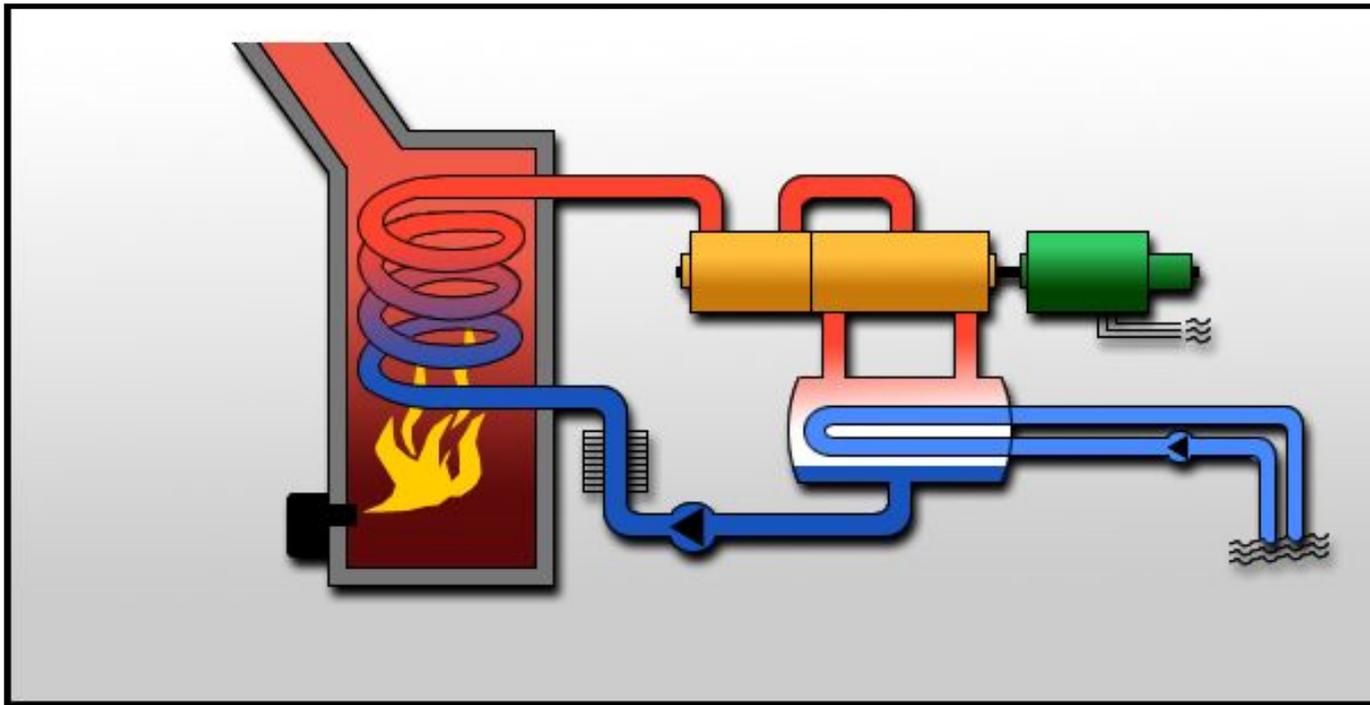
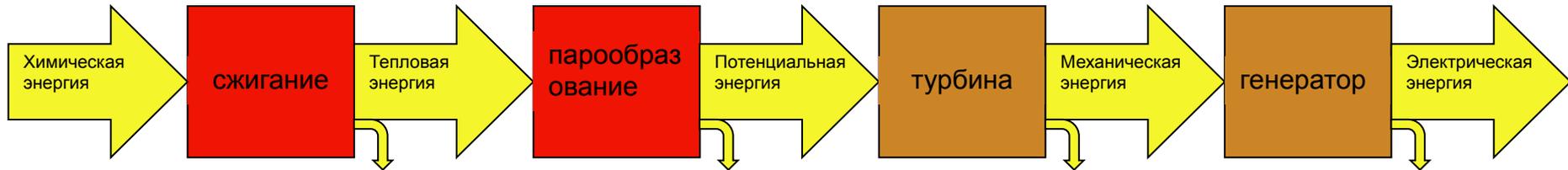
Технически достижимые направления развития



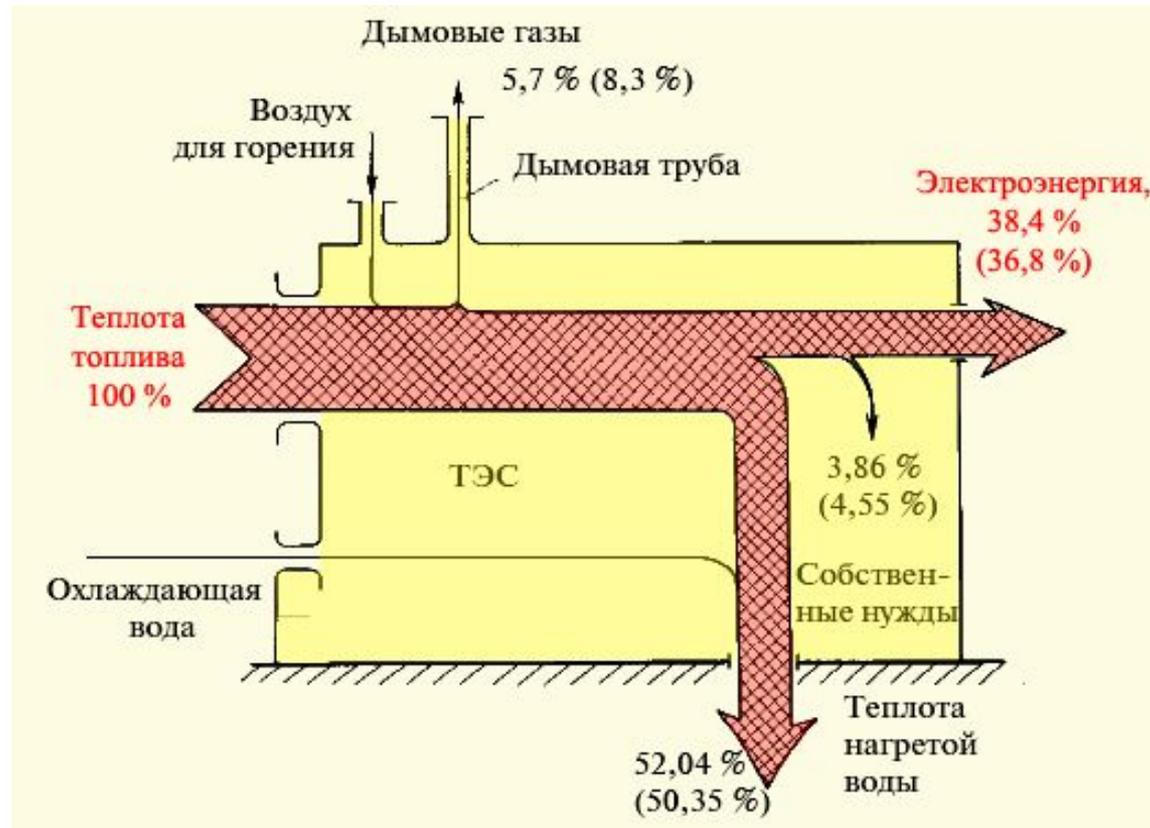


Тепловая электрическая станция

Преобразование энергии на ТЭС

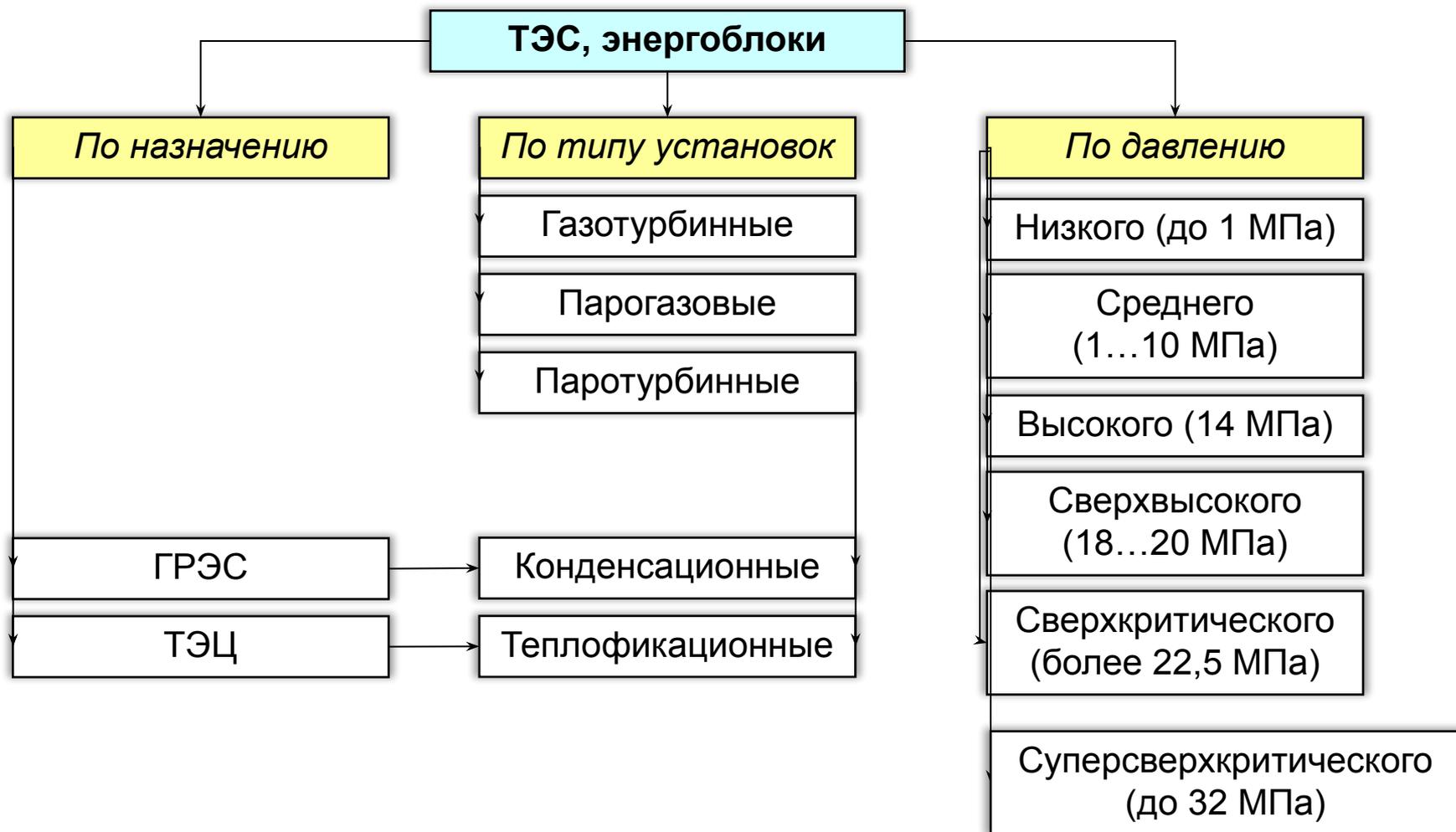


Общее представление о тепловой электростанции на органическом топливе

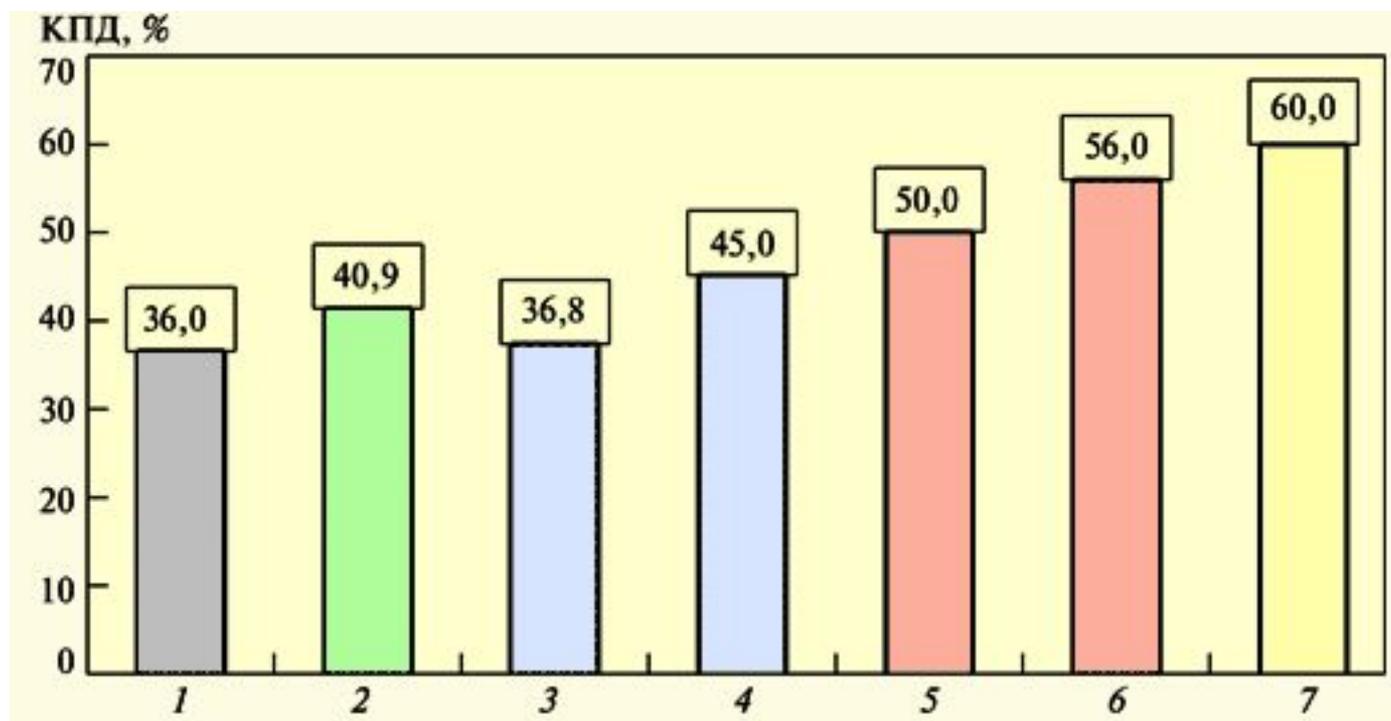


Тепловой баланс газомазутной и пылеугольной (в скобках) ТЭС

Классификация тепловых электрических станций на органическом топливе

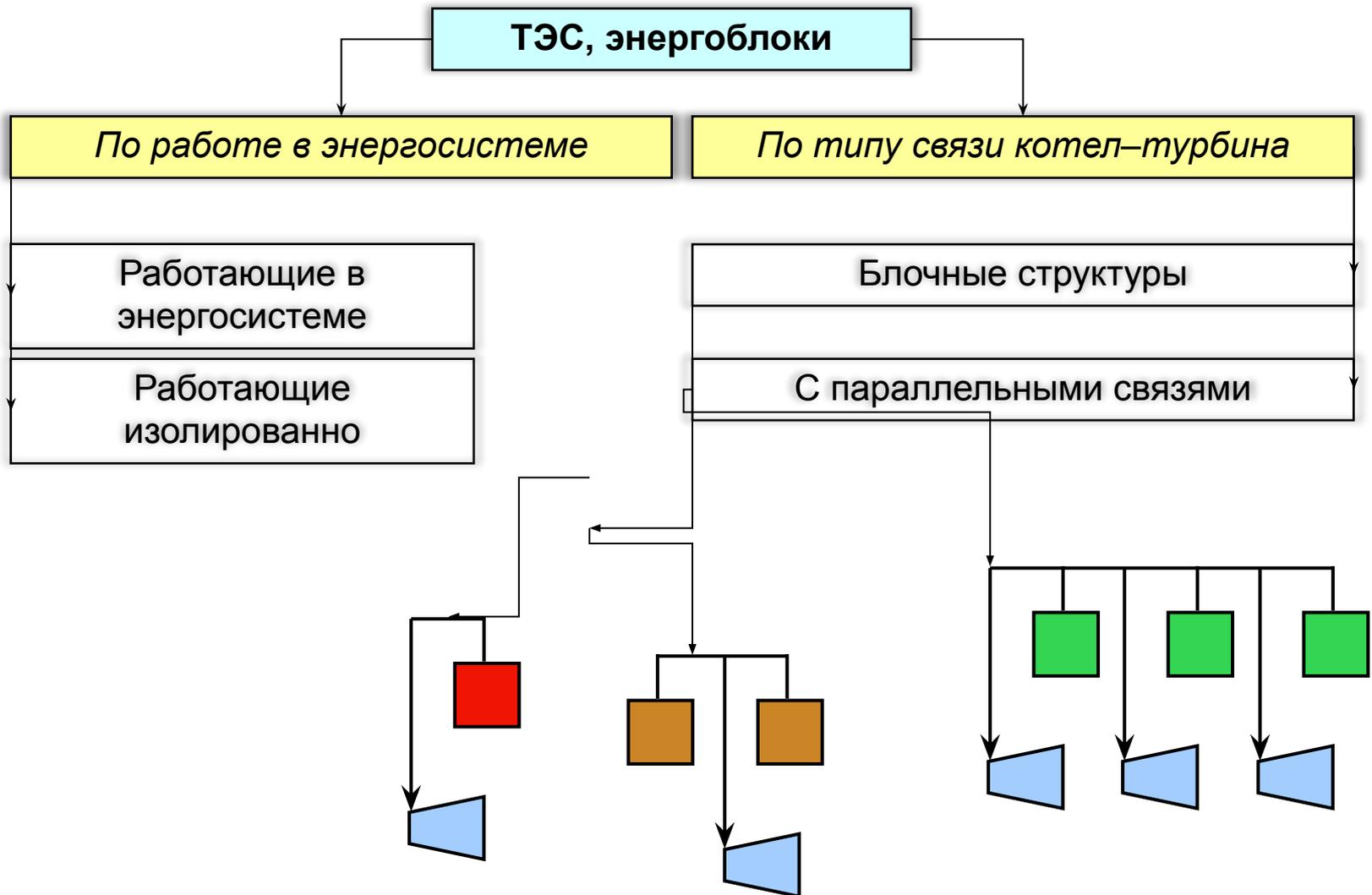


Сравнение экономичности некоторых типов энергоблоков

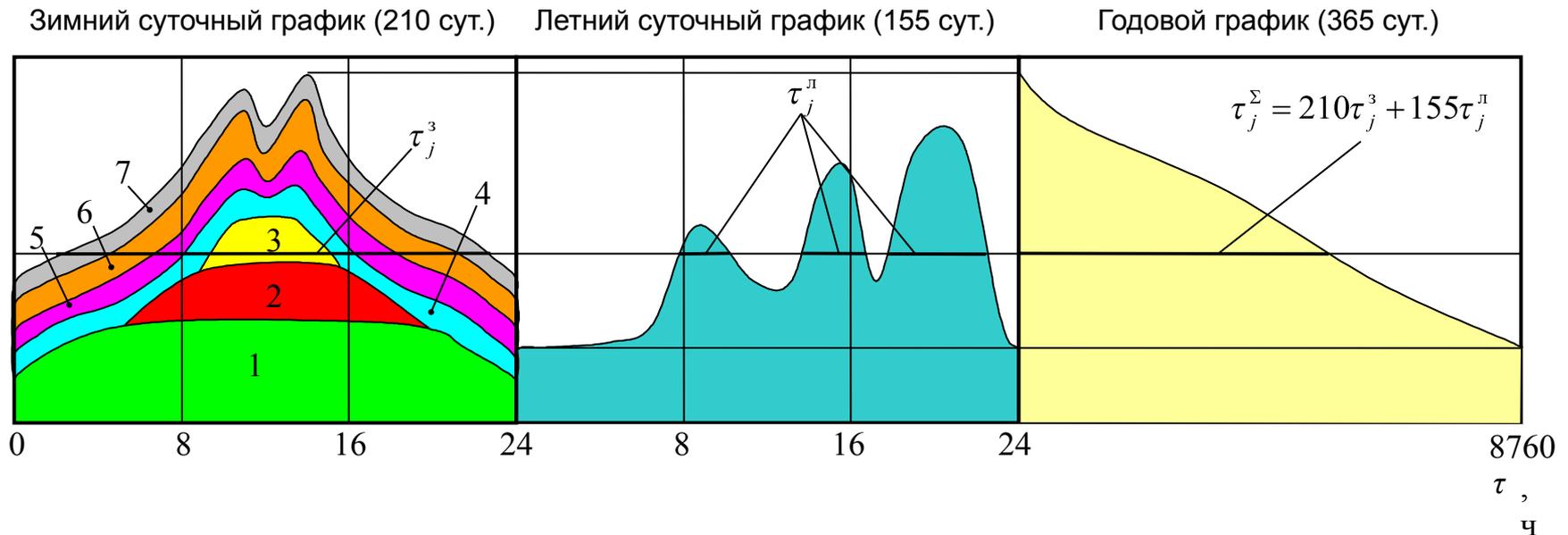


1 — средний КПД по ТЭС России; 2 — КПД газомазутного энергоблока 800 МВт Нижневартовской ГРЭС; 3 — средний КПД пылеугольных энергоблоков 500 МВт Рефтинской ГРЭС; 4 — средний КПД зарубежных пылеугольных энергоблоков нового поколения на повышенные параметры пара; 5 — КПД ПГУ-450Т Северо-Западной ТЭЦ при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

Классификация тепловых электрических станций на органическом топливе

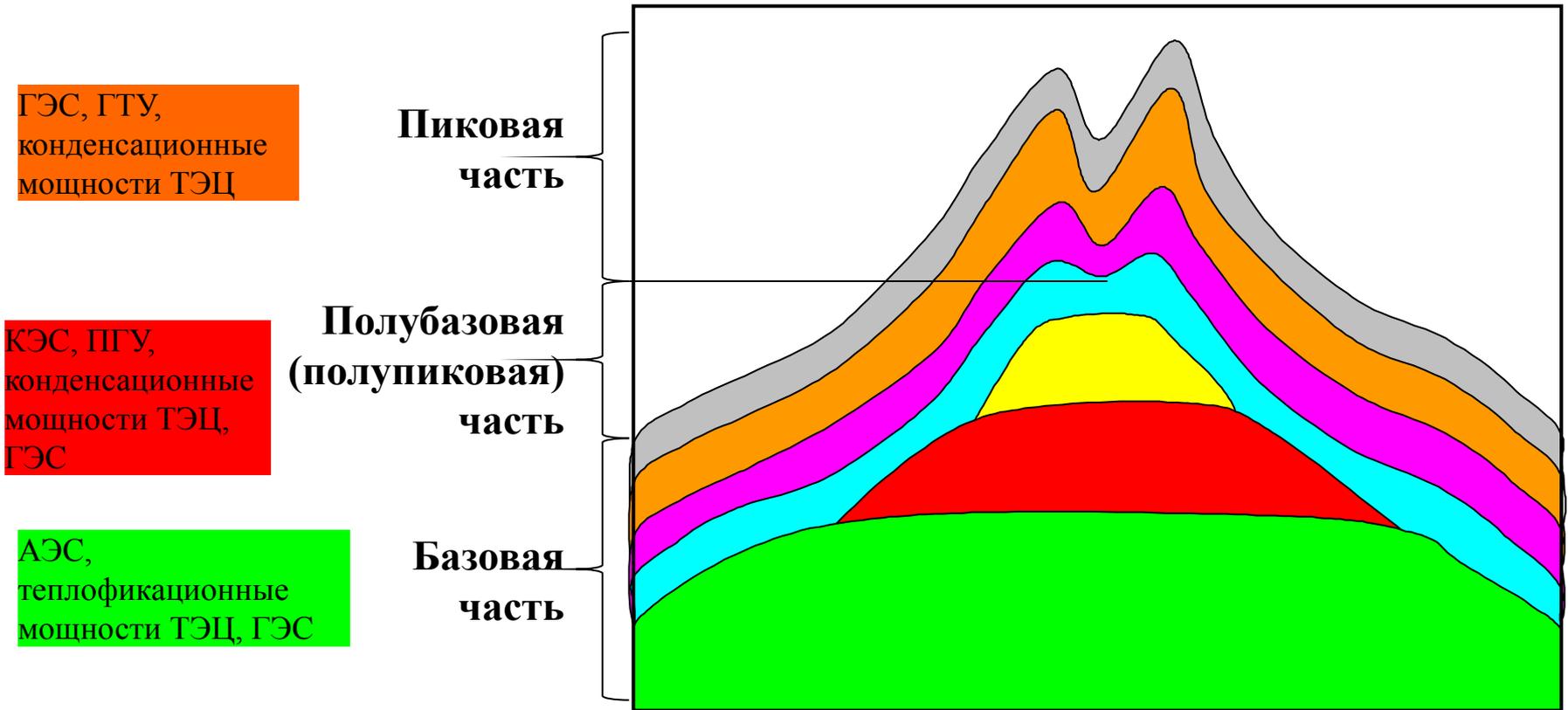


Графики электрических нагрузок



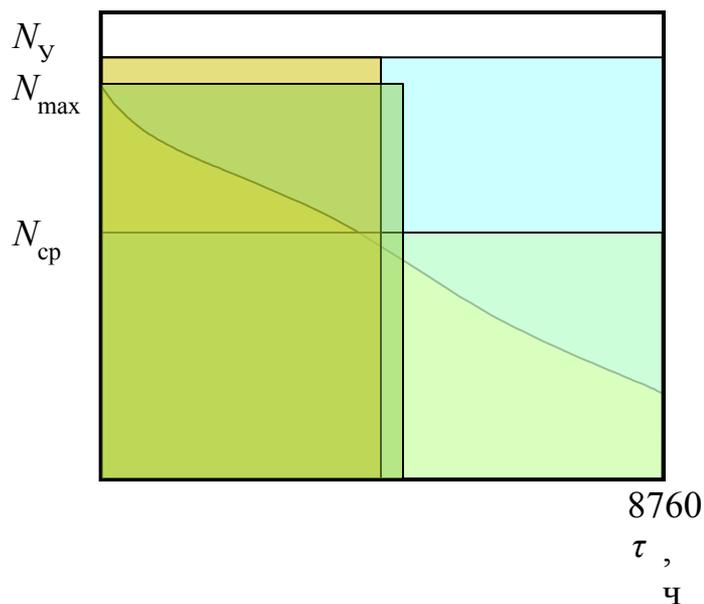
1. Трехсменные предприятия.
2. Двухсменные предприятия.
3. Односменные предприятия.
4. С/х и коммунальное хозяйство.
5. Транспорт.
6. Осветительные потребители.
7. Собственные нужды электростанций.

Графики электрических нагрузок



Преимущественное покрытие различных частей графика нагрузок различными типами генерирующих мощностей

Коэффициент использования установленной мощности



Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ)

$$\frac{\mathcal{E}_N}{N_{\text{о}} 8760}$$

$$K_{\text{Э}N} = \frac{\dot{Y}_N}{N_{\text{о}} 8760} = \frac{N_{\text{н\ddot{o}}}}{N_{\text{о}}}$$

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

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

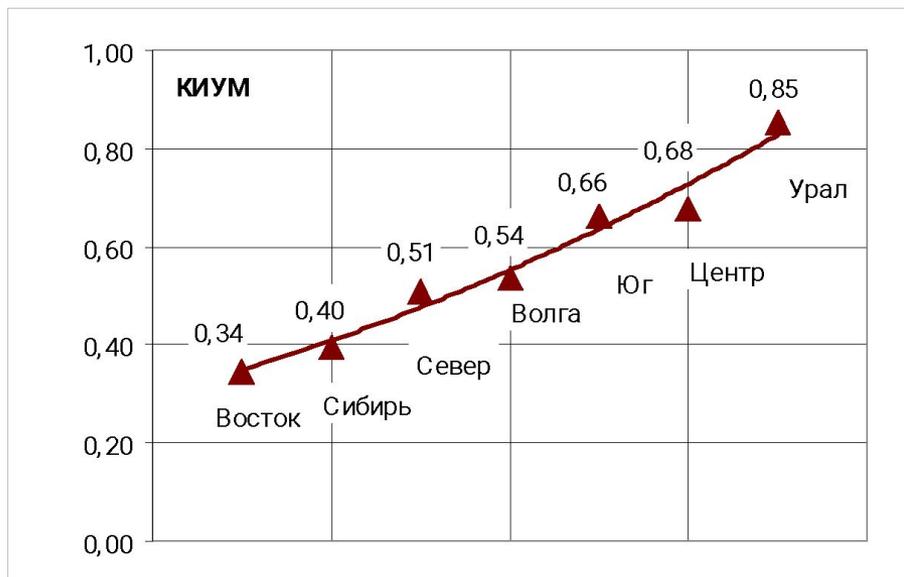
Тип станции	h	КИУМ	
	час	По покрытию графика нагрузок	Максимальный теоретический
ГЭС	3000... 4000	0,34... 0,46	0,92*
КЭС (ГРЭС)	5000... 7000	0,57... 0,8	0,87
ТЭЦ	5500... 6500	0,63... 0,74	0,87**
АЭС	6500... 7000	0,74... 0,8	0,83***

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

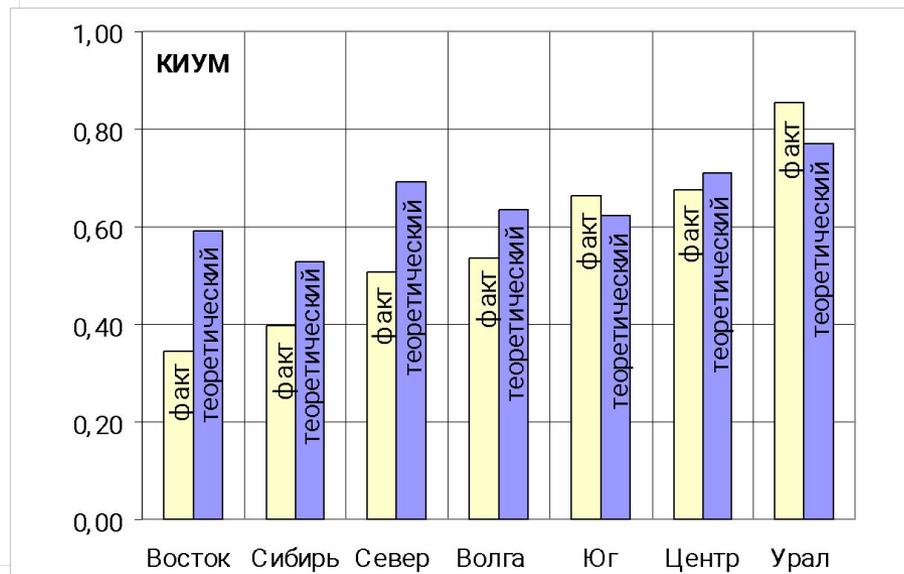
** – теоретически и технически возможен, но нереализуем для турбин типа Т, ПТ из-за привязки к теплофикационному графику нагрузки в отопительный период;

*** – 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

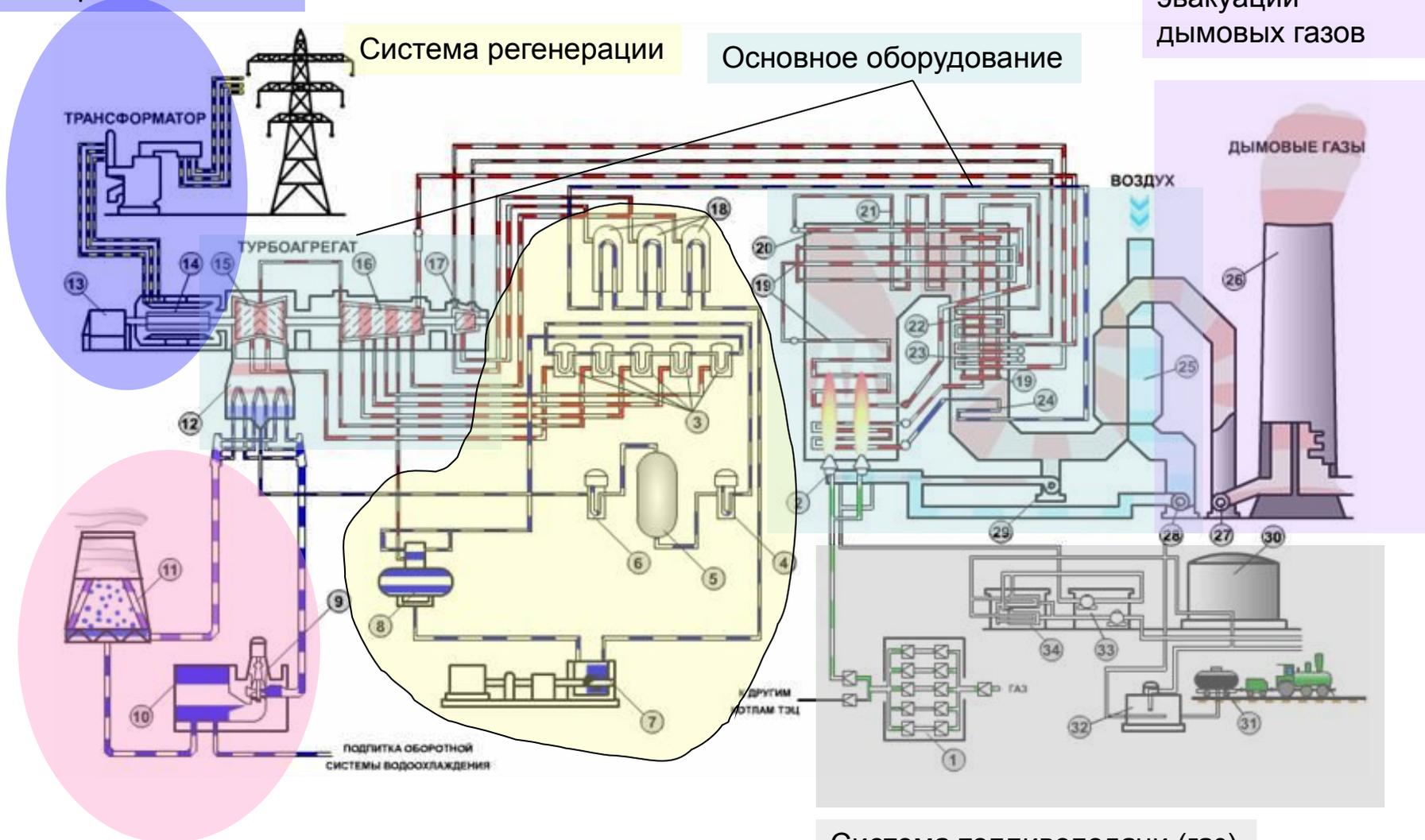
Технологическая схема ТЭС

Электрическая часть

Система регенерации

Основное оборудование

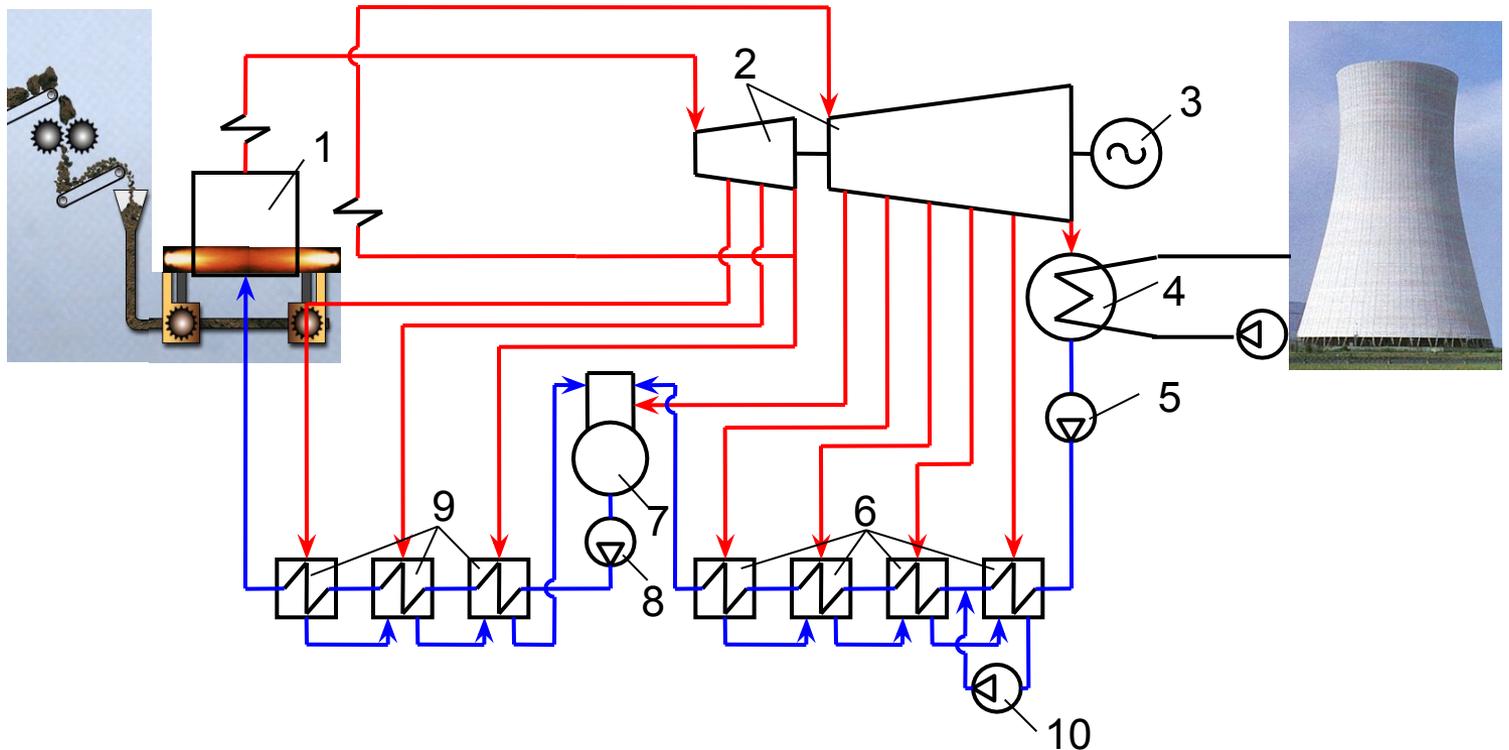
Система эвакуации дымовых газов



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