

Эффективные направления и масштабы развития атомной теплофикации в России

Институт энергетических исследований
Российской Академии Наук

Макарова А.С., Панкрушина Т.Г., Хоршев А.А.

Москва, 18 апреля 2013 г.



Особенности предлагаемого методического подхода:

- 1) Применимость только на предпроектной стадии
- 2) Использование двухэтапного подхода к определению эффективности ТЭЦ:
на первом этапе – как локального источника тепла,
на втором этапе – комплексная (системная) оценка
эффективности ТЭЦ
- 3) Первоочередное исследование перспектив развития теплофикации для обеспечения растущего спроса коммунально-бытового хозяйства и сферы услуг городов
- 4) Типизация всего множества реальных городов ЕЭС России и большого числа источников теплоснабжения

Актуальность исследования малых атомных источников в мире

Реактор	Уст. эл. мощность, МВт	Тип	Разработчик
КЛТ-40С	35	PWR	ОКБМ, Россия
БК-300	300	BWR	Атомэнергопроект, Россия
CAREM	27-100	PWR	CNEA & INVAP, Аргентина
IRIS	100-335	PWR	Westinghouse-led
Westinghouse SMR	200	PWR	Westinghouse, США
mPower	150-180	PWR	Babcock & Wilcox + Bechtel, США
SMR-160	160	PWR	Holtec, США
SMART	100	PWR	KAERI, Южная Корея
NuScale	45	PWR	NuScale Power + Fluor, США
ACP100	100	PWR	CNNC & Guodian, Китай
HTR-PM	2x105	HTR	INET & Huaneng, Китай
EM2	240	HTR	General Atomics, США
SC-HTGR (Antares)	250	HTR	Areva
БРЕСТ	300	FNR	Россия
СВБР-100	100	FNR	АКМЕ-engineering, Россия
Gen4 module	25	FNR	Gen4 (Hyperion), США
Prism	311	FNR	GE-Hitachi, США
FUJI	100	MSR	ITHMSO, Япония-Россия-США

1. Возрождение во всем мире интереса к технологически более простым малым реакторам

2. Применение разнообразных реакторных технологий

3. Плюсы: повышенная безопасность, модульный принцип сооружения, скорость сооружения

4. Минусы: высокие УКВ

Состав оборудования и основные энергетические характеристики ТЭЦ

Тип ТЭЦ		Тип оборудования	Установленная электрическая мощность энергоблока, МВт	Установленная тепловая мощность энергоблока, Гкал/ч
Газотурбинные		ГТУ-9	9	20,5
		ГТУ-16	16	21,5
		ГТУ-25	25	33,8
		ГТУ-40	40	68,2
		ГТУ-70	70	103
		ГТУ-110	110	149
Парогазовые		ПГУ-46	46	32,2
		ПГУ-70	70	50,7
		ПГУ-110	110	89
		ПГУ-170	170	105
		ПГУ-190	190	115
		ПГУ-220	220	165
		ПГУ-320	320	215
Атомные	Водо-водяной реактор на тепловых нейтронах	НИКА	100	50
	Реакторы на быстрых нейтронах	БНГТ-50	50	44
		БНГТ-100	100	90
		СВБР-100	100	50
	Реакторы с кипящим водяным теплоносителем	ВК-100	100	200
	ВК-50	50	80	

Технико-экономические показатели технологий раздельной схемы энергоснабжения

	Тип оборудования	Мощность энергоблока, МВт	УРУТ на отпуск электроэнергии, г у. т./кВт·ч	УКВ, тыс. руб./кВт	Условно-постоянные затраты, % от УКВ
АЭС	ВВЭР-1200	1198	-	66,0 – 72,9	2
	ВБЭР-500	500	-	87,0 – 96,0	2
КЭС на угле	К-660-300	660	262	58,6 – 64,7	3,8
	К-660-240	660	280	54,6 – 60,4	3,8
ПГЭС	ПГУ-800	800	223	32,0 – 35,1	2,5

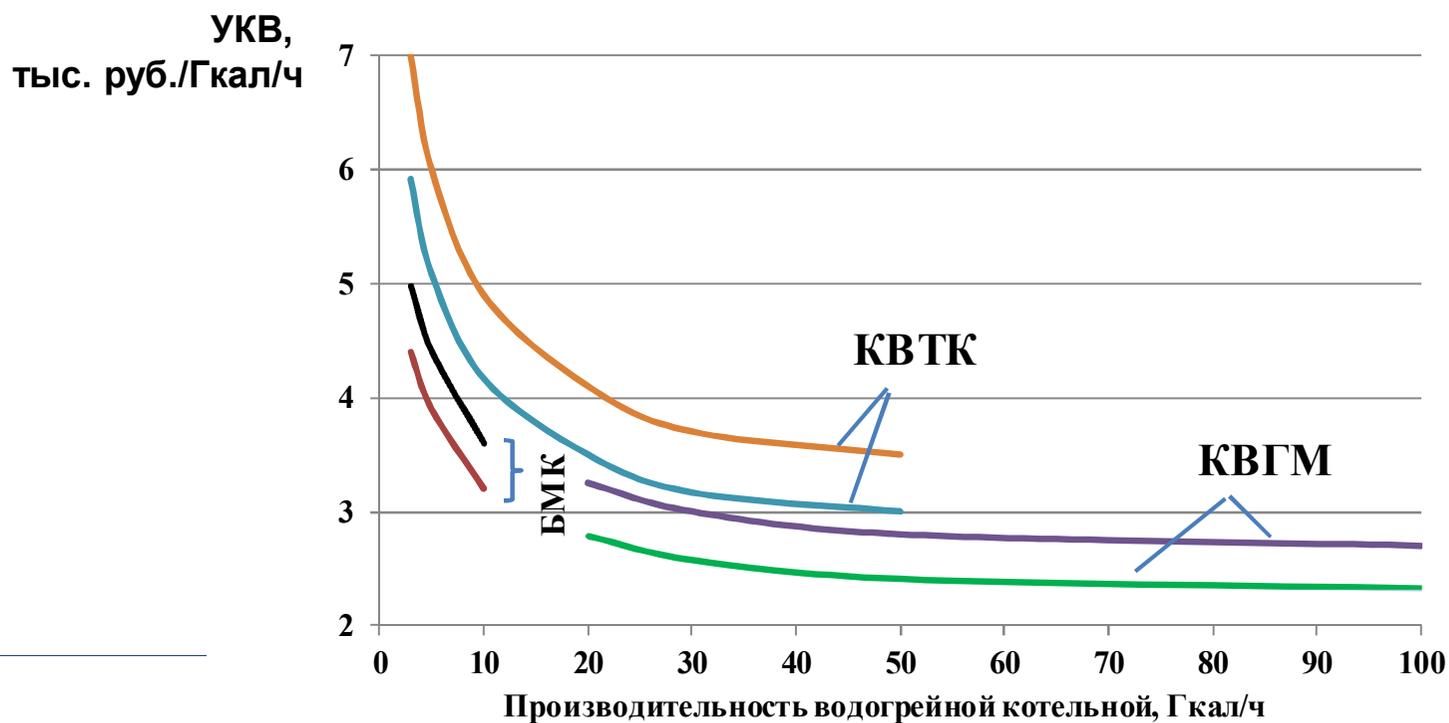
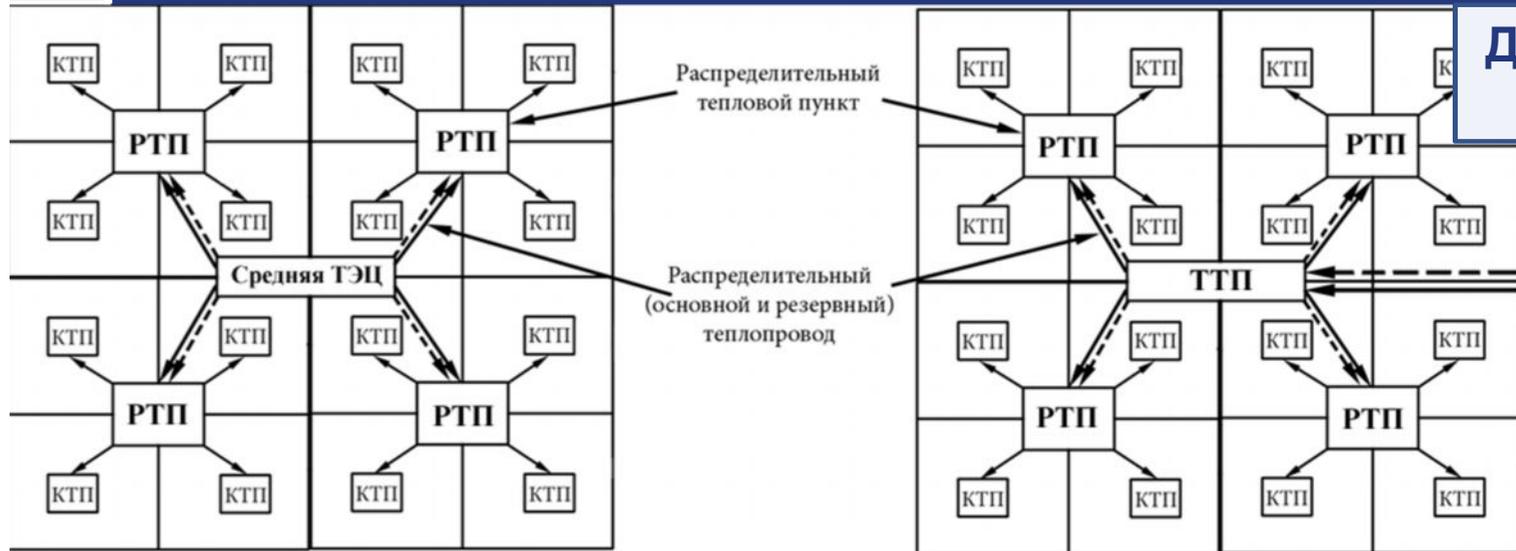
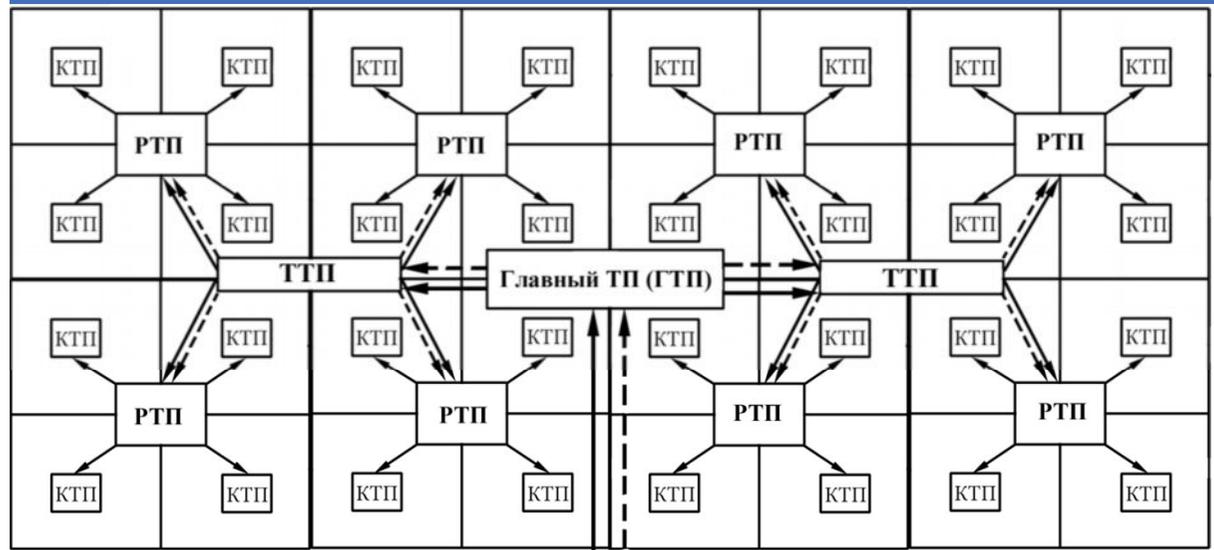


Схема тепловых сетей

**Двухступенчатая
схема**



Средняя АТЭЦ
 Магистральный
 (основной и резервный)
 теплопровод



**Трехступенчатая
схема**

Крупная ТЭЦ
 (или АТЭЦ)
 Магистральный
 (основной и резервный)
 теплопровод

Типизация городов и источников теплоснабжения

Группа	Прирост тепловой нагрузки городов = тепловая мощность АТЭЦ, Гкал/ч	Тип оборудования и тепловая мощность электростанций	
		АТЭЦ	ТЭЦ на органическом топливе
0	менее 86	---	ГТУ-6; ПГУ-16
I	86 – 162*)	НИКА БНГТ-50 СВБР-100	ГТУ-9; ГТУ-16; ГТУ-25; ПГУ-46
II	163 – 300	НИКА БНГТ-50 СВБР-100 ВК-50	ГТУ-25; ГТУ-40; ПГУ-70; ПГУ-110
III	300 – 720	ВК-50 БНГТ-100	ГТУ-40; ГТУ-70; ПГУ-110; ПГУ-170; ПГУ-190; Т-115-130
IV	720 – 1400	ВК-100	ГТУ-110; ПГУ-220; ПГУ-320; Т-115-130
V	более 1400 (Москва и СПб)	---	ГТУ-110, ПГУ-450, Т-115-130

**) тепло отпускается лишь от одного энергоблока АТЭЦ, а электроэнергии – от двух*

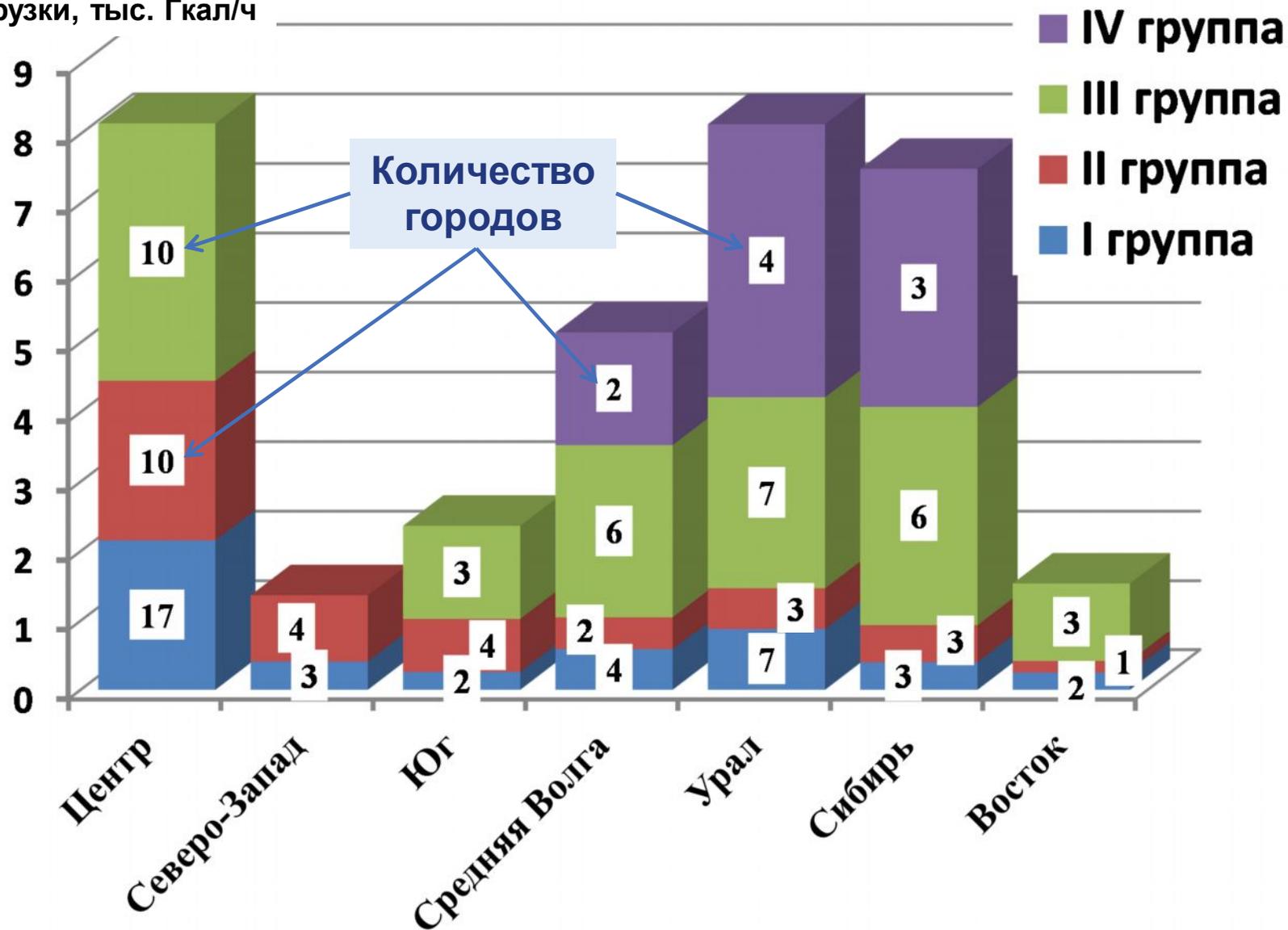
Прогноз потребления тепла домашними хозяйствами и сферой услуг городов

Этапы прогноза:

- 1) Прогноз динамики численности населения городов
- ↓
- 2) Оценка обеспеченности населения общей площадью и прогноз динамики действующего и нового благоустроенного жилого фонда городов
- ↓
- 3) Прогноз динамики удельного расхода тепла на нужды коммунально-бытового хозяйства и сферы услуг городов (КБХиСУ)
- ↓
- 4) Прогноз динамики суммарной тепловой нагрузки КБХиСУ
- ↓
- 5) Оценка прироста тепловой нагрузки КБХиСУ (тепловая нагрузка нового жилого фонда), возможно, с учетом выбытия мощности действующих ТЭЦ

Структура городов, в которых потенциально возможно размещение АТЭЦ

Прирост тепловой нагрузки, тыс. Гкал/ч

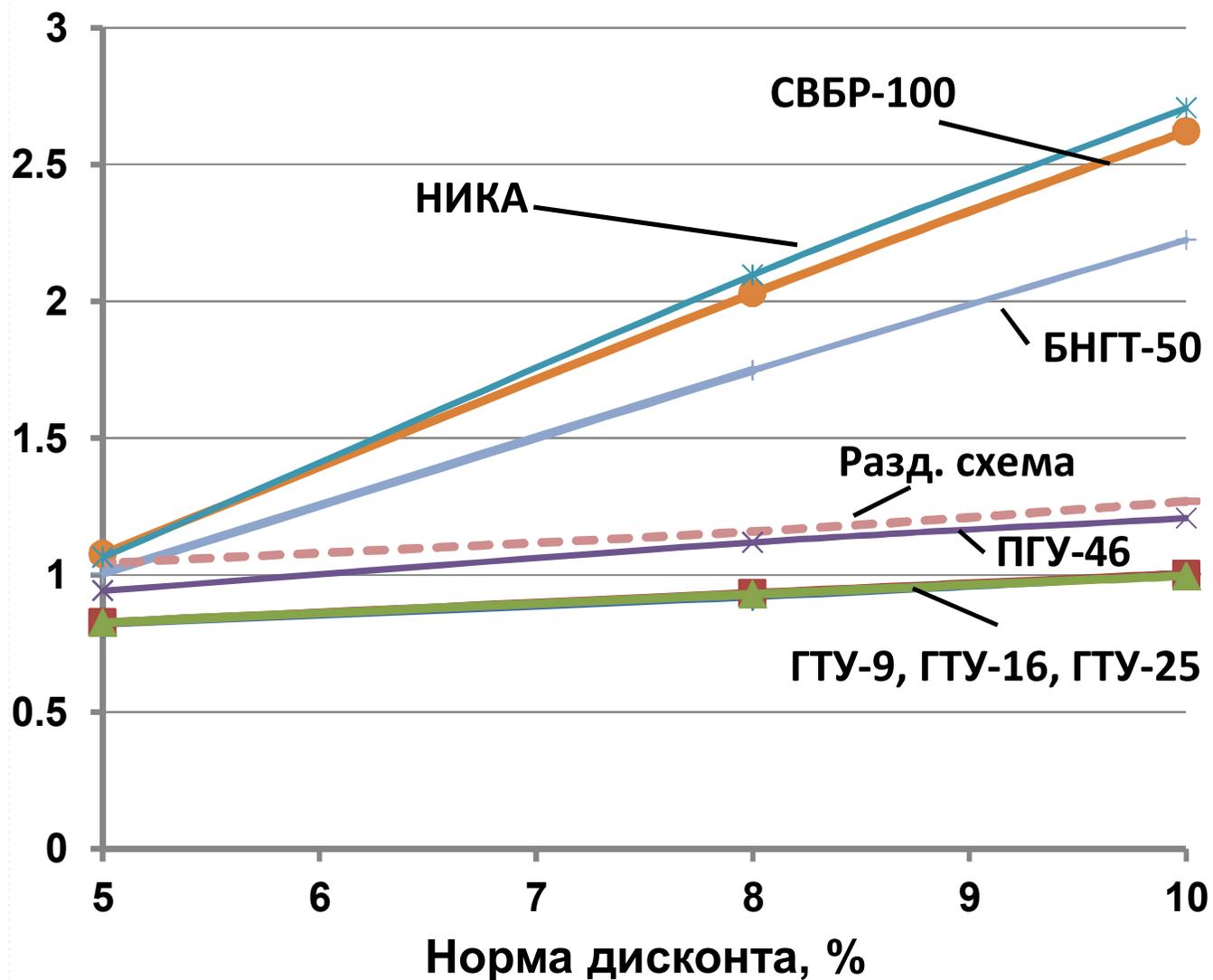


Основные влияющие факторы, исследуемые на первом этапе:

- 1) **Норма дисконта (5 – 8 – 10 %)**
- 2) **Удельное электропотребление
(2400 – 5000 – 10000 кВт·ч/год чел.)**
- 3) **Тип замыкающей электростанции
(АЭС, ПГЭС или КЭС на угле)**
- 4) **Цены органического топлива**
- 5) **Технико-экономические показатели
источников производства и транспорта тепла и
электроэнергии**

Эффективность различных схем энергоснабжения г. Орехово-Зуево (I группа)

Суммарные ДЗ, млрд руб.



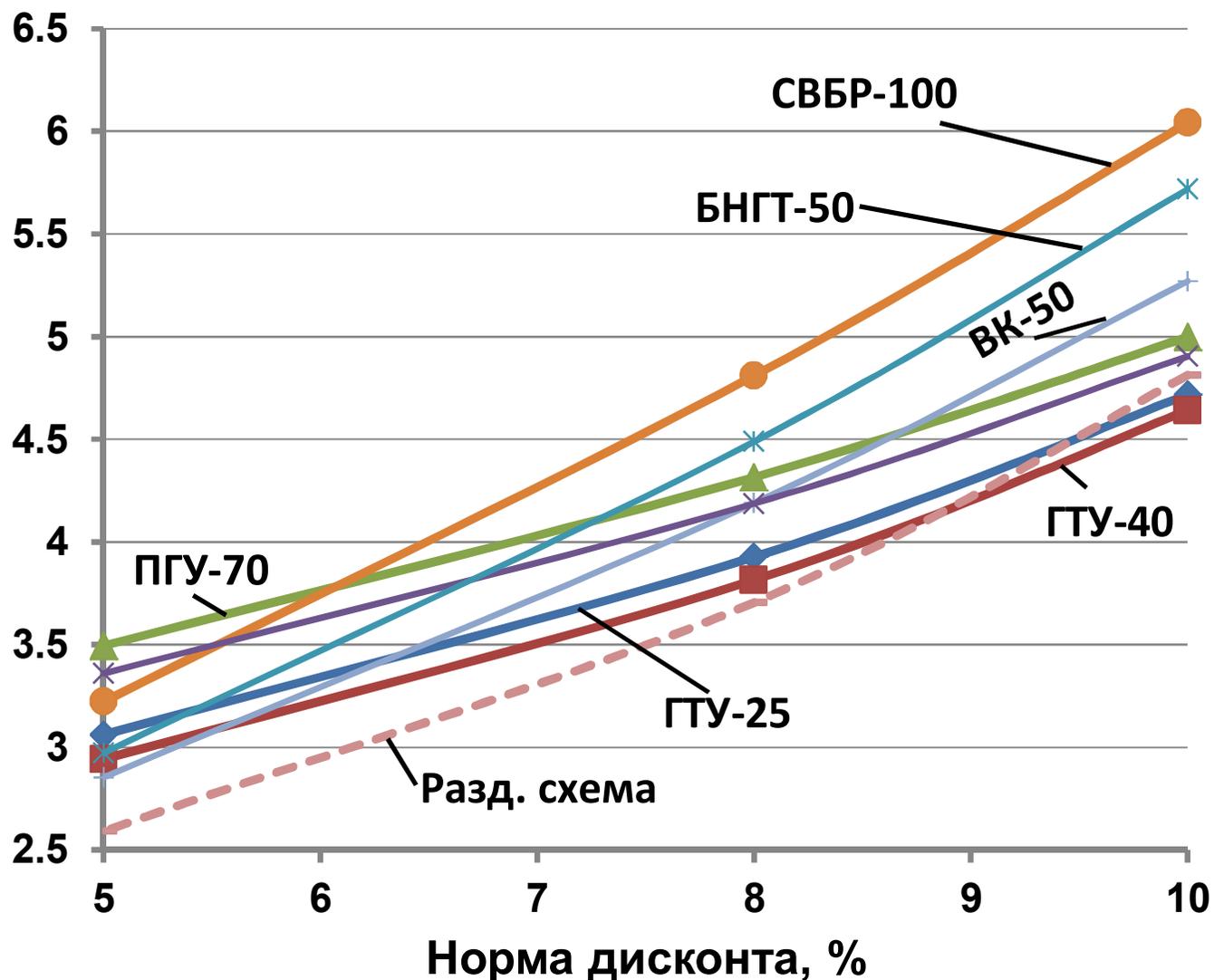
Удельное
электропотребление –
2400 кВт·ч/чел.год

Благоприятные для
АЭС и АТЭС ценовые
условия

Тип замыкающей
станции – ПГЭС

Эффективность различных схем энергоснабжения г. Владимир (II группа)

Суммарные ДЗ, млрд руб.



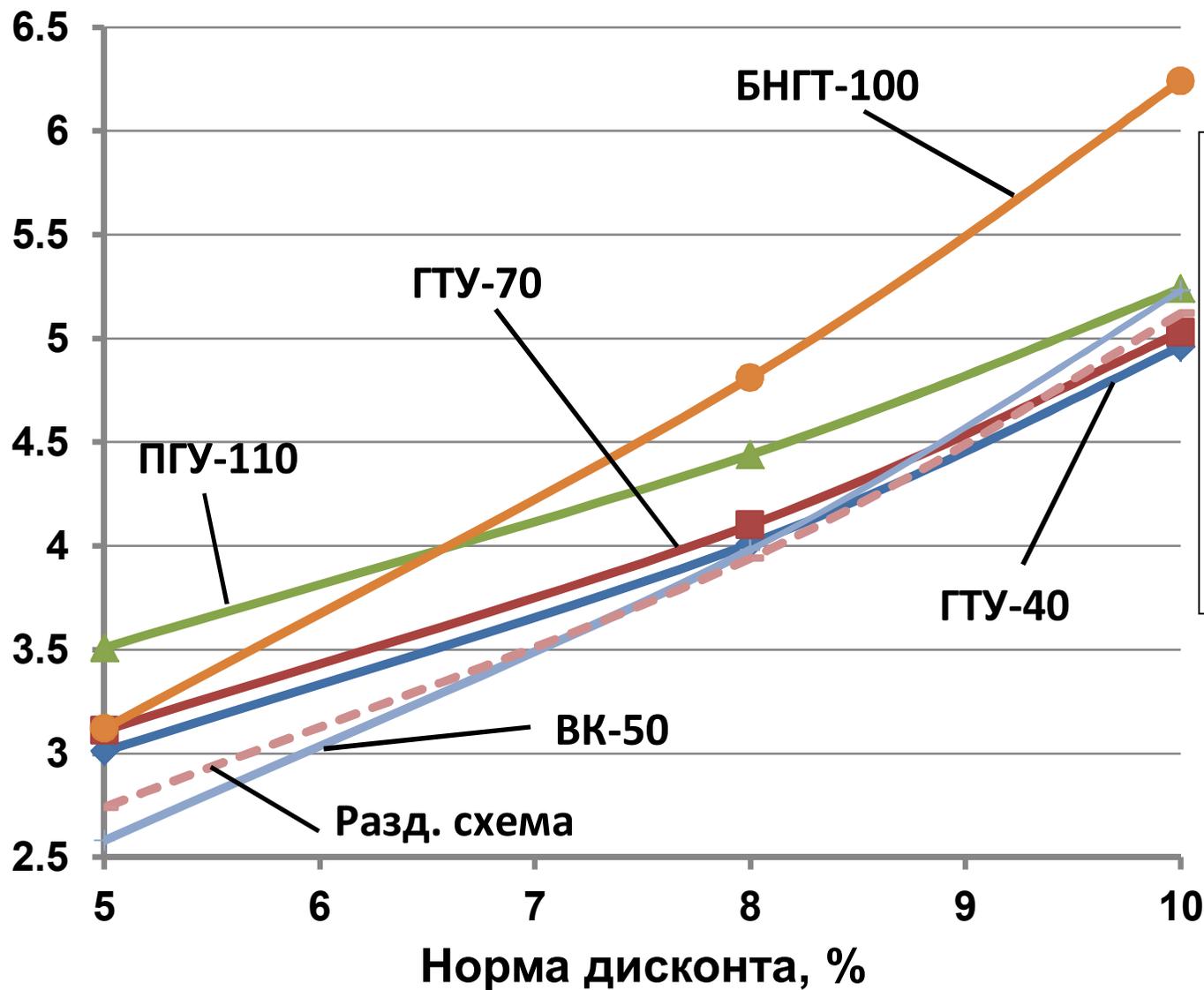
Удельное
электропотребление –
5000 кВт·ч/чел.год

Благоприятные для
АЭС и АТЭС ценовые
условия

Тип замыкающей
станции – АЭС

Эффективность различных схем энергоснабжения г. Белгорода (III группа)

Суммарные ДЗ, млрд руб.



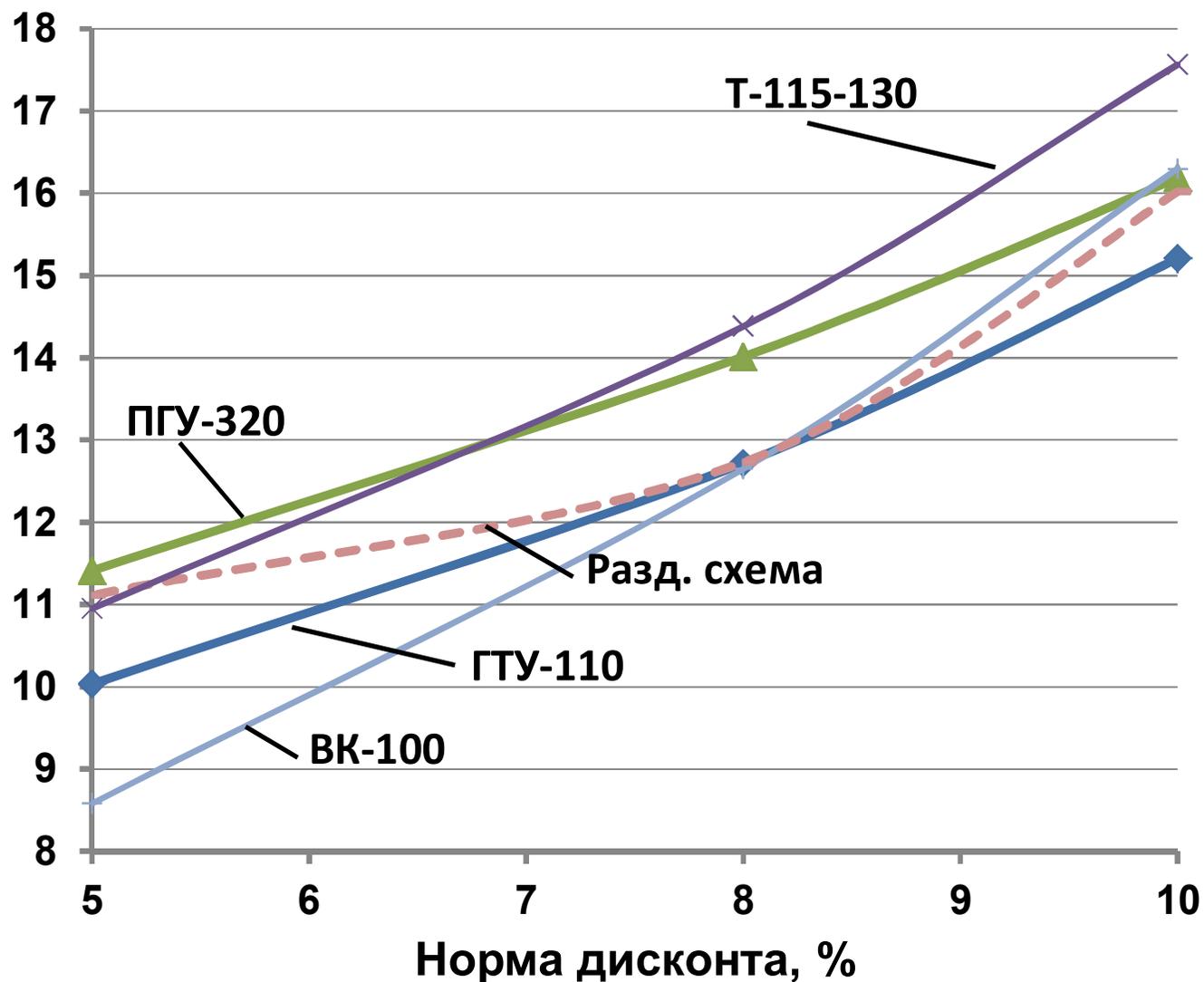
Удельное
электропотребление –
5000 кВт·ч/чел.год

Минимальное
сочетание ценовых
условий

Тип замыкающей
станции – АЭС

Эффективность различных схем энергоснабжения г. Липецк (IV группа)

Суммарные
ДЗ, млрд руб.



Удельное
электропотребление –
10000 кВт·ч/чел.год

Максимальное
сочетание ценовых
условий

Тип замыкающей
станции – АЭС

Структура оптимизационной модели EPOS



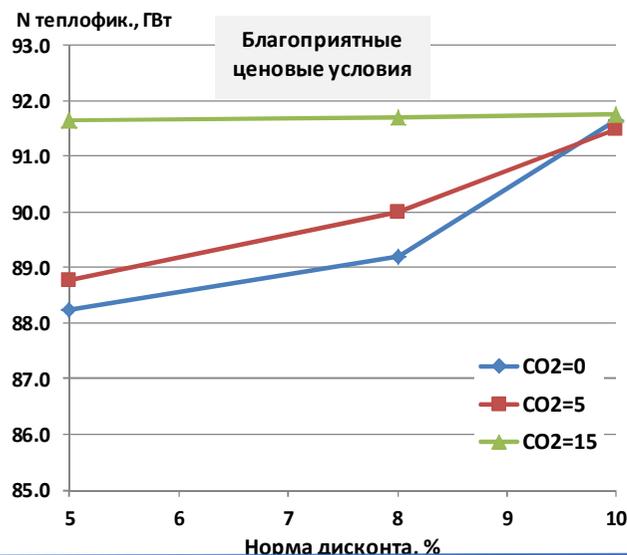
Сценарий энергопотребления

ЕЭС России	Ед. измерения	Отчет 2011 г.	2015 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.
Потребление электроэнергии	млрд.кВт·ч	1000	1111	1275	1402	1530
	к 2011 году	1	1.11	1.28	1.40	1.53
Потребность в установленной мощности	млн. кВт	218	230	250	272	295
	к 2011 году	1	1.05	1.15	1.25	1.35
Потребление централизованного тепла	млн. Гкал	1290	1306	1376	1421	1450
	к 2011 году	1	1.01	1.07	1.10	1.12
<i>в т.ч. коммунально-бытовым хозяйством городов и сферой услуг</i>	млн. Гкал	617	635	685	725	767
	к 2011 году	1	1.03	1.11	1.18	1.24

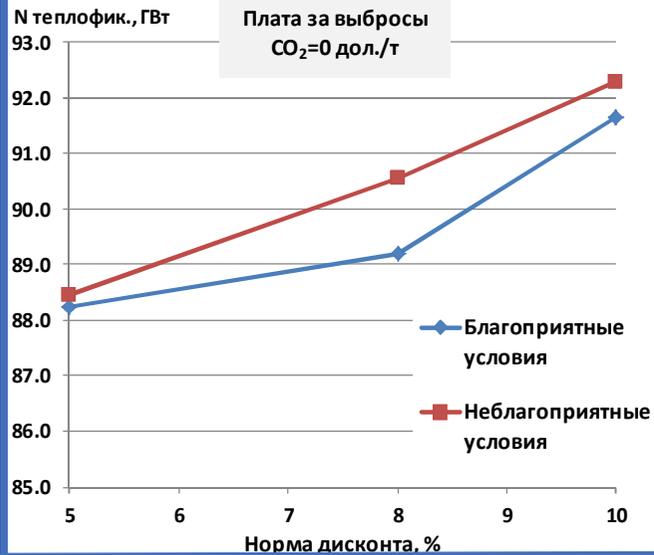
Рассмотренный сценарий энергопотребления в целом соответствует базовому сценарию Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2030 г.

Зависимость мощности ТЭЦ и АТЭЦ (N) от основных влияющих факторов

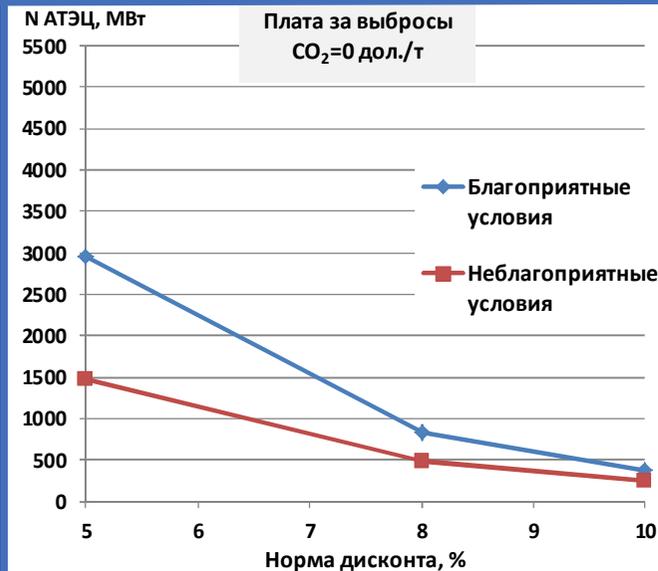
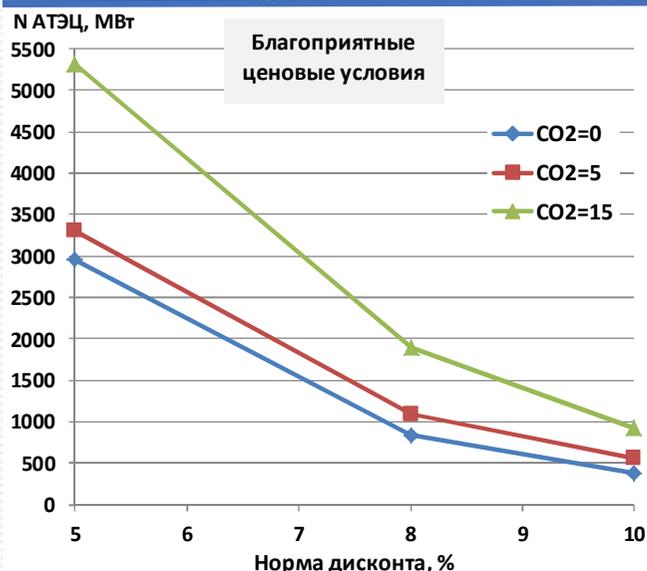
1) От платы за выбросы



2) От ценовых условий



Суммарная мощность ТЭЦ+АТЭЦ

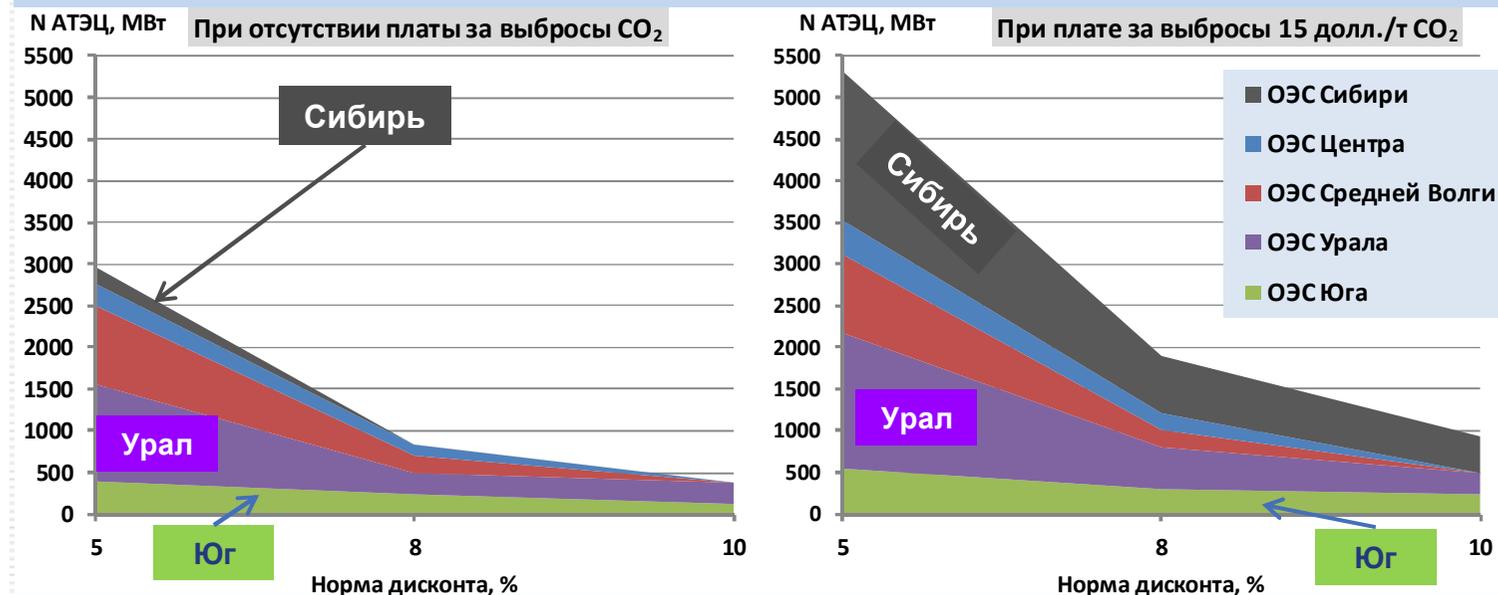


Мощность АТЭЦ

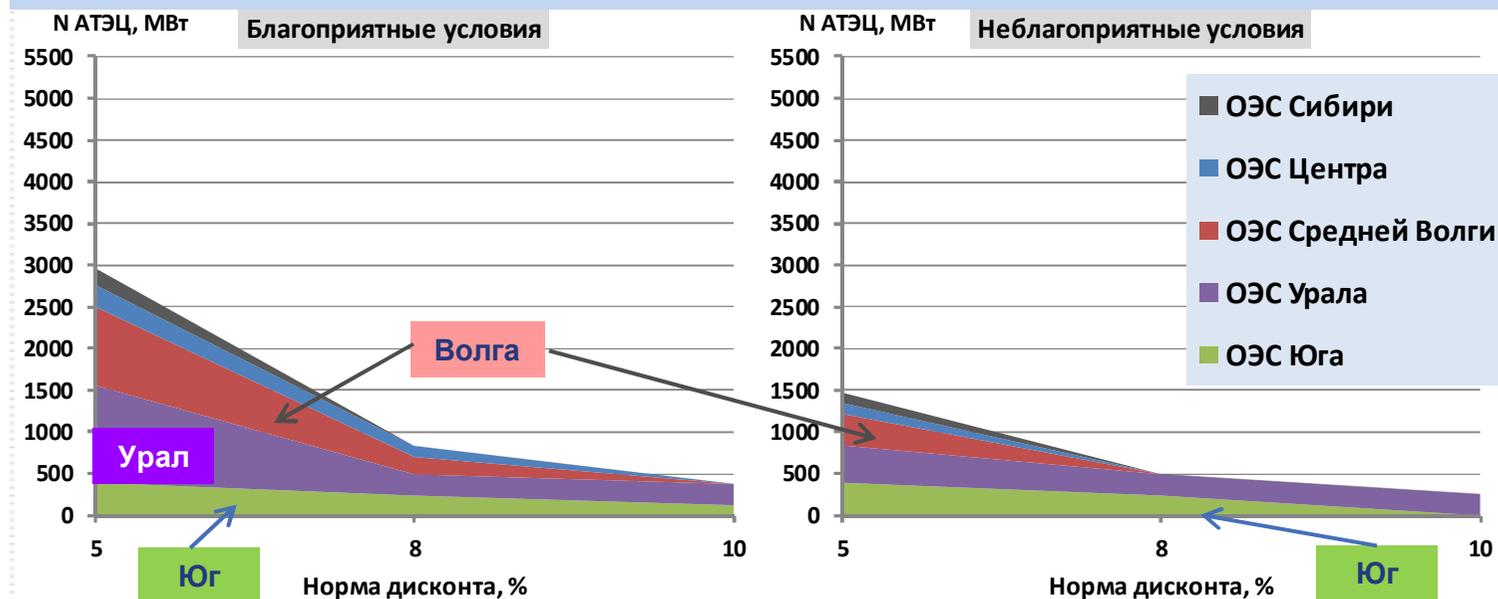
3) От нормы дисконта

Территориальная структура мощности АТЭС

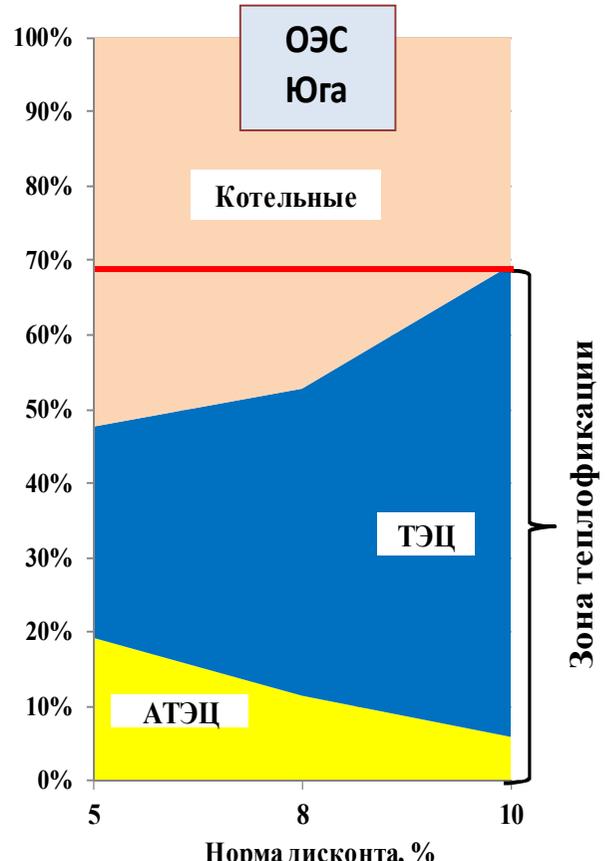
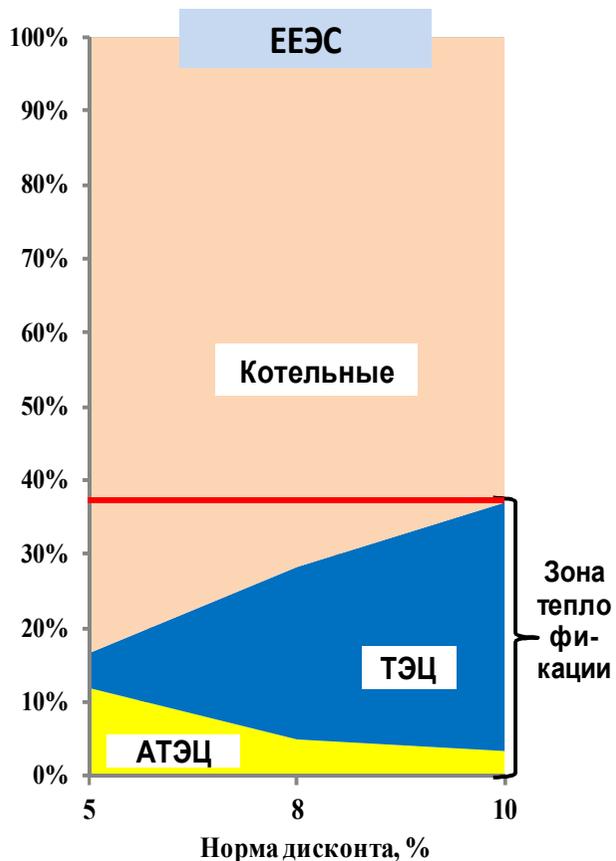
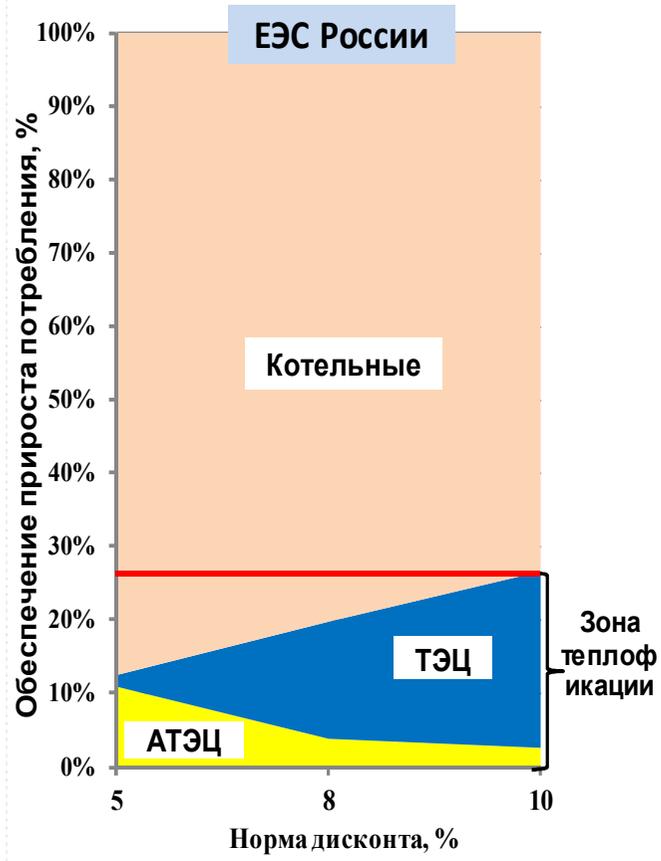
1) При варьировании платы за выбросы CO₂



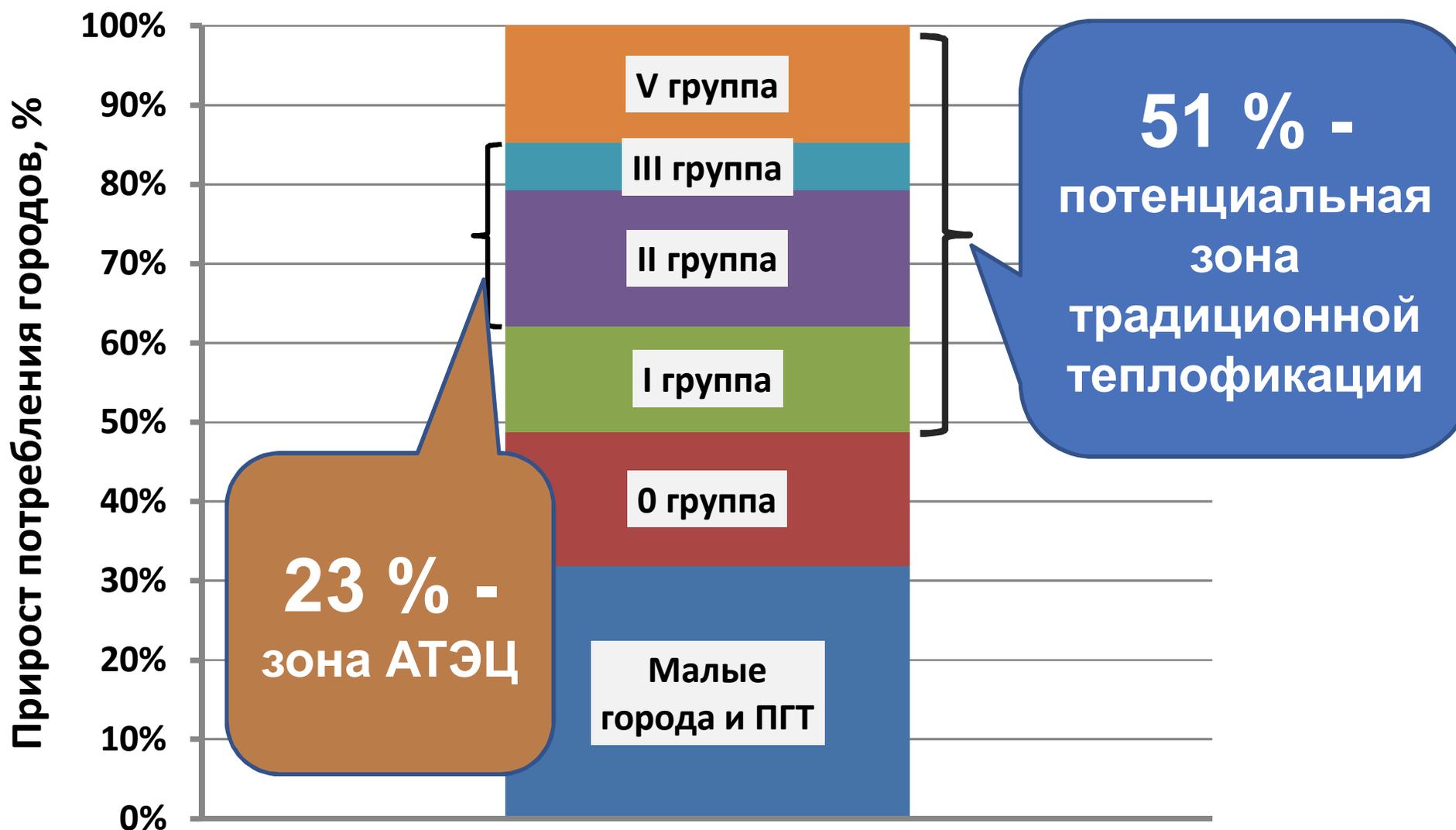
2) При варьировании ценовых условий



Структура обеспечения прироста потребления тепла за период 2021 – 2030 гг.

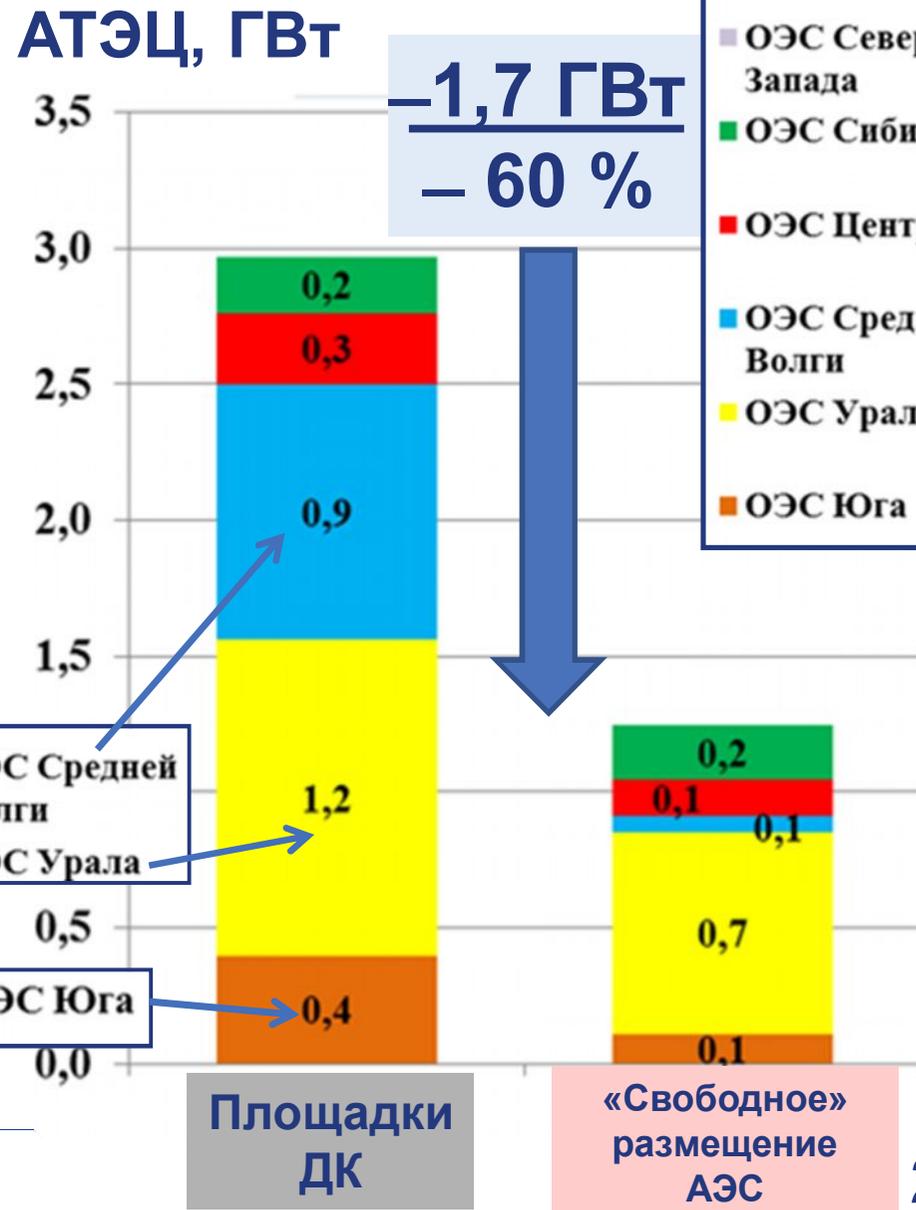
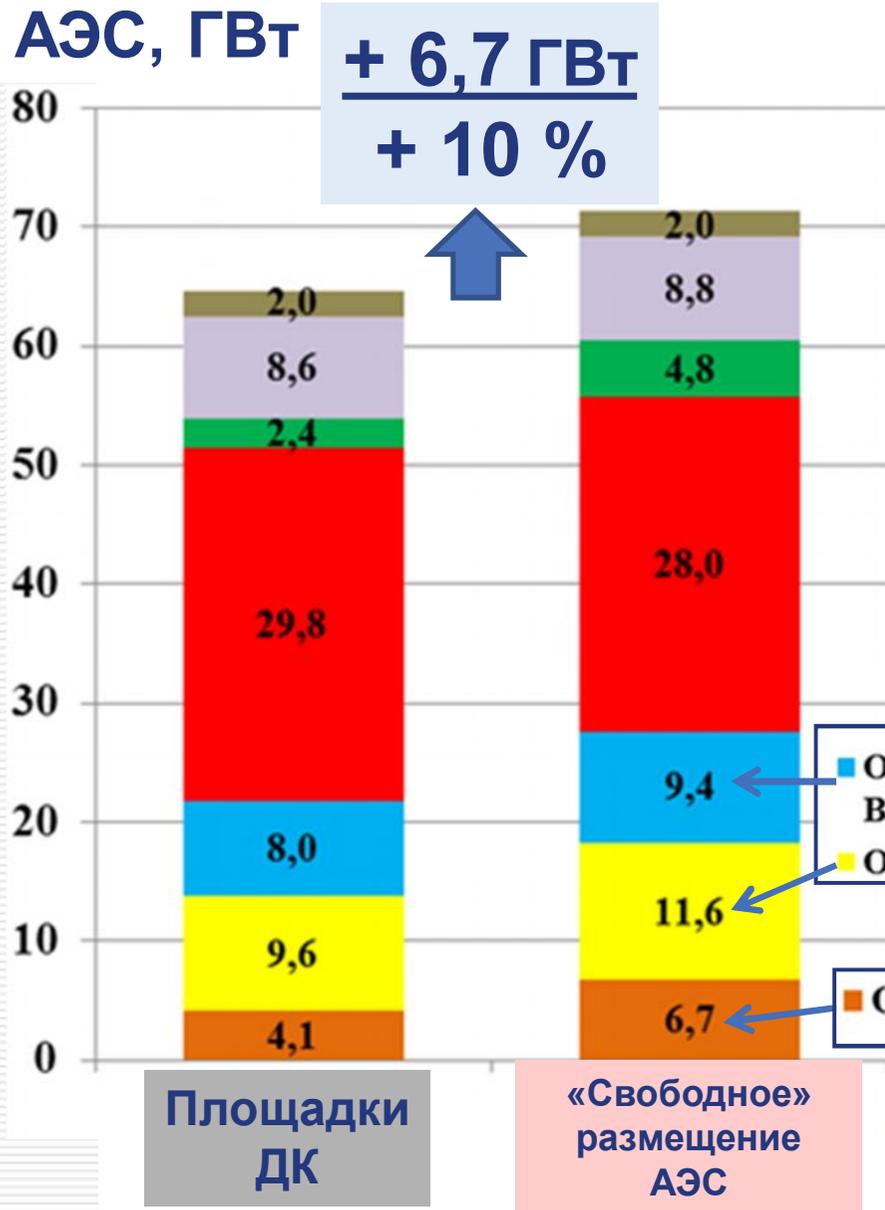


Структура суммарного прироста потребления тепла городами за период 2021 – 2030 гг.



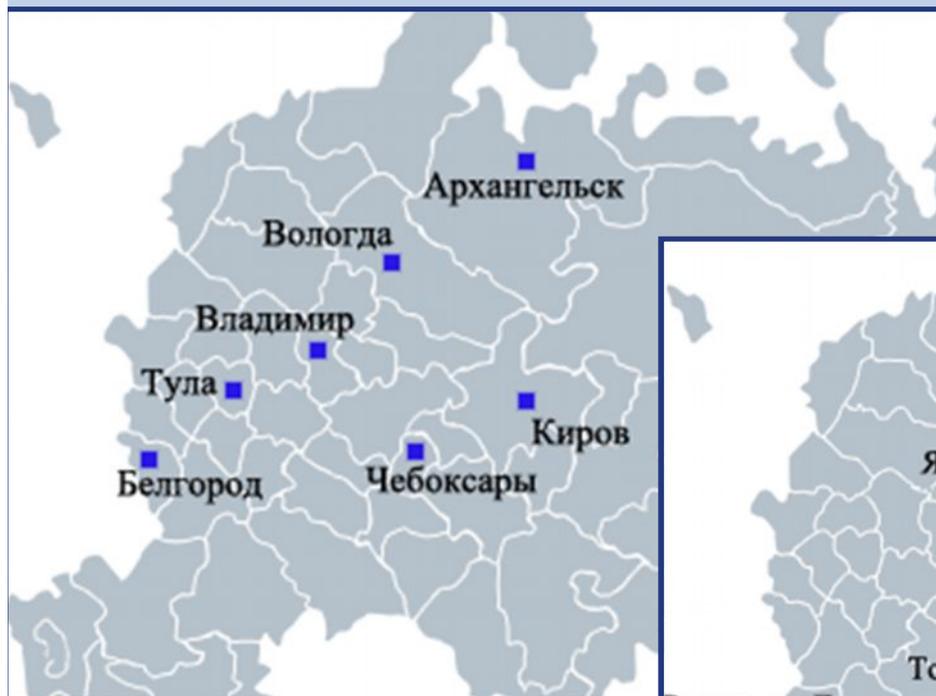
Зависимость мощности АТЭЦ от масштабов развития АЭС (дисконт 5 % и отсутствие платы за выбросы)

- ОЭС Востока
- ОЭС Северо-Запада
- ОЭС Сибири
- ОЭС Центра
- ОЭС Средней Волги
- ОЭС Урала
- ОЭС Юга

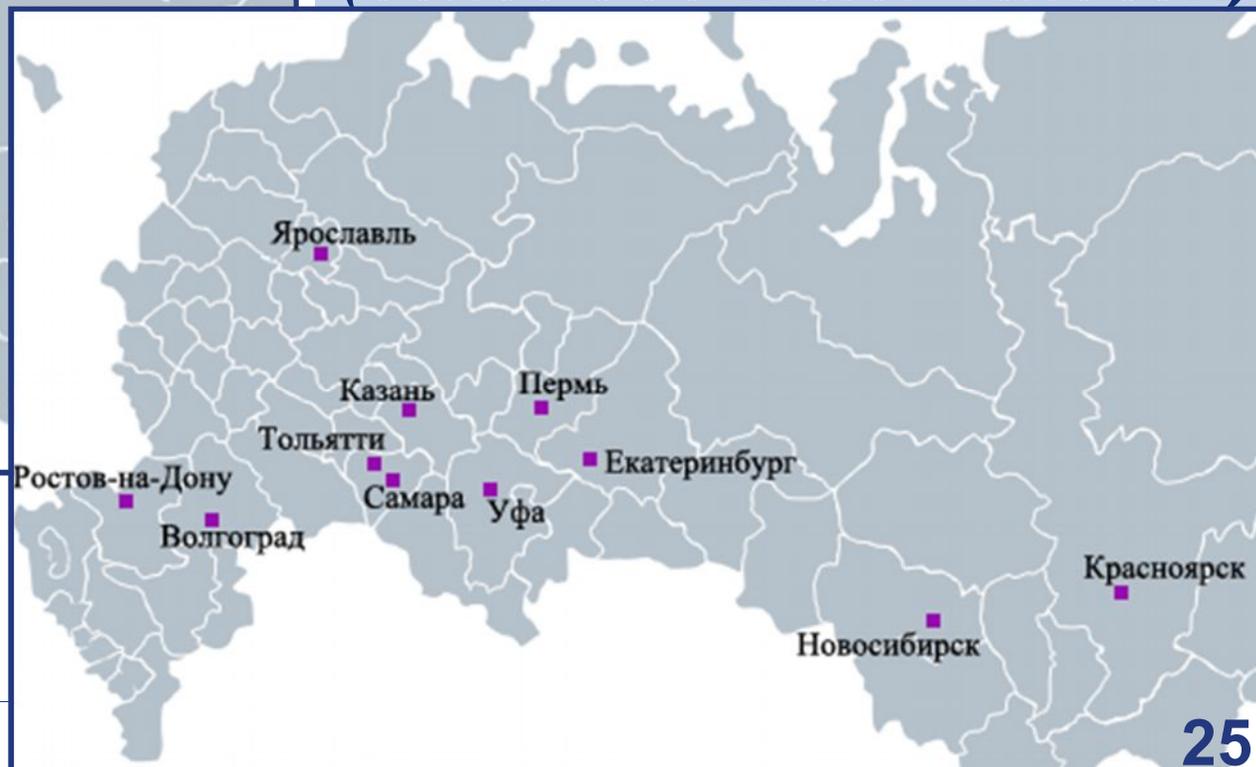


Города, наиболее предпочтительные для развития атомной теплофикации

*Малые и средние города
(100-500 тыс. человек)*



*Крупные города
(более 500 тыс. человек)*



Основные выводы (1)

- 1) Оценен предельный уровень УКВ в АТЭЦ для типовых городов различных ОЭС, свидетельствующий о необходимости сокращения принятых показателей
- 2) Высокая чувствительность эффективности АТЭЦ к изменению основных факторов. Замыкающая роль АТЭЦ в большинстве ситуаций
- 3) Несоответствие единичной мощности АТЭЦ приросту тепловых нагрузок. В результате =>
 - значительное сокращение потенциала их применения;
 - невозможность применения в изолированных районах;
 - блоки 100 МВт и выше только в крупнейших городах или в средних с учетом замещения действующих ТЭЦ.

Что делает целесообразным разработку АТЭЦ меньшей единичной мощности

Основные выводы (2)

- 4) Определены потенциальные масштабы и наиболее перспективные районы размещения АТЭЦ в период до 2030 г.
- 5) Наиболее эффективно использование АТЭЦ для энергоснабжения крупных городов с населением более 500 тыс. человек, прежде всего, в ОЭС Урала, ОЭС Юга и ОЭС Ср. Волги. При введении платы за выбросы эта область расширяется и на ОЭС Сибири
- 6) Эффективность АТЭЦ значительно снижается в районах развития АЭС большой или средней мощности
- 7) Требуется дополнительной проработки возможность поставки высокопотенциального тепла от АТЭЦ на промышленные предприятия, что могло бы существенно расширить сферу их эффективного применения

***СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!***