



**Опыт эксплуатации АЭС  
ОАО «Концерн Росэнергоатом».  
Обеспечение безопасности  
и повышение эффективности  
атомной энергетики России**

**В.Г. Асмолов**

Восьмая Международная научно-техническая конференция (МНТК-2012)  
Москва, 23 – 25 мая 2012 г.



# ОАО «Концерн Росэнергоатом» - эксплуатирующая организация

- ▶ Концерн образован 07.09.1992 указом президента Российской Федерации как эксплуатирующая организация

**33**

**количество действующих энергоблоков**

**25242**

**МВт - установленная мощность**

**172,7**

**Млрд кВт.ч - выработано в 2011 году**

**35**

**тыс. чел. - численность сотрудников  
ОАО «Концерн Росэнергоатом»**

**6**

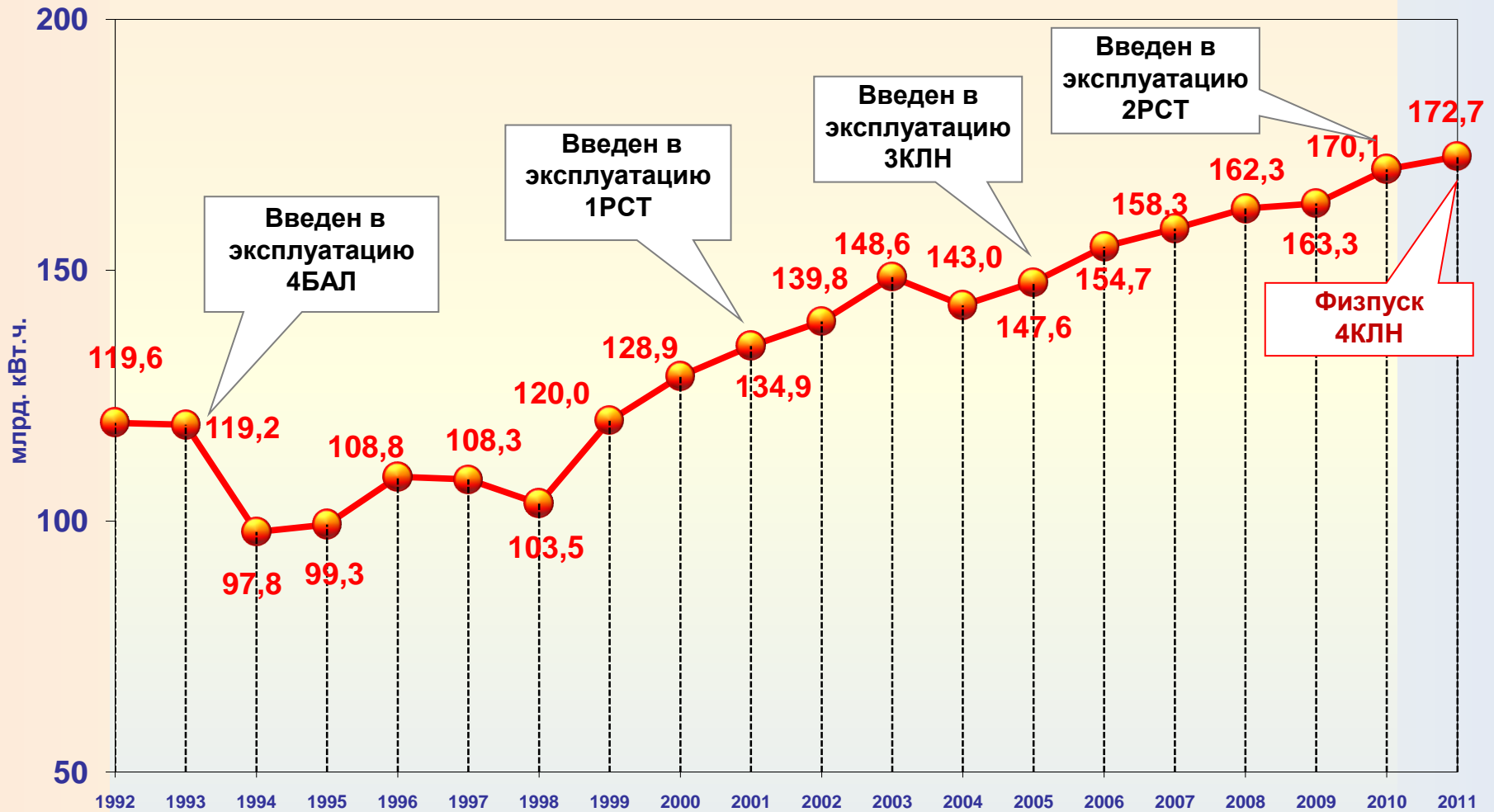
**млрд \$ - объем товарной продукции в 2011 году**

**283,9**

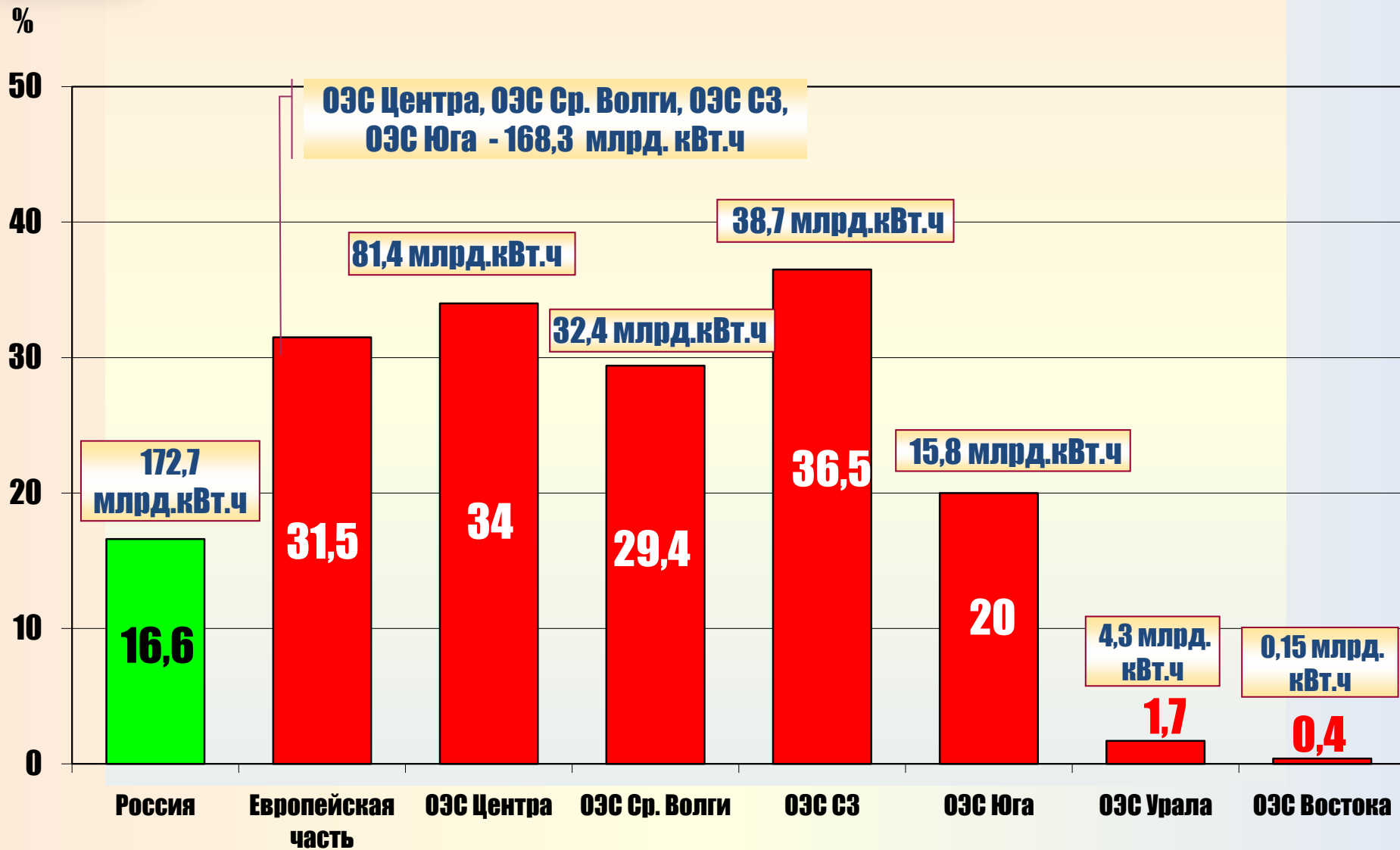
**млн \$ - объем НИОКР в 2011 году**

# Выработка АЭС России

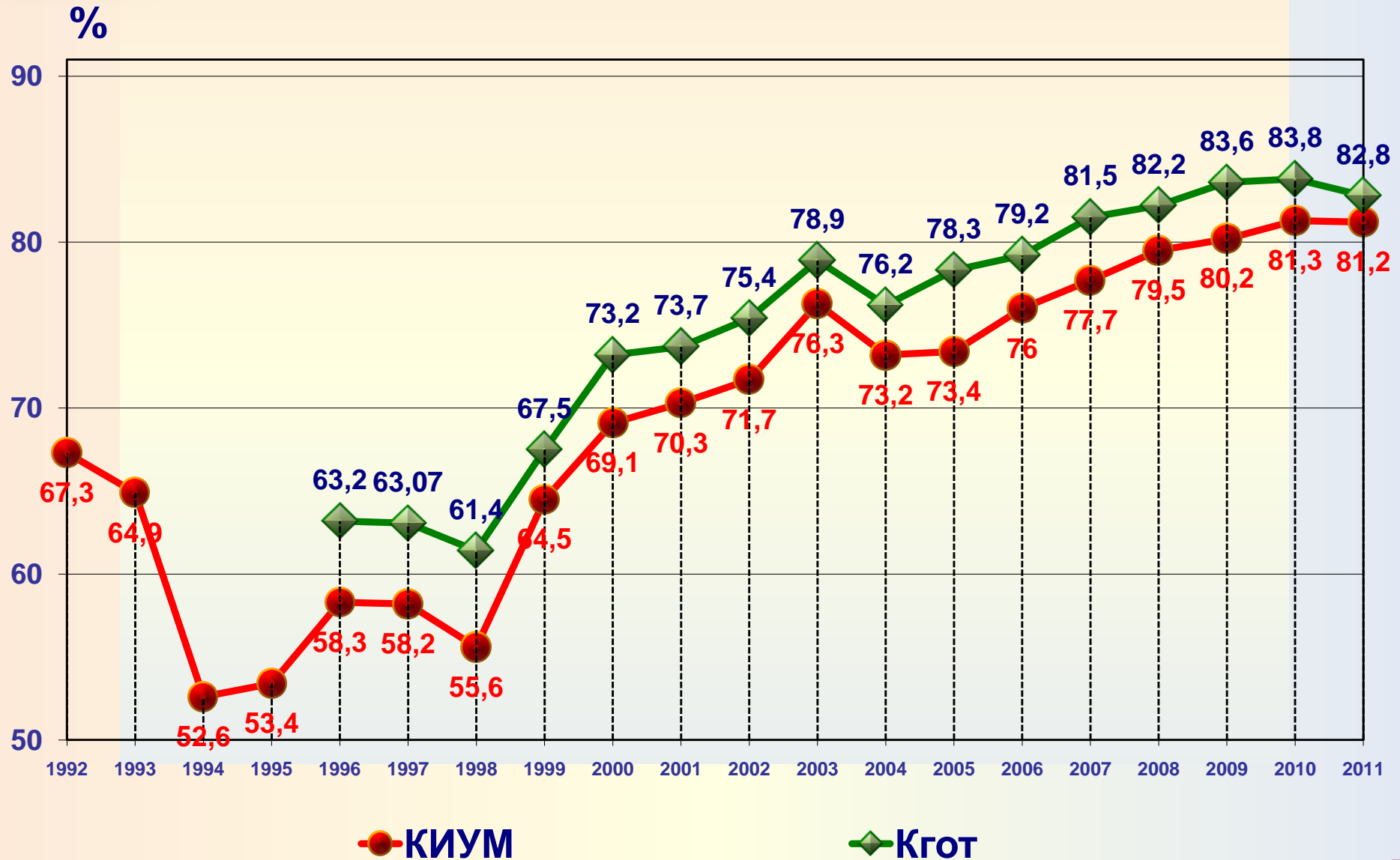
(~ 16,6 % от общей выработки электроэнергии)



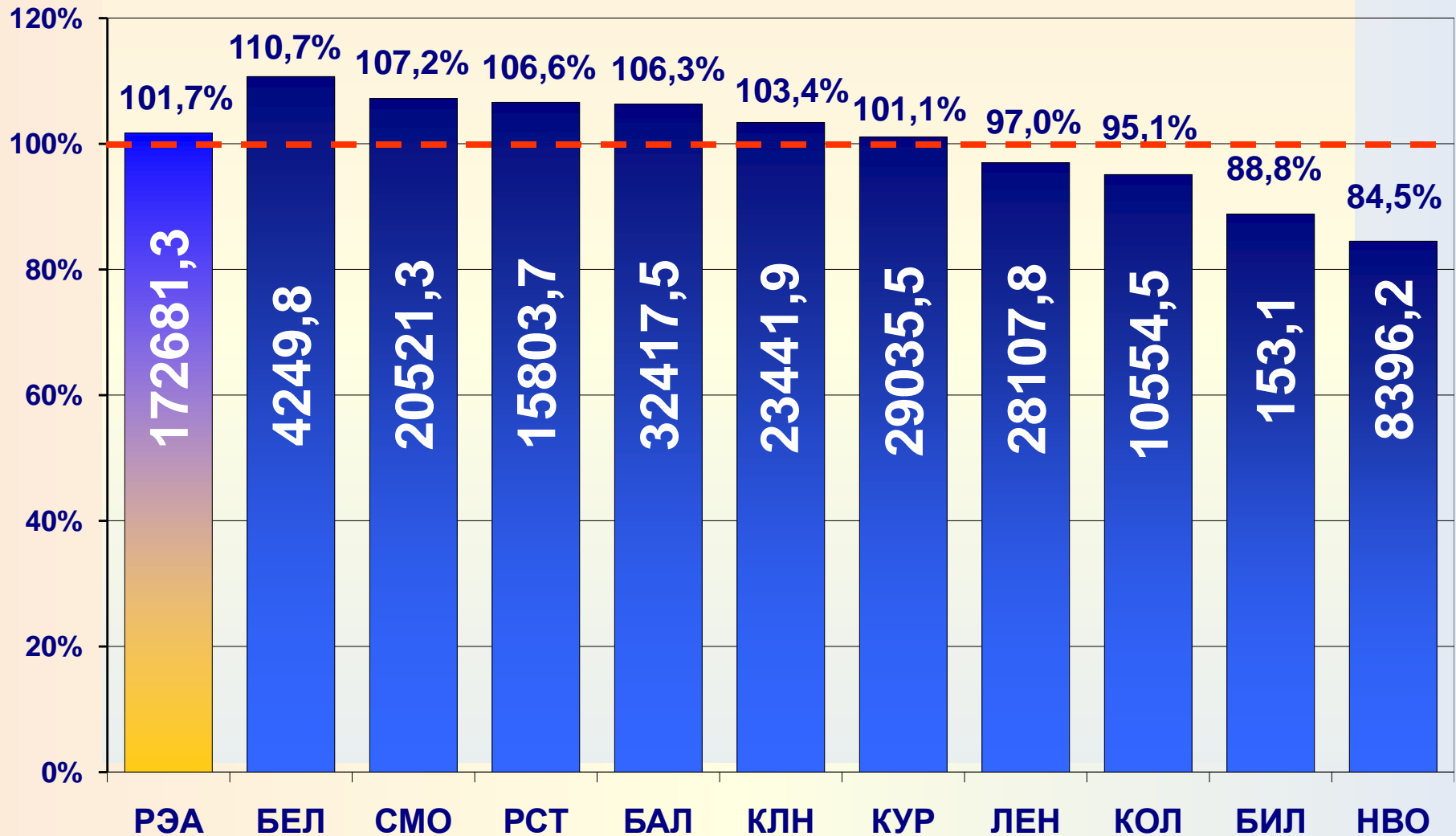
# Доля выработки АЭС от выработки электроэнергии по регионам в 2011 г.



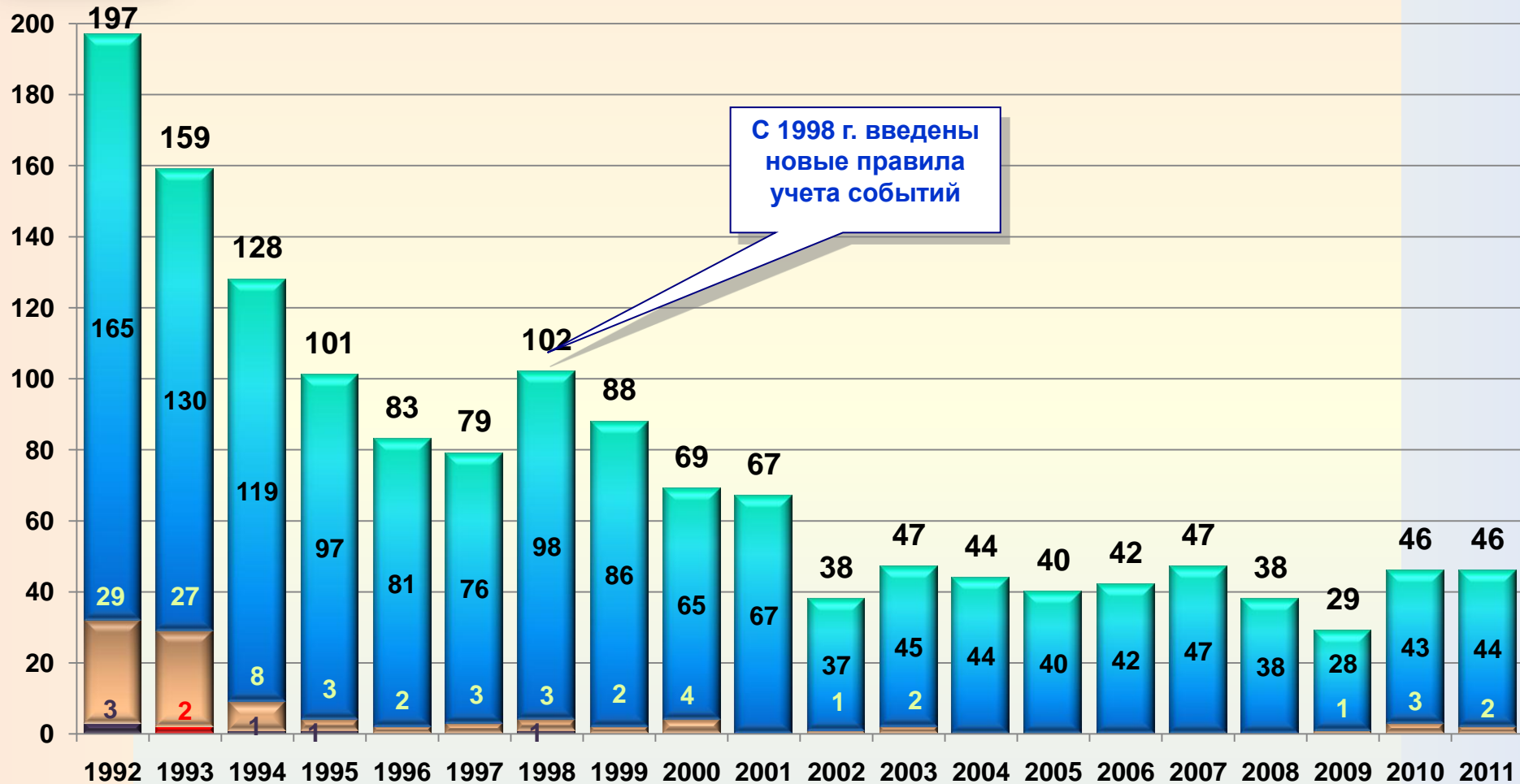
# КИУМ и Кгот АЭС России



# Выполнение целевых показателей по выработке электроэнергии на АЭС России в 2011 году (% и млн.кВт.ч)



# Динамика событий на АС, подлежащих сообщению Регулирующему органу



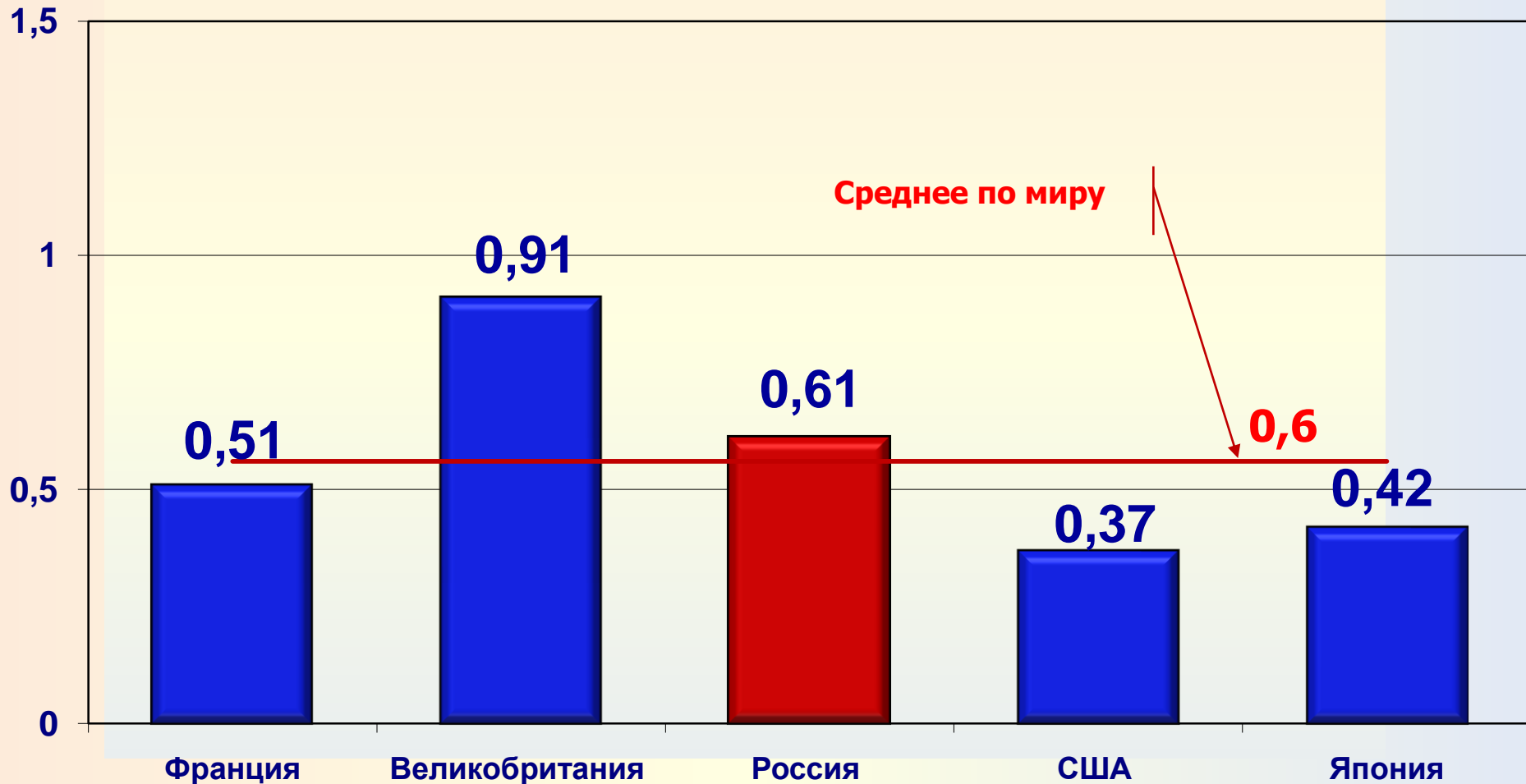
■ Уровень "3"

■ Уровень "1"

■ Уровень "2"

■ Уровень "0" и "вне шкалы"

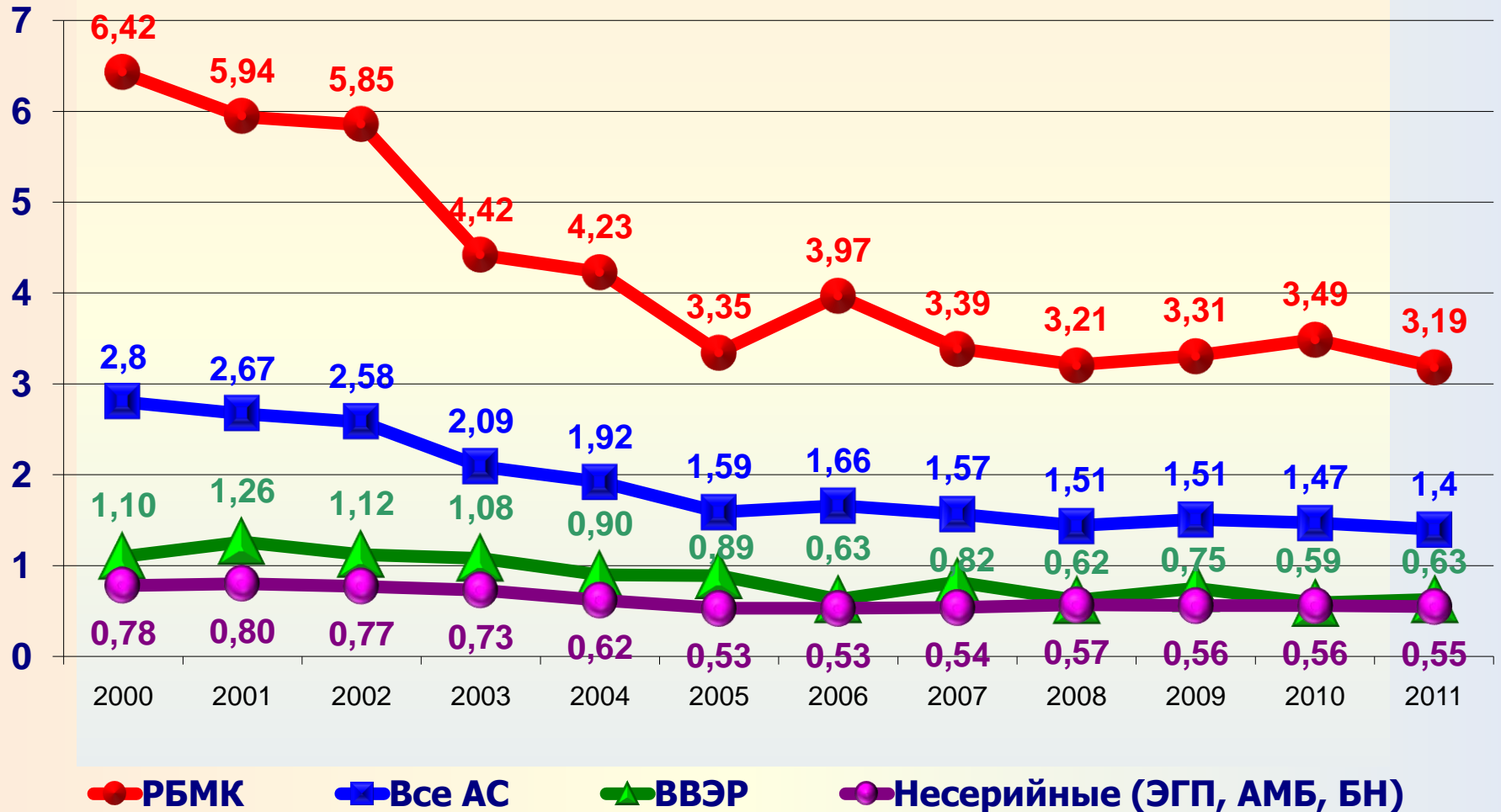
# Неплановые автоматические аварийные остановки реактора энергоблоков АЭС ведущих стран мира в 2011 г. (по методике ВАО АЭС)



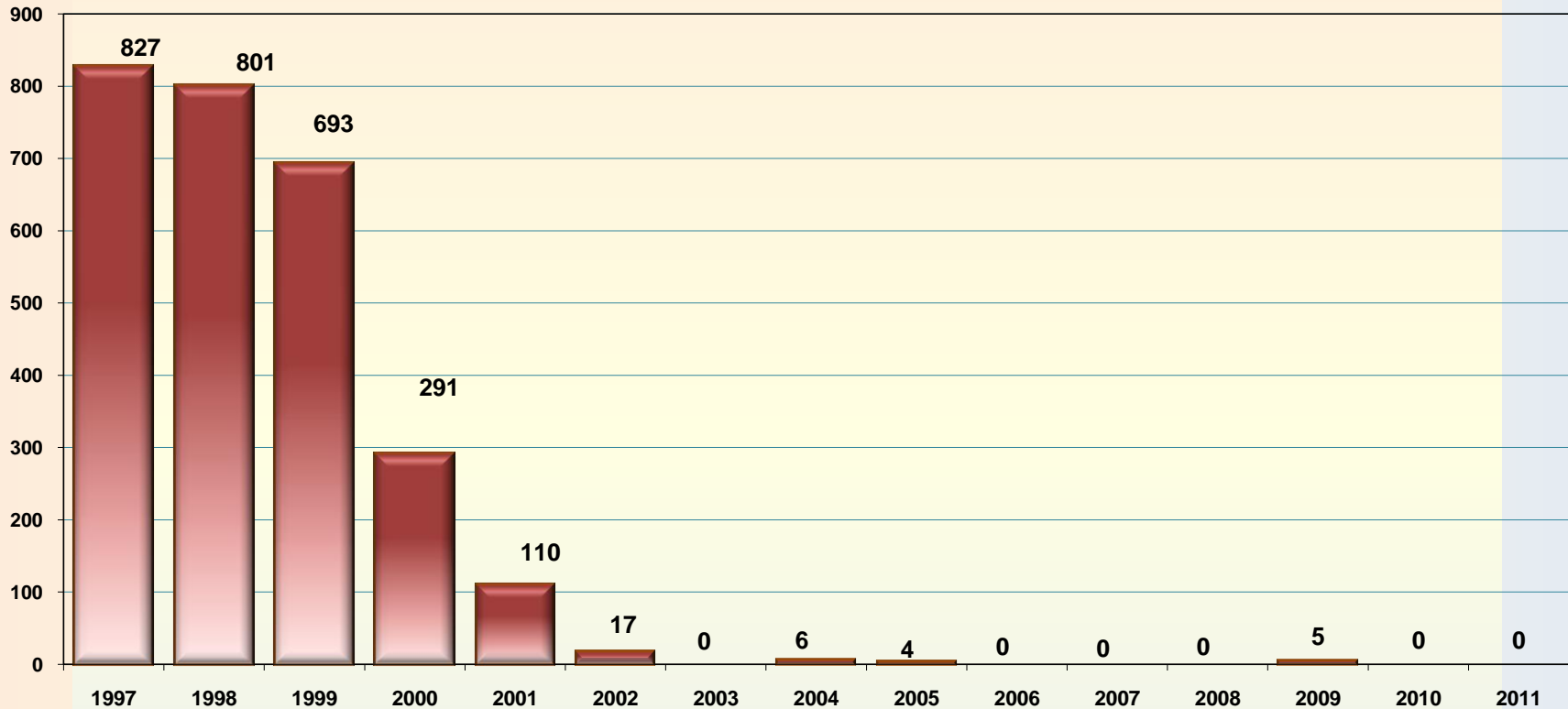


# Коллективные дозы облучения на АЭС по типам реакторных установок

(чел. Зв/блок)



# Количество персонала, индивидуальная доза облучения которых превысила 20 мЗв (введена в действие законом РФ в 2000 г.)



➔ **отсутствуют инциденты, сопровождавшиеся радиационными последствиями**

# Основные итоги 2011 года

- ➔ Обеспечена безопасная эксплуатация энергоблоков АЭС
- ➔ Достигнута максимальная выработка электроэнергии – **172,7** млрд кВт.ч (**101,7%** к балансу ФСТ)
- ➔ Достигнута максимальная мощность единовременной генерации – **25** ГВт

# Производственная программа на 2012 год

**Планируемая выработка по  
балансу ФСТ** - **175,8**  
млрд кВт.ч

**КИУМ** - **80,8** %

# Основные направления работы

- ➔ **Повышение безопасности и надежности энергоблоков:**
  - ➔ **Устранение дефицитов безопасности и отступлений от норм и правил;**
  - ➔ **Внедрение результатов анализа опыта эксплуатации российских и зарубежных АЭС;**
  - ➔ **Внедрение новых видов топлива;**

# Основные направления работы

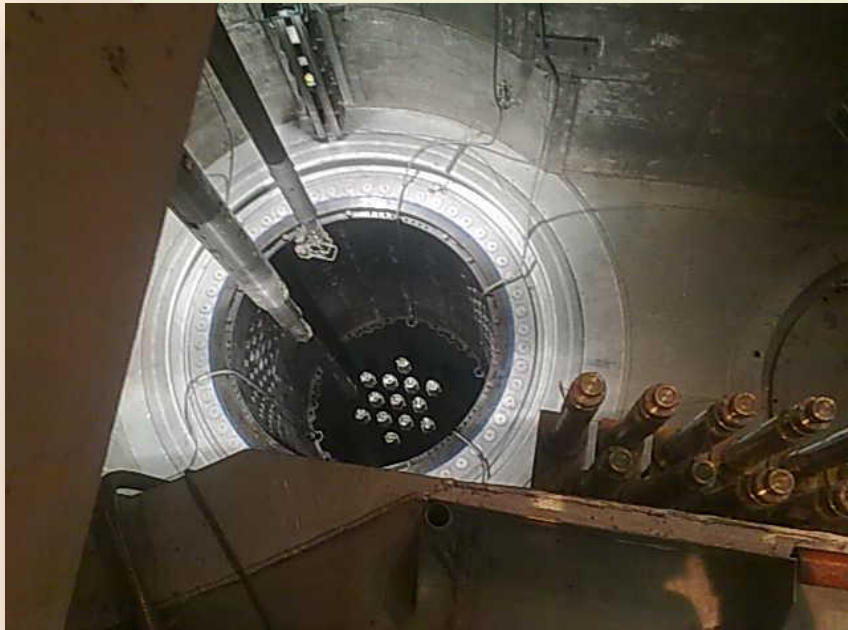
- ➔ **Повышение эффективности производства электроэнергии:**
  - ➔ **Оптимизация ремонтных кампаний;**
  - ➔ **Повышение КПД турбоустановок;**
  - ➔ **Повышение мощности реакторных установок**

# Основные направления работы

- **Продление сроков эксплуатации энергоблоков;**
- **Обеспечение эксплуатационной готовности новых АЭС;**
- **Совершенствование структуры управления**

# Пуск энергоблока №4 Калининской АЭС

- Сборка реактора 23 – 31 октября 2011
- Выход на МКУ 08 ноября 2011
- Пробный пуск турбины 15 – 17 ноября 2011
- Включение в сеть 22 ноября 2011





# Продление сроков эксплуатации энергоблоков

По состоянию на 01.03.2012 выполнены работы по продлению сроков эксплуатации **17-ти** энергоблоков АС суммарной установленной мощностью **9802** МВт :

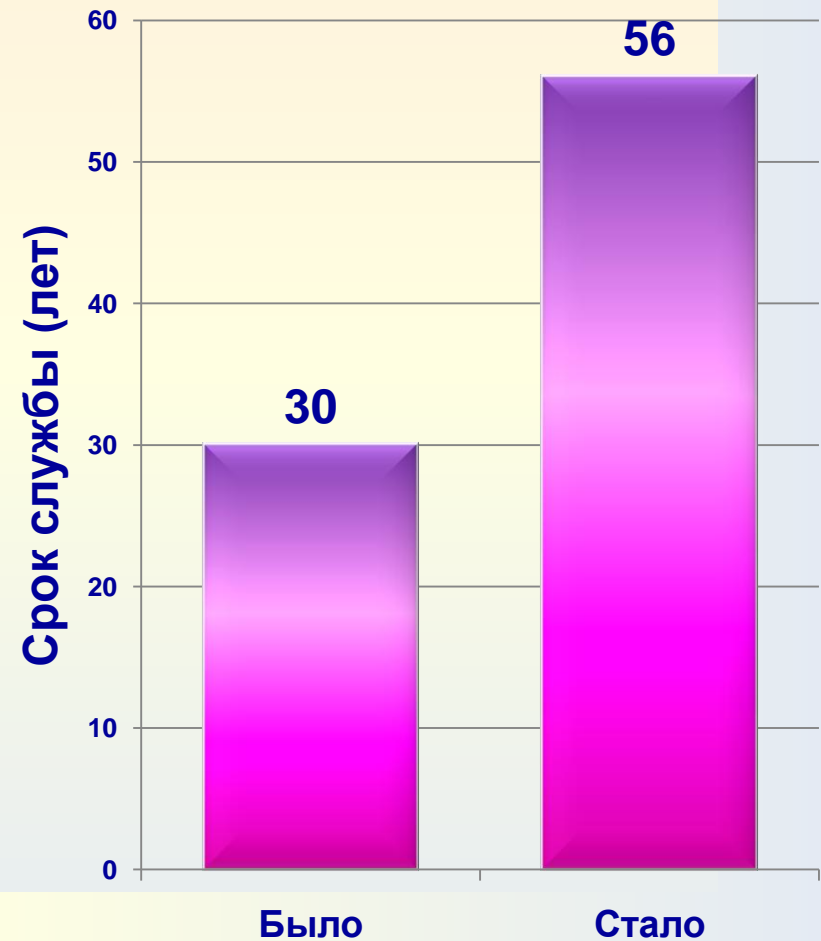
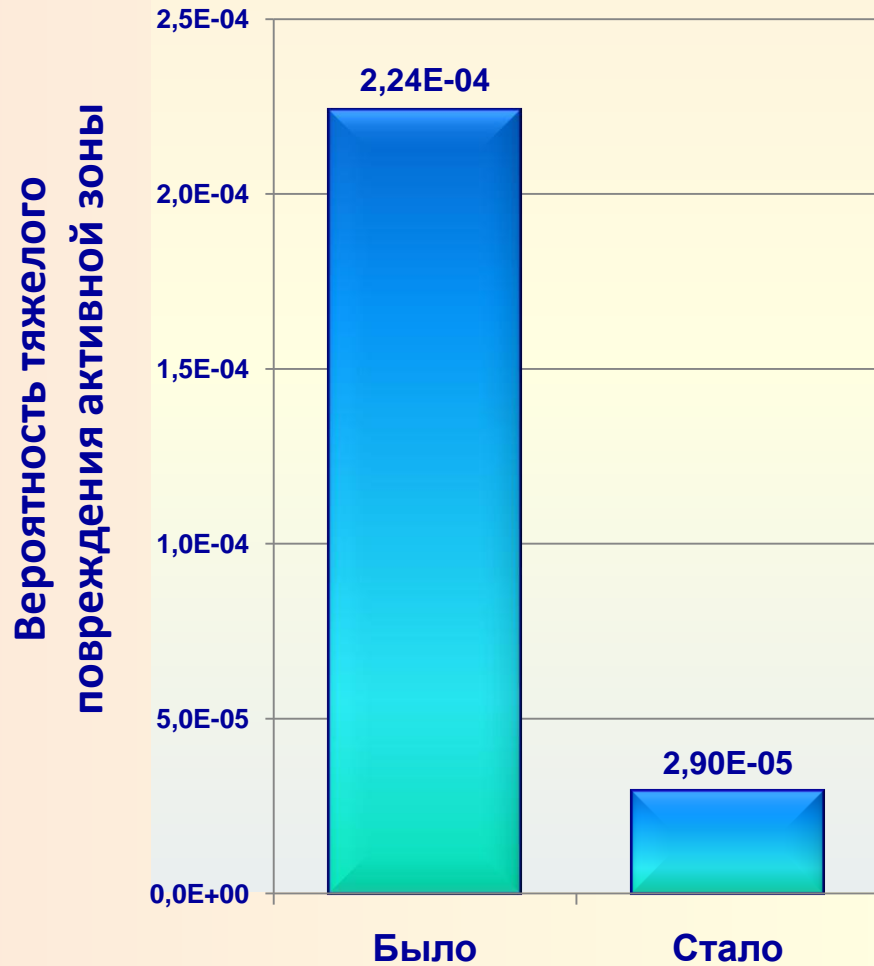
АЭС	Блок №1	Блок №2	Блок №3	Блок №4	Блок №5
Ленинградская	РБМК-1000	РБМК-1000	РБМК-1000	РБМК-1000	
Курская	РБМК-1000	РБМК-1000			
Билибинская	ЭГП-6	ЭГП-6	ЭГП-6	ЭГП-6	
Белоярская			БН-600		
Кольская	ВВЭР-440	ВВЭР-440	ВВЭР-440		
Нововоронежская			ВВЭР-440	ВВЭР-440	ВВЭР-1000

# Целевая модернизация при продлении срока эксплуатации

## Энергоблок №5 Нововоронежской АС (ВВЭР-1000/В-179) (2008 – сентябрь 2011)

- Модернизация системы аварийного электроснабжения
- Внедрение двухкомплектной системы управления и защиты реактора
- Внедрение дополнительной системы аварийной подачи питательной воды в парогенераторы
- Внедрение системы водородной взрывобезопасности
- Внедрение систем газового пожаротушения в помещениях систем управления и защиты энергоблока
- Замена системы возбуждения турбогенераторов на цифровые
- Замена генераторных выключателей на элегазовые
- Замена верхнего блока реактора и гайковерта главного разъема

# Энергоблок №5 Нововоронежской АС (ВВЭР-1000/В-179) (2008 – сентябрь 2011)



# Целевая модернизация при продлении срока

## Энергоблоки №3,4 Ленинградской АС (РБМК-1000)

- **Модернизация систем контроля, управления и защиты реактора с внедрением второй системы останова реактора**
- **Внедрение управляющих систем безопасности**
- **Внедрение резервного щита управления**
  - ➔ **Замена технологических каналов**
  - ➔ **Модернизация систем безопасности (системы аварийного расхолаживания реактора, системы локализации аварий; систем аварийного электроснабжения)**
  - ➔ **Внедрение акустической системы контроля протечек реактора**

# Модернизация энергоблока 4 ЛАЭС (продолжение)

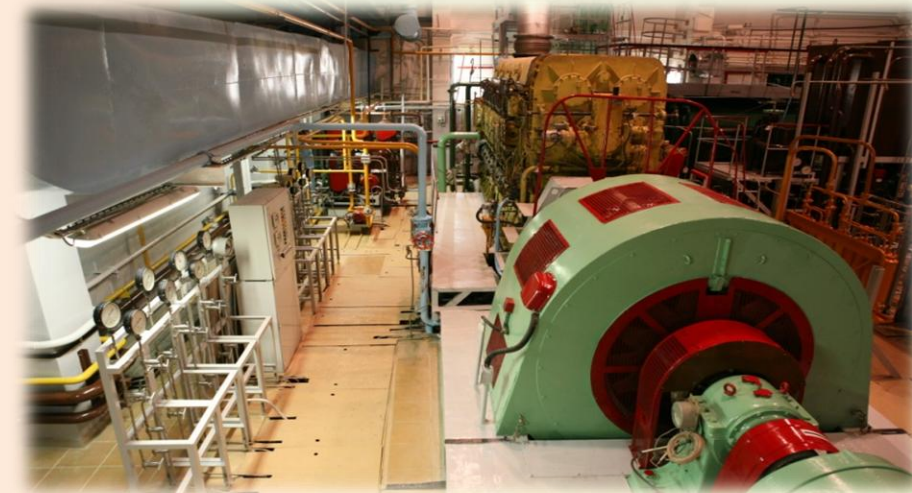
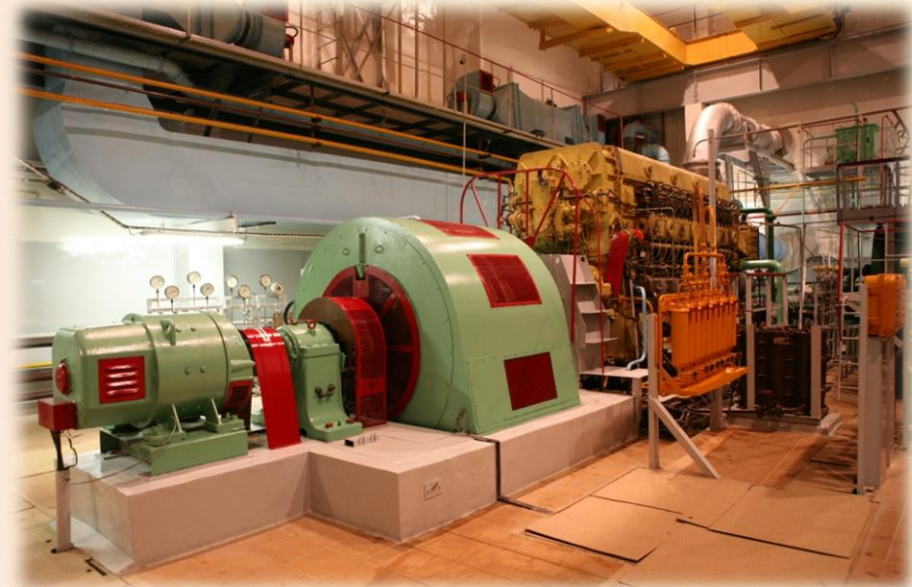
Модернизированная система электроснабжения

Модернизированный БЩУ-4



# Модернизация энергоблока 4 ЛАЭС (продолжение)

Модернизированный дизельгенератор



Аккумуляторная батарея



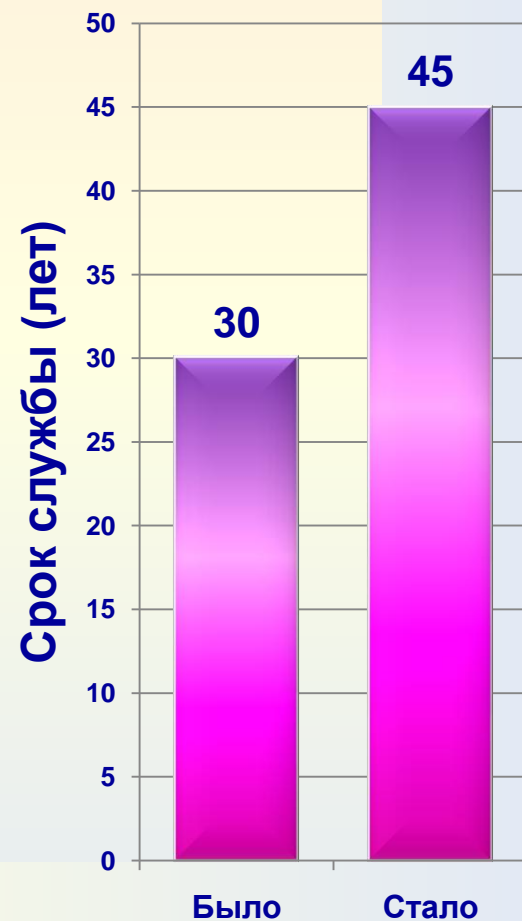
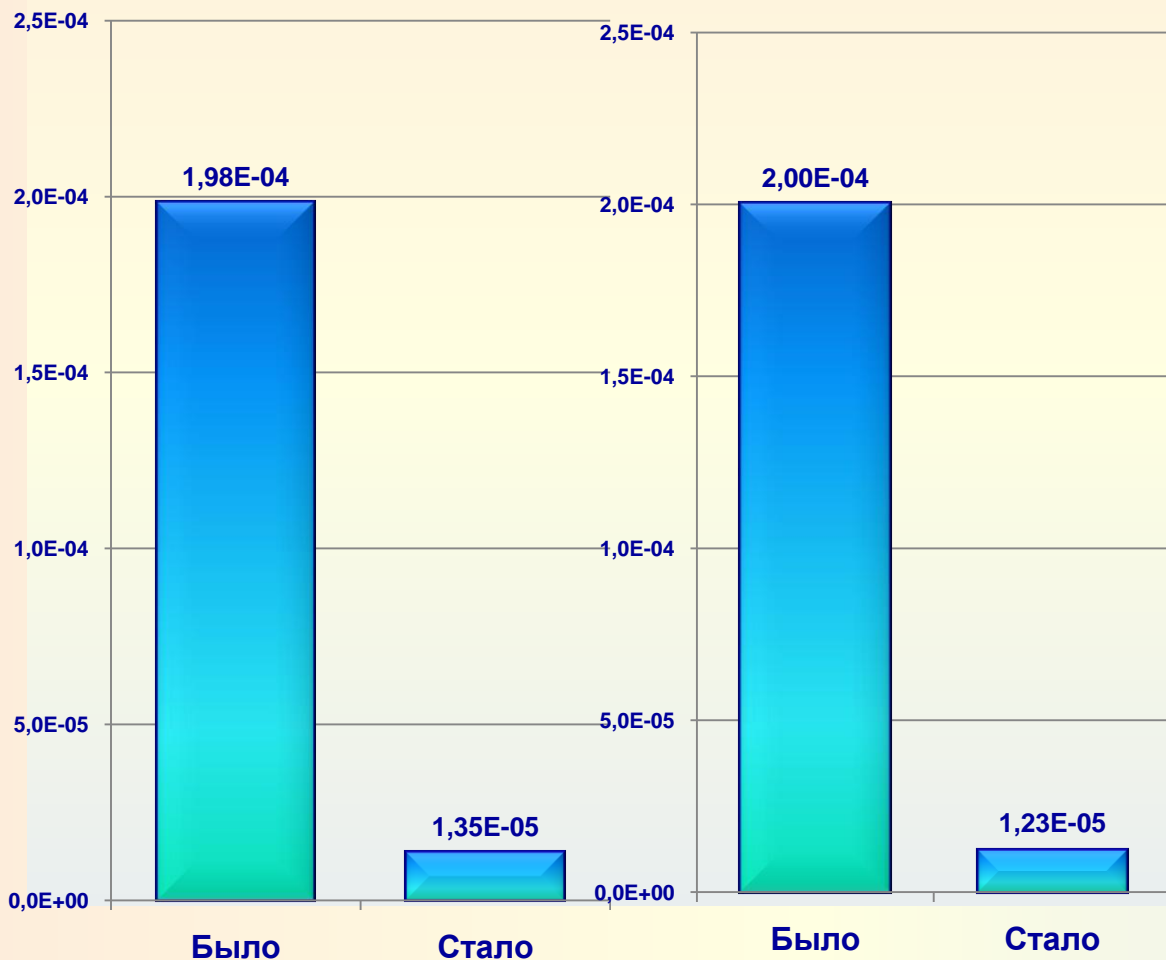
# Энергоблоки №3,4 Ленинградской АС (РБМК-1000)

## Энергоблок №3

## Энергоблок №4

## Энергоблоки №3,4

Вероятность тяжелого повреждения активной зоны



# Целевая модернизация при продлении срока

## Энергоблок №3 Кольской АС (ВВЭР-440/В-213)

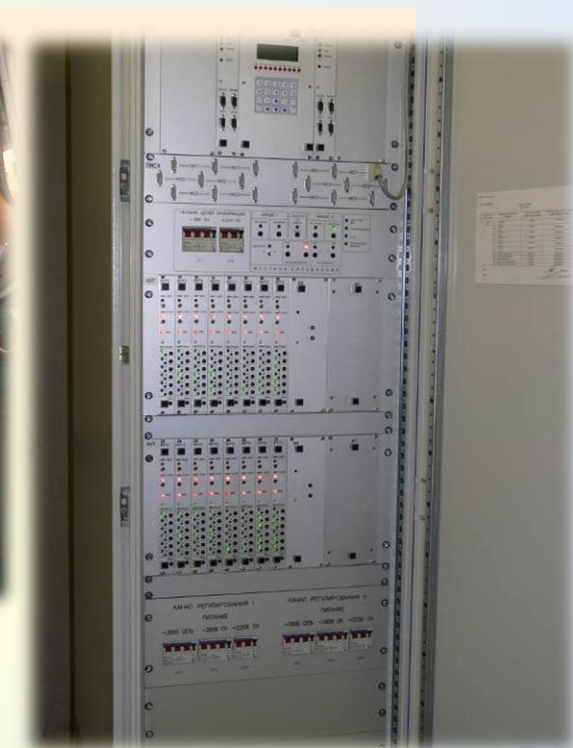
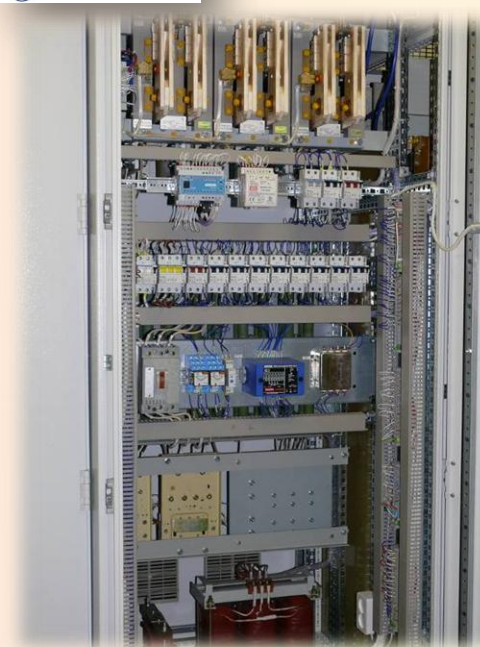
- Модернизация управляющих систем безопасности и систем контроля и управления реактора с внедрением программно-технического комплекса (AREVA)
- Модернизация системы аварийного электроснабжения: замена аккумуляторных батарей, щита постоянного тока, автоматики ступенчатого нагружения дизель-генератора
- Модернизация системы технической воды для исключения отказа по общей причине (географическое разделение и резервирование насосов)
- Внедрение системы водородной взрывобезопасности
- Внедрение систем газового пожаротушения в помещениях систем управления и защиты энергоблока
- Замена системы возбуждения турбогенераторов на цифровые



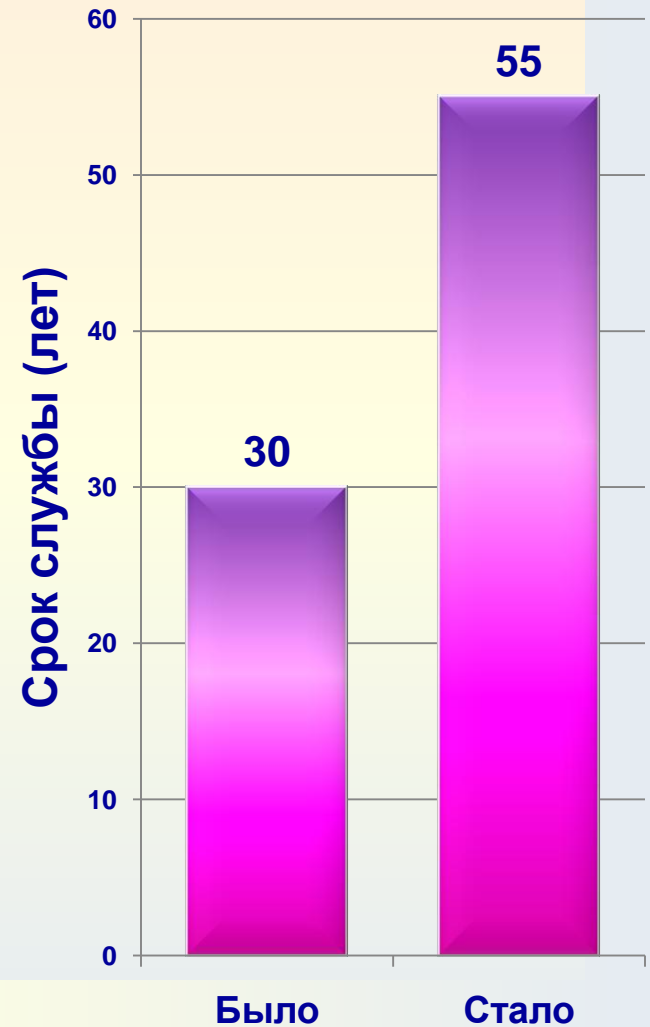
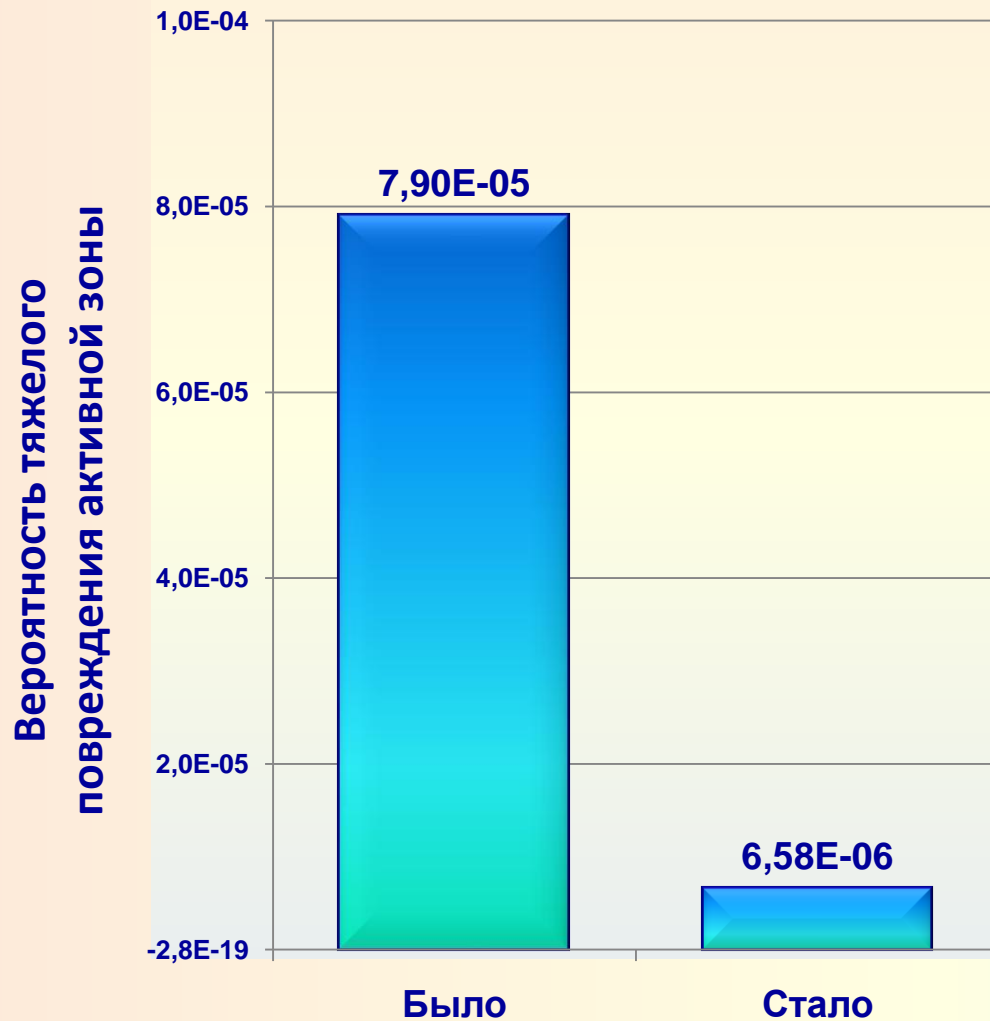
# БЩУ, блок 3 Кольская АЭС



# Новая система возбуждения ТГ, блок 3 Кольская АЭС



# Энергоблок №3 Кольской АС (ВВЭР-440/В-213)



# Целевая модернизация при продлении срока

## Энергоблок №3 Белоярской АС (БН-600)

- ➔ **Модернизация систем контроля, управления и защиты реактора с внедрением 2-го комплекта аппаратуры АЗ**
- ➔ **Создание резервного пункта управления**
- ➔ **Замена модулей парогенераторов**
- ➔ **Модернизация щитов постоянного тока, шкафов преобразователей тока системы аварийного электроснабжения**
- ➔ **Модернизация распределительных устройств системы электроснабжения собственных нужд**
- ➔ **Модернизация системы радиационного контроля**

# Выполнение мероприятий по повышению безопасности энергоблока №3 Белоярской АС

**Второй комплект АЗ и Резервный пункт управления энергоблока**



**Второй комплект АЗ по нейтронным и технологическим параметрам**



**Резервный пункт управления энергоблока**

# Выполнение мероприятий по повышению безопасности энергоблока №3 Белоярской АС (продолжение)

## 3 канал САЭ-1

Шкафы преобразователей  
тока – выпрямителя и  
инвертора



Щит постоянного тока  
ЩПТ-3Д



Распределительное  
устройство 0,4 кВ 6НН-1

# Выполнение мероприятий по повышению безопасности энергоблока №3 Белоярской АС (продолжение)



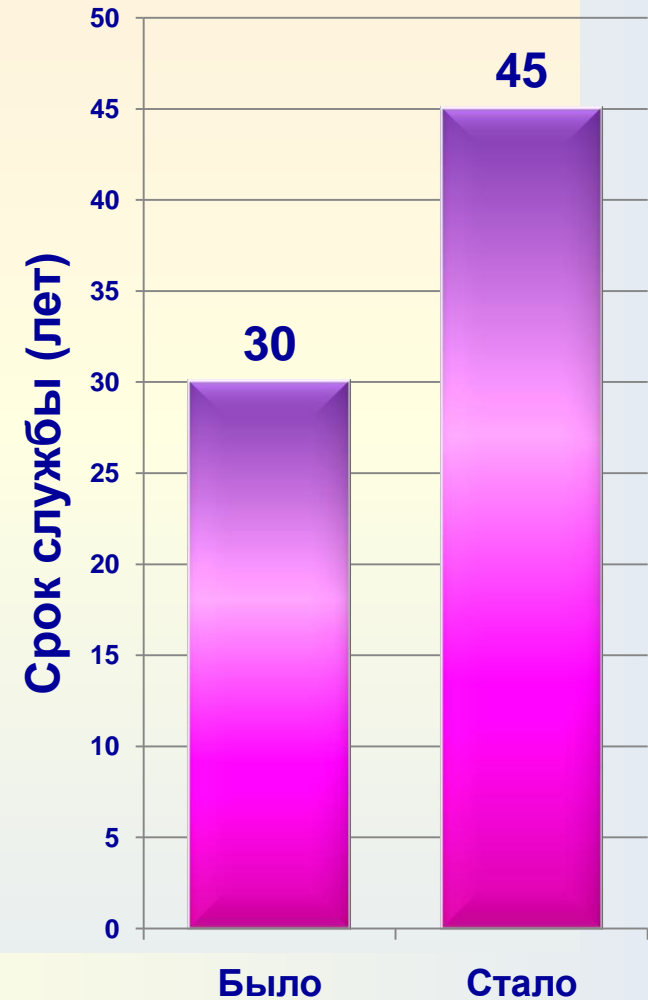
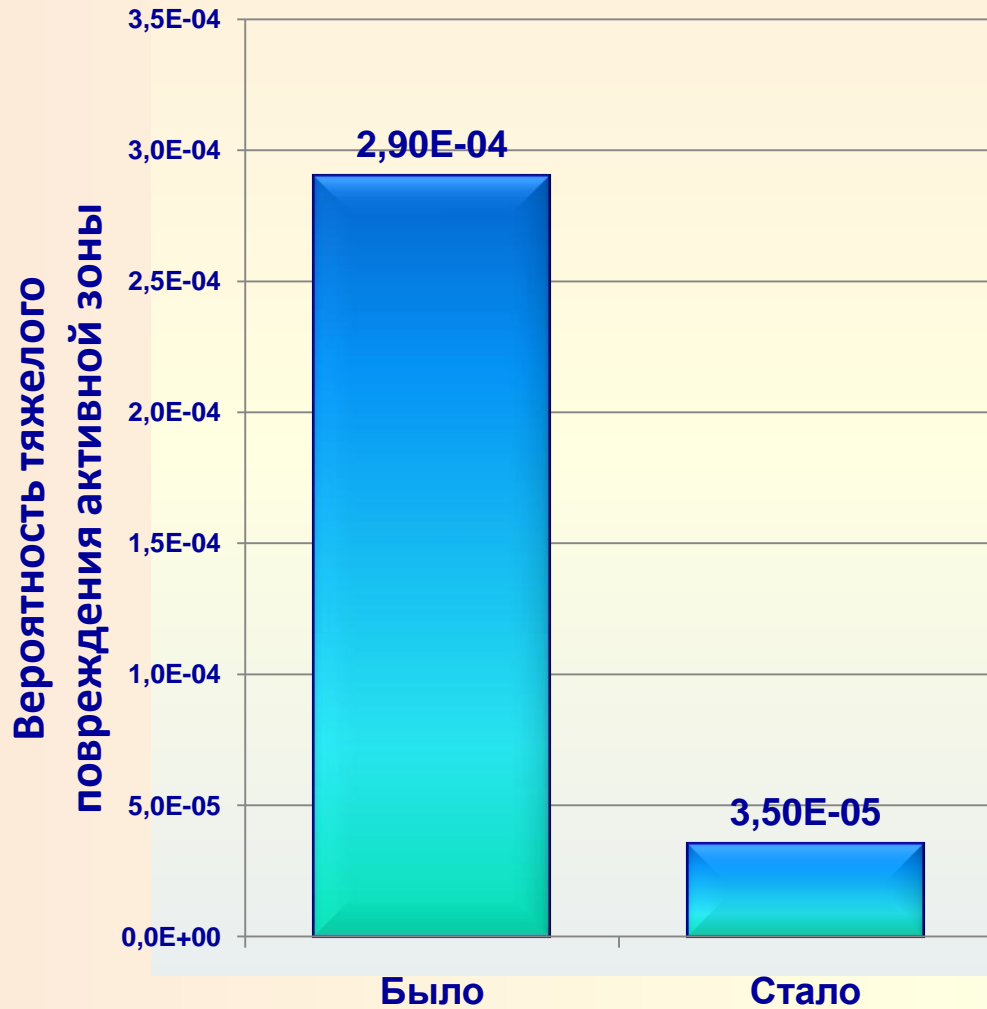
**Радиометр загрязненных  
поверхностей РЗБА «Позитрон»**

## Модернизированная СРК

### Щит дозиметрического

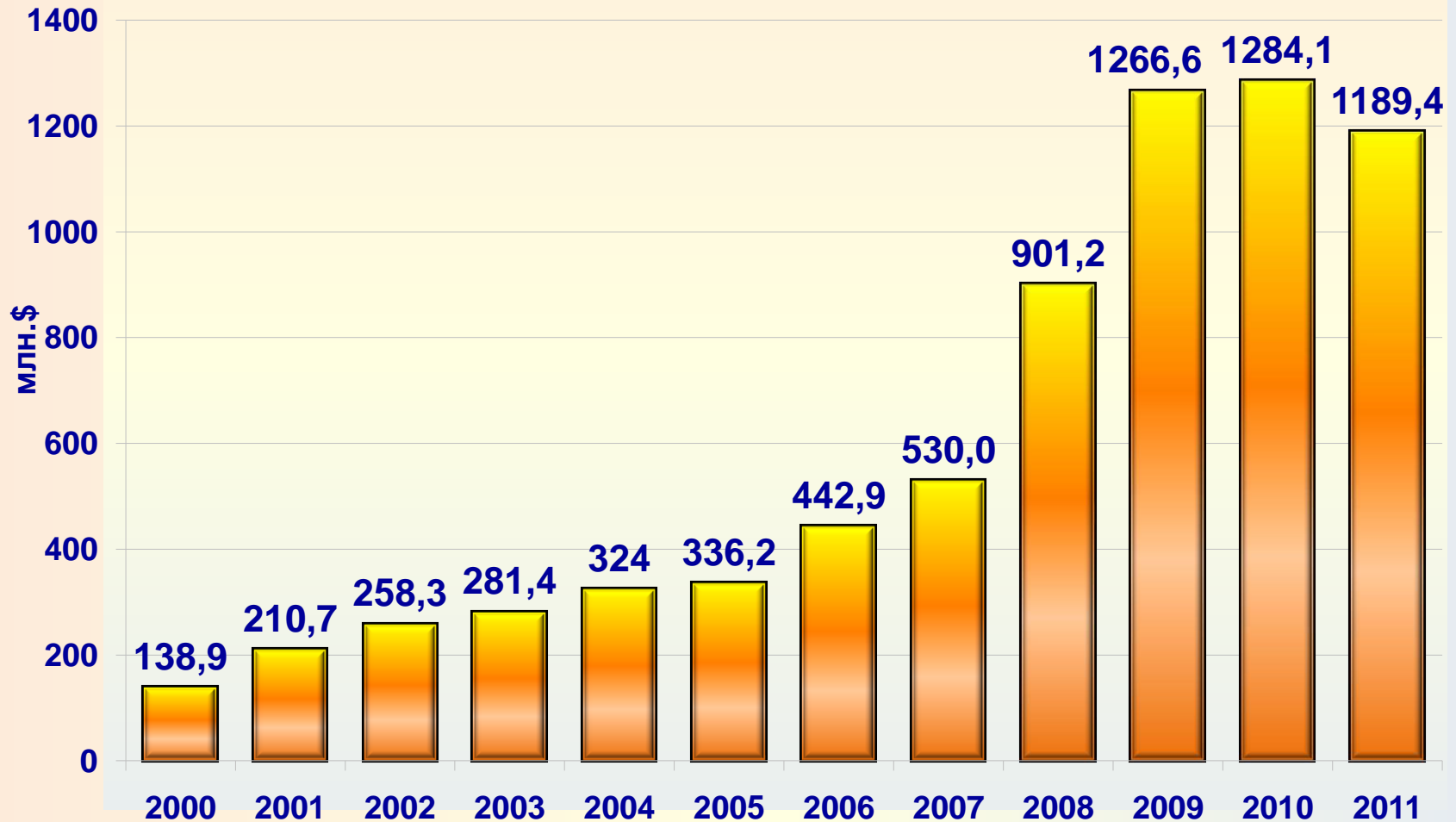


# Энергоблок №3 Белоярской АС (БН-600)





# Затраты на модернизацию АС



# Перспективы развития топлива ВВЭР

- **Дальнейшее увеличение содержания урана-235 в топливе ВВЭР за счет повышения обогащения топлива свыше 5% (до 7%) на базе топливных таблеток 7,6/1,2 мм.**
- **Дальнейшее совершенствование топливных циклов:**
  - ➔ **улучшение показателей 18-ти месячного топливного цикла;**
  - ➔ **разработка смешанных топливных циклов;**
  - ➔ **обоснование применения эрбия в качестве выгорающего поглотителя.**

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЦЕЛИ ОАО «КОНЦЕРН «РОСЭНЕРГОАТОМ» ПО ПРИМЕНЕНИЮ МОХ-ТОПЛИВА В РЕАКТОРАХ БН И ВВЭР-ТОИ**

- **Ускоренное создание замкнутого топливного цикла для улучшения топливоиспользования путем замещения урана-235 плутонием при расширенном его воспроизводстве на базе реакторов на быстрых нейтронах.  
ОАО «Концерн Росэнергоатом» признал эту цель доминантной в стратегии развития.**
- **В планах:**
  - **Испытания в обоснование применения МОХ-топлива – 2016 г.;**
  - **Проектирование и создание единого производства таблеточного МОХ-топлива для реакторов ВВЭР-ТОИ и БН с 2012 по 2018 гг.**

# Внедрение робототехники для решения задач эксплуатации

Разработана и реализована на энергоблоке №1 ЛАЭС альтернативная технология восстановления телескопического соединения тракта (ТСТ) металлоконструкции и графитовой колонны.

Достигнутые эффекты:

- ↪ снижение стоимости восстановления ТСТ 1-й ячейки ТК в три раза (в сравнении с традиционным способом);
- ↪ исключение образования высокоактивных ТРО;
- ↪ сокращение дозовых нагрузок на персонал в 200 раз;
- ↪ повышение производительности восстановления ТСТ в 3 раза



Робототехнический комплекс для доставки и установки устройств



# Обращение с ОЯТ

**В соответствии с «Программой создания инфраструктуры и обращения с ОЯТ на 2011-2020 годы и на период до 2030 года» планируется:**

- **завершить сооружение комплекса разделки ОТВСЮ начать вывоз ОЯТ на ФГУП «ГХК»:**
  - ➔ Ленинградская АЭС 2012 год,
  - ➔ Курская АЭС 2013 год,
  - ➔ Смоленская АЭС 2015 год;
- **начать отправку некондиционных ОТВС РБМК на переработку на ФГУП «ПО Маяк» в 2013 года.**



# Выполнение работ по разделке ОТВС РБМК и отправке в ФГУП «ГХК»

В декабре 2011 года на Ленинградской АЭС начат этап пусконаладочных работ под нагрузкой с разделкой ОТВС на пучки твэлов (ПТ) и загрузкой контейнеров ТУК-109.

В готовности к загрузке ОЯТ 48 контейнеров ТУК-109



# Вывоз ОЯТ РБМК с АЭС

- ➔ В марте 2012 года с Ленинградской АЭС в хранилище ФУП «ГХК» отправлен первый опытный эшелон в составе 2 ТУК-109, загруженных ОЯТ РБМК. Ведутся работы по загрузке контейнеров второго эшелона.
- ➔ Всего в 2012 году планируется отправка трех эшелонов из 8 ТУК каждый

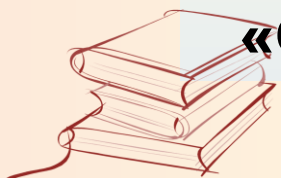
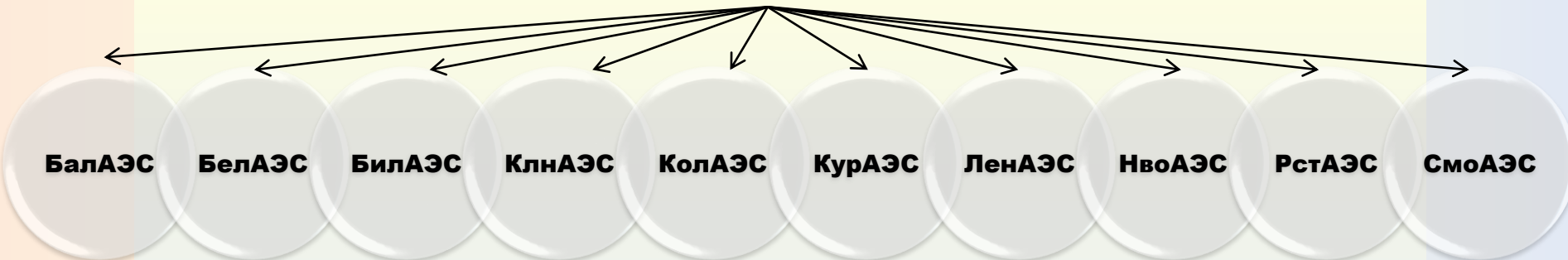
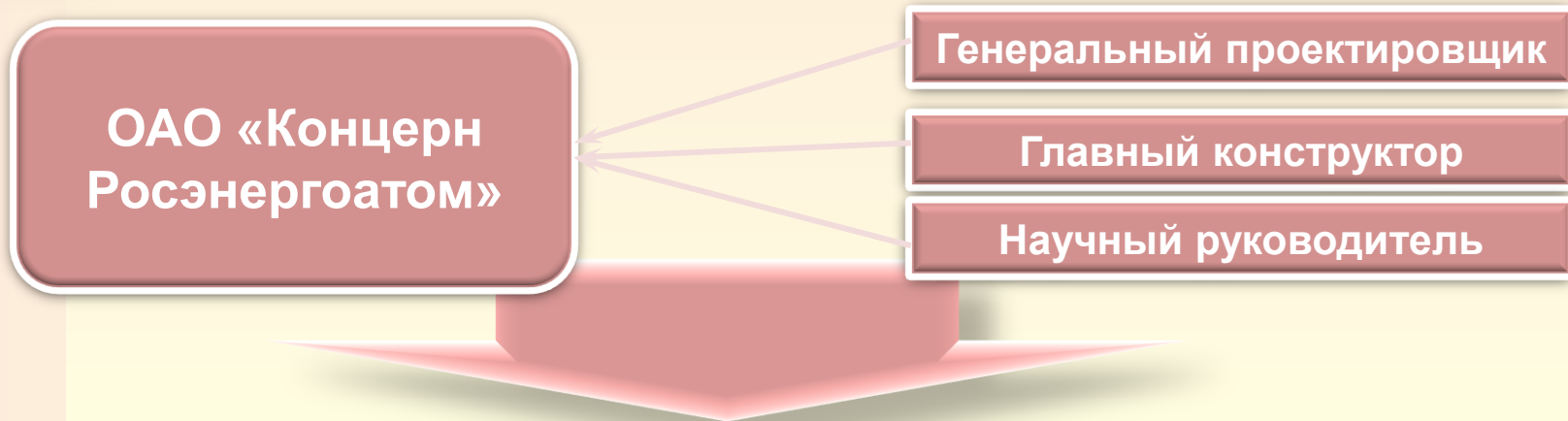


# Выполнение пост-фукусимских оценок и проверок безопасности АС

- ➔ **Выполнена углубленная оценка безопасности с использованием современных расчетных кодов, и перевыпущены обоснования безопасности:**
  - ➔ **всех действующих энергоблоков АС с реакторами РБМК-1000 и реакторами ВВЭР-440 первого поколения**
  - ➔ **всех энергоблоков Билибинской АС**
  - ➔ **энергоблока № 3 Белоярской АС**
- ➔ **Ведутся работы по углубленной оценке безопасности энергоблоков АС с реакторами ВВЭР и РБМК второго и третьего поколений**



# Организация проведения совместного с Ростехнадзором анализа устойчивости АЭС



**«Отчёты о проведении анализа безопасности АЭС при экстремальных внешних воздействиях»**

# Результаты анализа устойчивости АЭС

1



За последние 10 – 15 лет проведена модернизация, направленная на повышение безопасности АЭС

2



Выявлены уязвимые места и перечень гипотетических исходных событий для каждой АЭС

3



Требуется реализация дополнительных мер по повышению живучести АЭС

4



В проектах АЭС рассмотрены меры не на все запроектные исходные события

⇒ Потери всех источников отвода тепла от реакторной установки

⇒ Полной и длительной (более 10 суток) потери связи АЭС с внешними источниками энергоснабжения

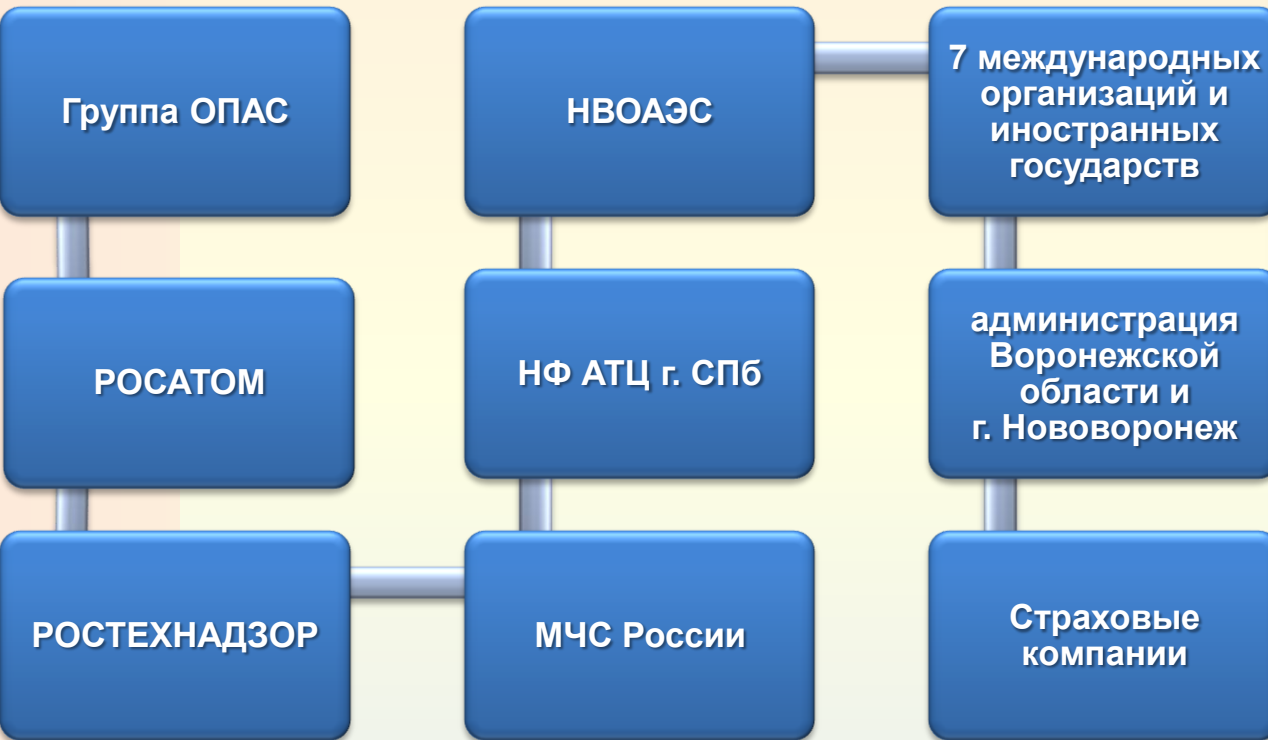
⇒ Наложение 2-х и более отказов, не зависящих от исходного события

# Значимые события

## Комплексное противоаварийное учение с группой ОПАС на Нововоронежской АЭС

### 9-11 ноября

#### В КПУ приняли участие



**В ходе КПУ была успешно проверена готовность к действиям при экстремальных воздействиях на АЭС, приводящих к потере электроснабжения собственных нужд и подачи охлаждающей воды, с учётом проведённых стресс-тестов и уроков аварии на АЭС «Фукусима-1».**

# Результаты партнерской проверки ВАО АЭС

- ▶ Оборудование и ресурсы, которыми располагает ОАО «Концерн Росэнергоатом», обеспечивают серьезную поддержку для выполнения действий по противоаварийному реагированию;
- ▶ После аварии на АЭС «Фукусима» были предприняты активные действия в области противоаварийной готовности и противоаварийных тренировок в целях обеспечения готовности ОАО «Концерн Росэнергоатом» к действиям в условиях запроектной аварии.

# Миссии OSART в России

По просьбе Правительства Российской Федерации международными экспертами МАГАТЭ были проведены миссии OSART по проверке эксплуатационной безопасности на российских АЭС:



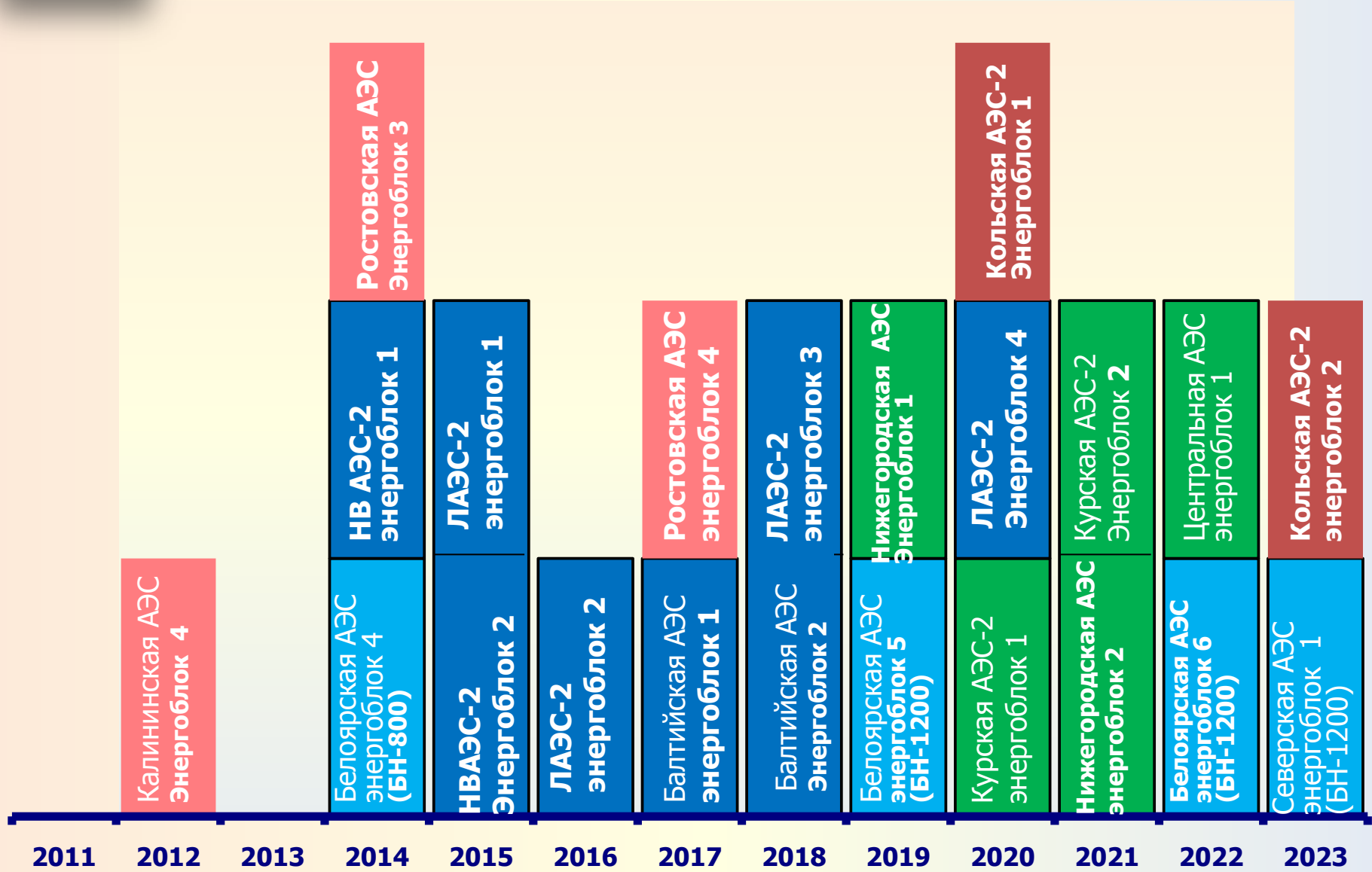
# Проведение миссии OSART на Смоленской АЭС. Основные результаты

	Область проверки	Рекомендации	Предложения	Положительная практика
1	Управление, организация и администрирование		2	
2	Обучение и квалификация			1
3	Эксплуатация		3	1
4	Техническое обслуживание	1	1	2
5	Техническая поддержка	1	1	1
6	Опыт эксплуатации		1	2
7	Радиационная защита		2	2
8	Химия			1
	<b>Всего:</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

# Сооружаемые АЭС – текущее состояние

- ➔ **Достройка АЭС с ВВЭР-1000:**
  - Ростовская АЭС, энергоблок 3, 4
  - Калининская АЭС, энергоблок 4 (освоение мощности)
- ➔ **Сооружение АЭС по проекту АЭС-2006:**
  - НВАЭС-2, энергоблоки 1 и 2
  - ЛАЭС-2, энергоблоки 1 и 2
- ➔ **Сооружение АЭС с реактором БН-800:**
  - Белоярская АЭС, энергоблок 4
- ➔ **Сооружение плавучей АТЭС с реактором КЛТ-40 (Вилючинск)**

# Дорожная карта АЭС России





# Сооружение новых энергоблоков

## Белоярская – 4



# Сооружение новых энергоблоков Нововоронежская АЭС-2



# Сооружение новых энергоблоков Ленинградская АЭС-2



# Сооружение новых энергоблоков Ростовская АЭС, энергоблоки 3 и 4



# Сооружение новых энергоблоков Балтийская АЭС



# АЭС ВВЭР-ТОИ

## Защита от внешних воздействий

### УРАГАНЫ, СМЕРЧИ

Расчетная максимальная скорость ветра 56 м/с (срываются крыши домов, крупные деревья вырываются с корнем, опрокидываются ж/д вагоны, сносятся автомобили с шоссе)

### УДАРНАЯ ВОЛНА

с давлением во фронте 30 кПа



### СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

БАЗОВЫЙ ВАРИАНТ:

МРЗ – 7 баллов по шкале MSK-64

ПЗ – 6 баллов

ОПЦИЯ:

МРЗ – 9 баллов по шкале MSK-64

ПЗ – 8 баллов

### ПАДЕНИЕ САМОЛЕТА

БАЗОВЫЙ ВАРИАНТ:

20.0 тонн со скоростью 200 м/с

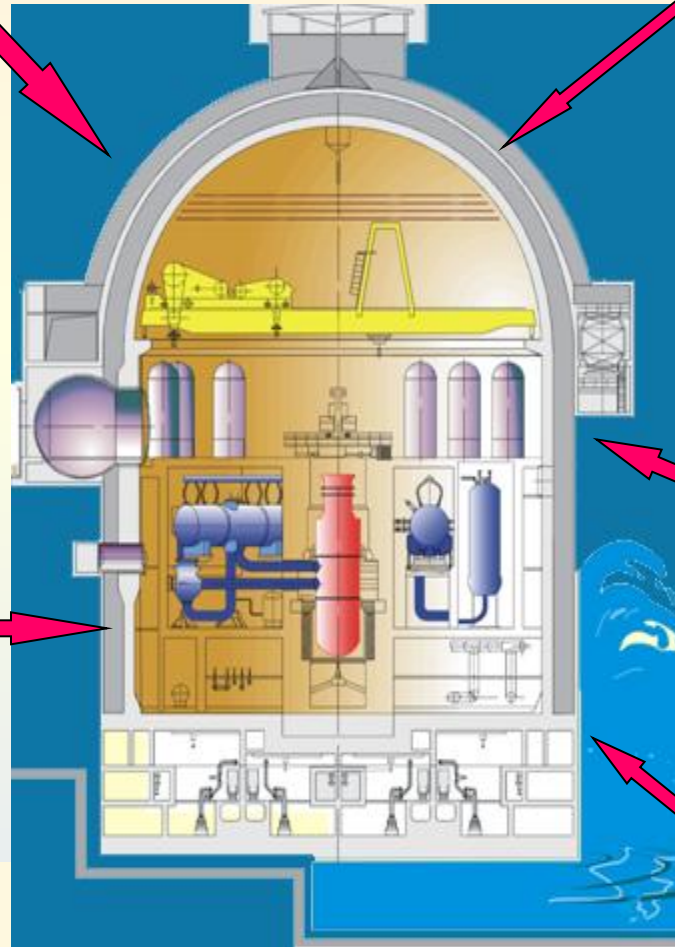
ОПЦИЯ: 400,0 тонн



### НАВОДНЕНИЯ, ШТОРМЫ

Применительно к условиям конкретной площадки

### ДЛИТЕЛЬНАЯ ПОТЕРЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ПОДАЧИ ВОДЫ



# Заключение

- ✓ **Руководством и коллективом ОАО «Концерн Росэнергоатом» обеспечена безопасная эксплуатация энергоблоков АЭС России**
- ✓ **ОАО «Концерн Росэнергоатом» доказана способность адекватно, быстро и эффективно реагировать на новые вызовы в области безопасной эксплуатации АЭС**
- ✓ **Система обеспечения безопасности российских АЭС, основанная на концепции глубокоэшелонированной защиты, не нуждается в пересмотре и является основой технической политики эксплуатирующей организации ОАО «Концерн Росэнергоатом»**
- ✓ **ОАО «Концерн Росэнергоатом» в полной мере обеспечивает выполнение полномочий и ответственности эксплуатирующей организации, определенных законодательством Российской Федерации в области использования атомной энергии**