

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

ИБРАЭ РАН

Россия, 115191, Москва, ул. Большая Тульская, д. 52 (E-mail: pbl@ibrae.ac.ru)

Ядерное общество России
*«К 30-летию аварии на ЧАЭС:
эволюция безопасности»*

Безопасность и экология атомной энергетики

Л.А. Большов,
директор ИБРАЭ РАН

Москва, НИЦ «Курчатовский институт»,
25 апреля 2016 г.

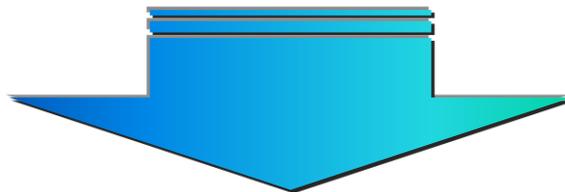
Оценка причин и последствий аварии на ЧАЭС

СССР/Россия

Минздрав
Минсредмаш
АН СССР/РАН
МЧС
Росатом
Росэнергоатом
Минсельхоз и др.

Мировое сообщество

МКРЗ
ВОЗ
ФАО
МАГАТЭ
АЯЭ ОЭСР
Европейская Комиссия
ПРООН и др.



Последствия для здоровья населения ограничены

Последствия для страны и мировой энергетики глобальны

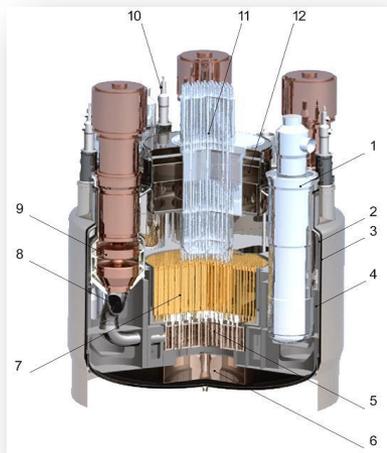
Медицинские последствия аварии на ЧАЭС

- **28 смертей из 134 заболевших острой лучевой болезнью** (пожарные и работники ЧАЭС);
- **99 из 993 случаев рака щитовидной железы** у детей (на момент аварии), выявленных в 4-х областях России, 1 смерть, остальные вылечены;

Смертность ликвидаторов соответствует контрольному уровню по России

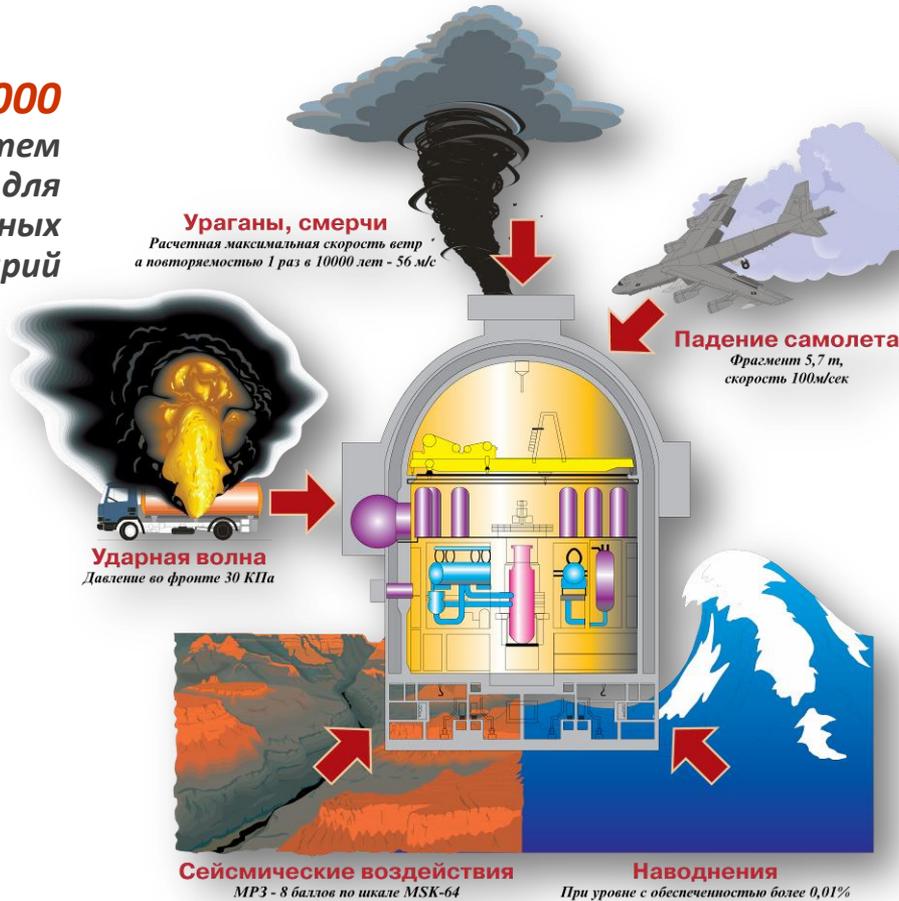
Новое для безопасности ядерных установок (ЧАЭС, Фукусима)

- Культура безопасности, независимый регулятор, ответственность оператора
- Модернизация действующих установок
- Расчеты и эксперименты за пределами проектных режимов
- Создание новых систем безопасности (ловушка расплава, двойная оболочка...)
- Новые принципов обеспечения безопасности (естественная безопасность)



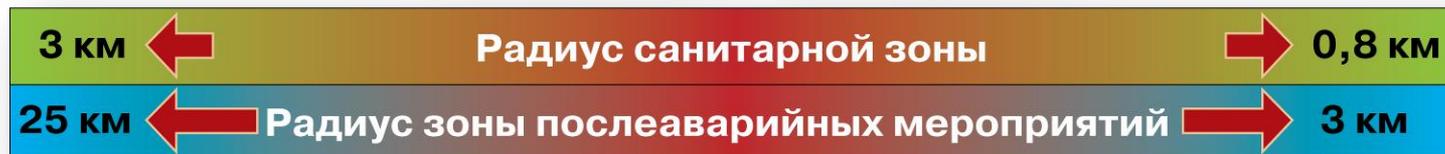
Обеспечение современного уровня безопасности, учет внешних воздействий

АЭС с ВВЭР-1000
Использование систем безопасности для преодоления проектных аварий



АЭС-2006 (ВВЭР-1200)

Применение пассивных средств в системах безопасности – воздушный СПОТ.
Применение средств управления запроектными авариями – вторая оболочка, ловушка расплава



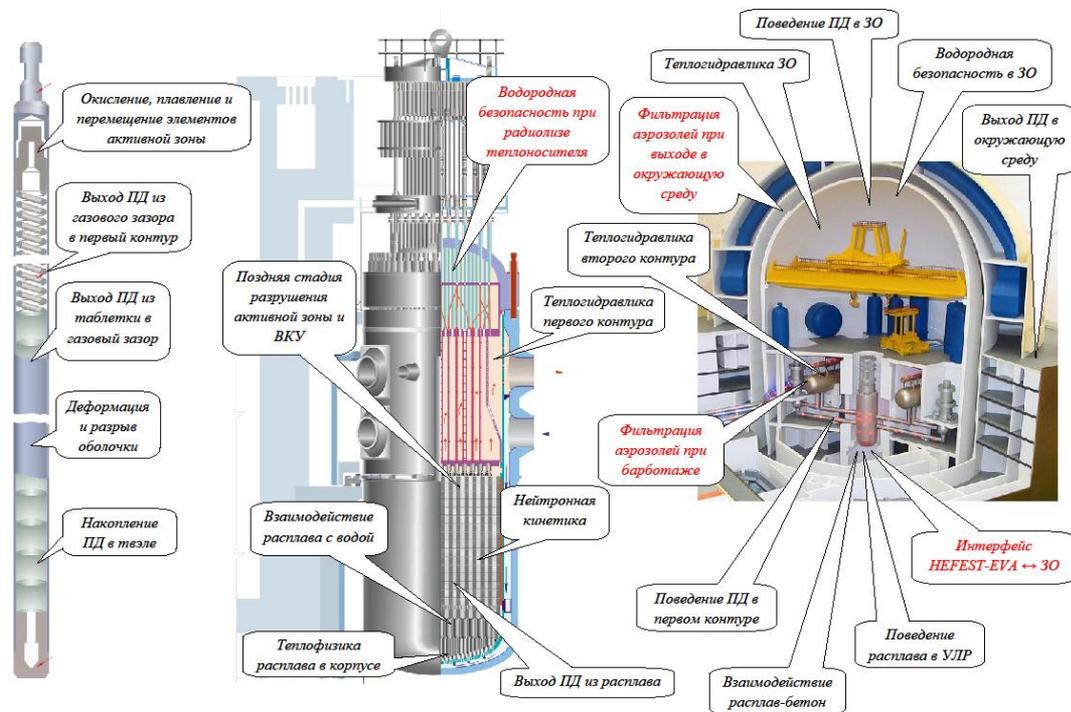
Моделирование – основной инструмент исключения тяжелых аварий

Российский код СОКРАТ – один из лучших в мире тяжелоаварийных кодов

Расчетный код СОКРАТ:
моделирование аварийных
процессов от исходного события
до выхода активности за пределы
защитной оболочки.

Ключевые задачи:

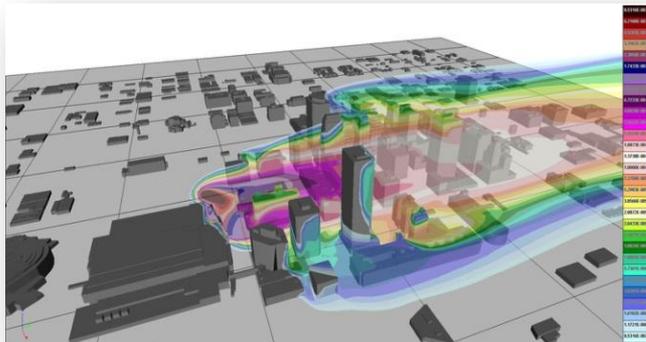
- Обоснование водородной безопасности для АЭС.
- Обоснование исходных данных для проектирования устройства локализации расплава (УЛР) АЭС-2006.
- Обоснование радиационной безопасности.



Разработчики: ИБРАЭ РАН, ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, РИЦ «Курчатовский институт»,
ОАО СПБАЭП, ГИЦ РФ-ФЭИ, ОАО «ЭНИЦ», ОКБ «Гидропресс», ОКБМ

Радиационный контроль и аварийное реагирование

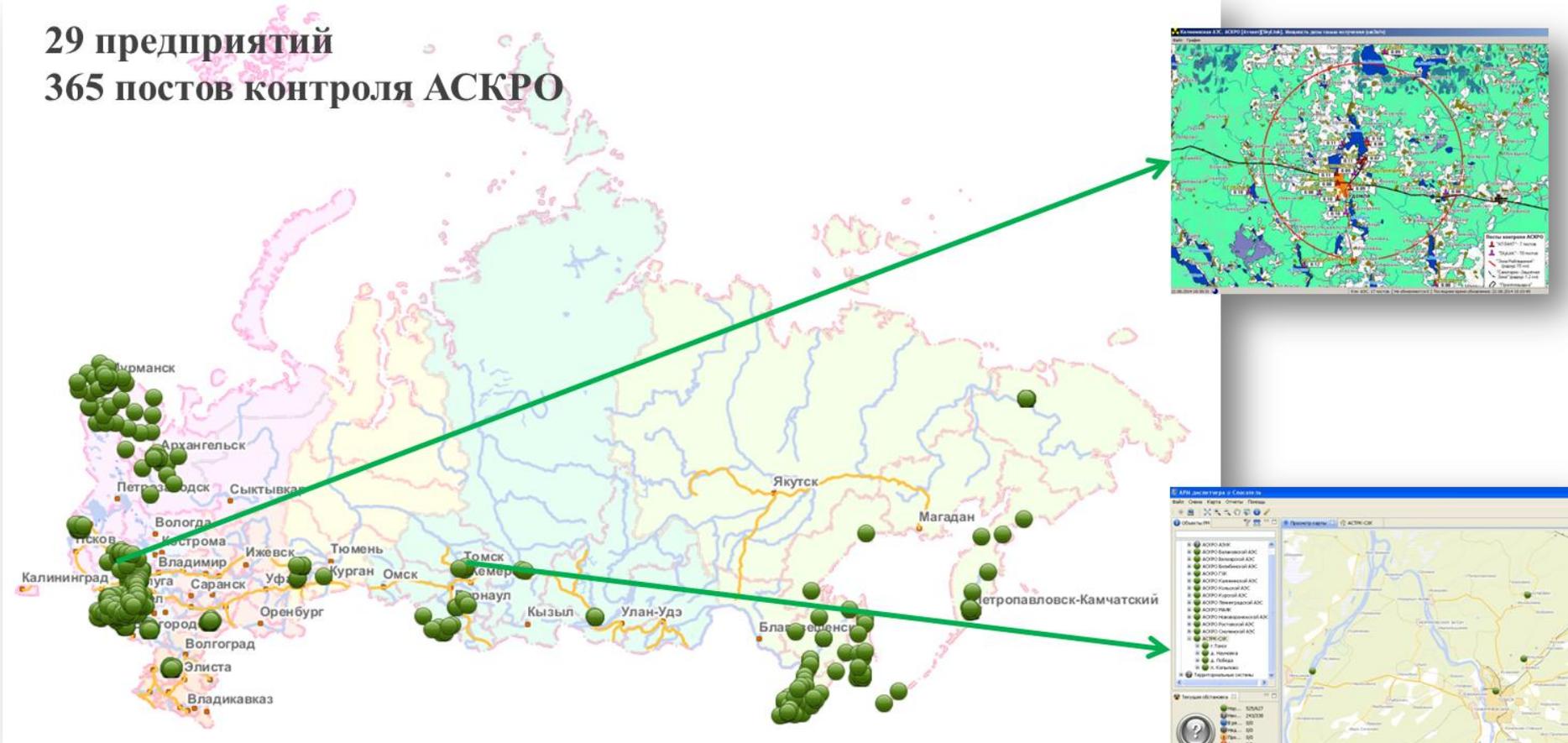
- Высокоорганизованная межведомственная система готовности к реагированию на угрозы радиационного характера
- Автоматизированные ведомственные и территориальные системы радиационного мониторинга
- Высокоскоростные резервируемые системы связи, оповещения, специальная техника, высокотехнологичное оборудование
- Система центров научно-технической поддержки, программно-аппаратные средства оперативной оценки, анализа, прогноза ситуации, экспертиза
- Профессиональные аварийно-спасательные службы министерств и ведомств



Отраслевая автоматизированная система контроля радиационной обстановки

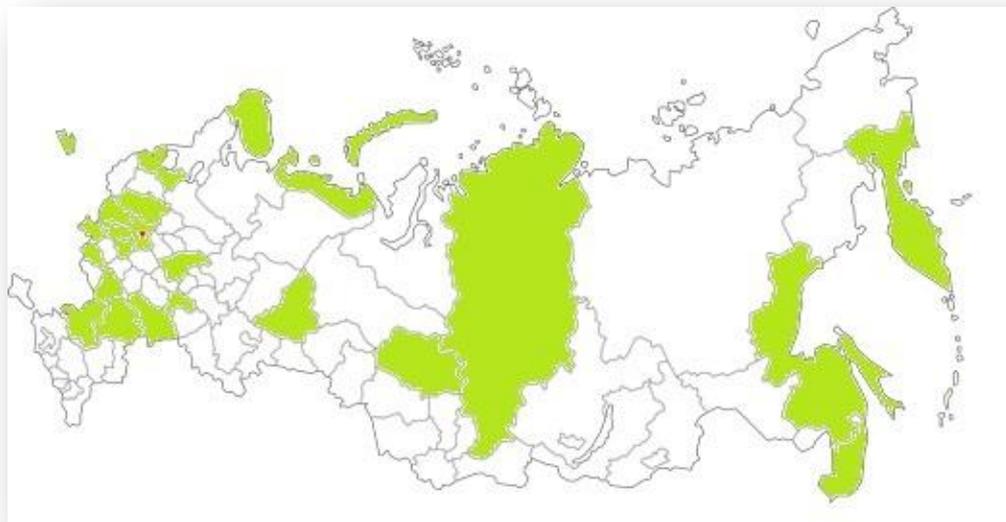
www.russianatom.ru

29 предприятий
365 постов контроля АСКРО



Территориальные системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования

Созданы в период с 2006 по 2015 годы совместно с Росгидрометом, МЧС России, Госкорпорацией «Росатом», РАН, администрациями территорий в субъектах Российской Федерации



Система КСМ ЗН охватывает территории, на которых проживает 60 млн. человек, и замыкается на НЦУКС

Объем работ:

Создание кризисных центров;

Создание территориальных АСКРО;

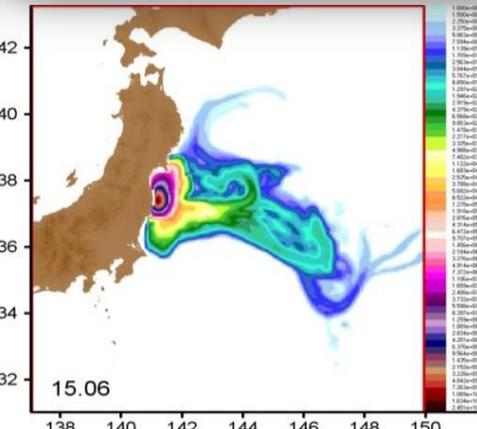
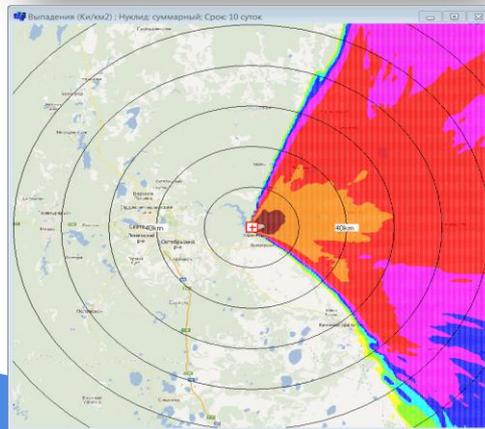
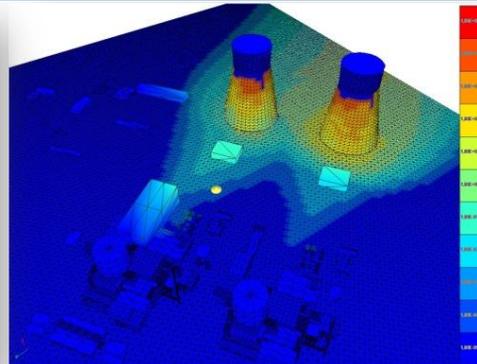
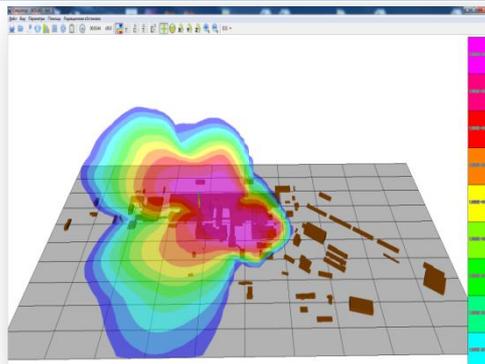
Адаптация программно-технических средств оценки, анализа и прогноза радиационной обстановки;

Создание передвижных радиометрических лабораторий;

Проведение учений и тренировок.

1. Москва
2. Архангельская область
3. Брянская область
4. Волгоградская область
5. Воронежская область
6. Калининградская область
7. Калужская область
8. Камчатская область
9. Красноярский край
10. Курская область
11. Ленинградская область
12. Московская область
13. Мурманская область
14. Нижегородская область
15. Приморский край
16. Ростовская область
17. Саратовская область
18. Сахалинская область
19. Свердловская область
20. Смоленская область
21. Тверская область
22. Томская область
23. Тульская область
24. Ульяновская область
25. Хабаровский край

Программно-технические комплексы (ПТК) для оценки и анализа последствий аварий



- Комплекс современных моделей
- Эффективные численные алгоритмы
- Базы данных и знаний



Анализ и прогноз



- Развитие возможных инцидентов и аварий на ЯРОО
- Распространения радиоактивности в воздухе, воде, почве
- Параметры радиационной обстановки
- Дозы облучения населения
- Рекомендации по реагированию и мерам защиты населения, территорий и минимизации последствий аварий

Анализ аварии на АЭС «Фукусима-1»

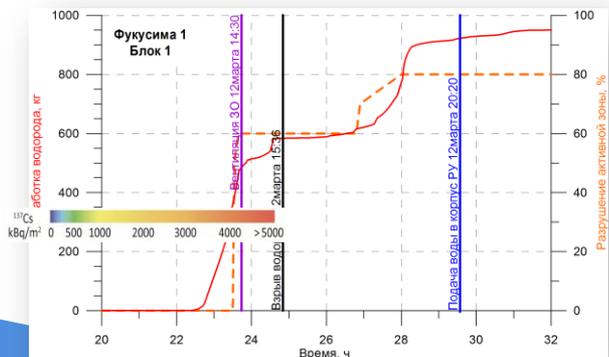
Готовность российской системы аварийного реагирования к быстрому развитию событий:

Менее чем за сутки:

- Подготовлены исходные данные для реакторной установки на АЭС «Фукусима-1» (BWR).
- Оценены времена и количество образовавшегося водорода и дан прогноз по динамике развития аварии.
- Оценены выходы продуктов деления.
- Подготовлены исходные данные и выполнено моделирование атмосферного переноса.

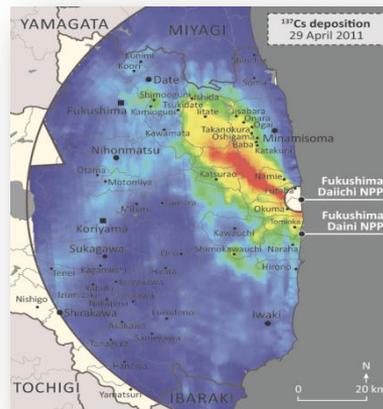
Оценка времени взрыва водорода на АЭС «Фукусима-1»

№ блока	Расчетное время взрыва	Фактическое время взрыва
Блок 1	12.03 15:16	12.03 15:36
Блок 2	15.03 05:45	15.03 06:14



№ блока	Активность выброса, Кюри		
	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs
1	$1,68 \cdot 10^7$ (выход через 31.2 часа)	$0,5 \cdot 10^7$ (выход через 35.5 часа)	$0,35 \cdot 10^7$ (выход через 35.5 часа)
2	$0,47 \cdot 10^8$ (выход через 77.3 часа)	$2,24 \cdot 10^7$ (выход через 84 часа)	$1,3 \cdot 10^7$ (выход через 84 часа)
3	$0,27 \cdot 10^8$ (выход через 60 часов)	$1,14 \cdot 10^7$ (выход через 62.4 часа)	$0,65 \cdot 10^7$ (выход через 62.4 часа)

Оценка плотности выпадений Cs-137



Результаты радиационной разведки МЭХТ, Япония (2011), Максимум - 15.5 МБк/м²



Моделирование ИБРАЭ (2011), Максимум – 70.0 МБк/м²

Реагирование на инцидент на ОАО «ЭЗТМ» (г. Электросталь)

Оперативному дежурному МЧС России

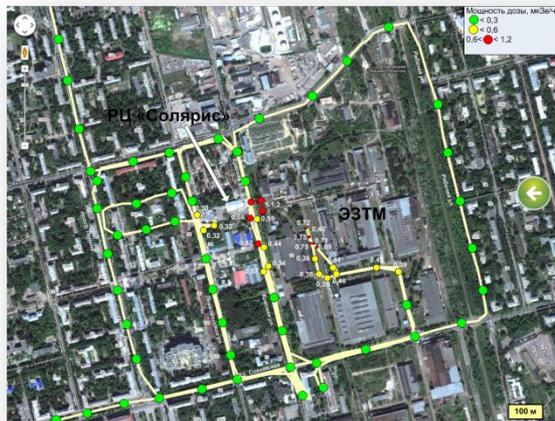
14/04/13

СПРАВКА

20:10

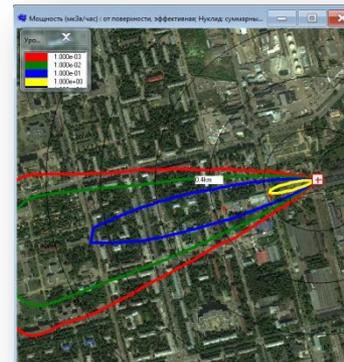
14 апреля 2013 года мобильная группа Центра научно-технической поддержки ИБРАЭ РАН по согласованию с ГУ МЧС России по Московской области и руководством ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения» выехала из ИБРАЭ РАН для проведения дозиметрического обследования в направлении ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения» (г.Электросталь, ул.Красная, 19) в 9-30 утра.

...

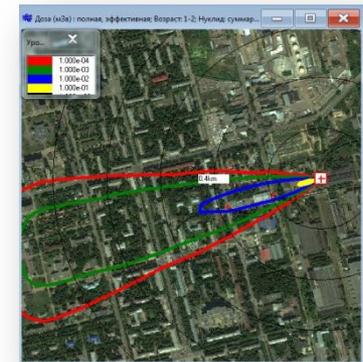


Результаты измерения мощности дозы в городе Электросталь

Результаты моделирования радиационной обстановки



Расчетная мощность дозы от поверхности, мкЗв/ч



Полная эффективная доза за 8 часов нахождения на открытой местности, мЗв (синий контур – от 0,01 до 0,1 мЗв)

Выводы

В результате загрязнения, связанного с инцидентом на площадке ОАО «ЭЗТМ» сколь-либо значимых рисков для здоровья населения нет.

Безопасная работа персонала завода потребует реализации мер по обеспечению радиационной безопасности, прежде всего в части инструментального цеха, прилегающей к аварийному объекту в соответствии с решениями Роспотребнадзора.

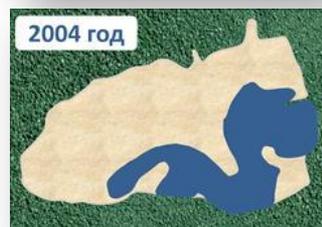
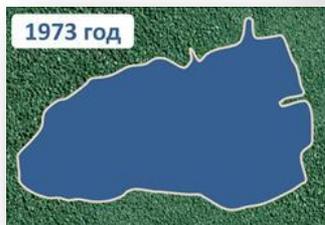
Развертывание работ по ядерному наследию

- Государственные программы по утилизации АПЛ и реабилитации БТБ – с 2000 года
- Комплексный план мероприятий по обеспечению решения экологических проблем, связанных с текущей и прошлой деятельностью ФГУП «ПО Маяк», 2003 г.
- ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года»
- ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-20120 годы и на период до 2030 года»

Закрытие акватории «Карачая»



- Начало эксплуатации – 1951 г.
- Накоплено $4 \cdot 10^{18}$ Бк (100 МКи)
- Работы по закрытию продолжались более 40 лет



Стратегический Мастер-план решения проблем Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО «Маяк»

В ТКВ накоплено: 360 млн м³ радиоактивных отходов

Неизбежный прорыв плотины с последующей крупной радиационной аварией



30 тыс. га затопленной территории:
 10 тыс. га – лесные угодья,
 20 тыс. га – сельхозугодья;
 200 км автодорог;
 В зону затопления попадают около 62 тыс. человек
 Затраты на ликвидацию > 10 млрд руб.

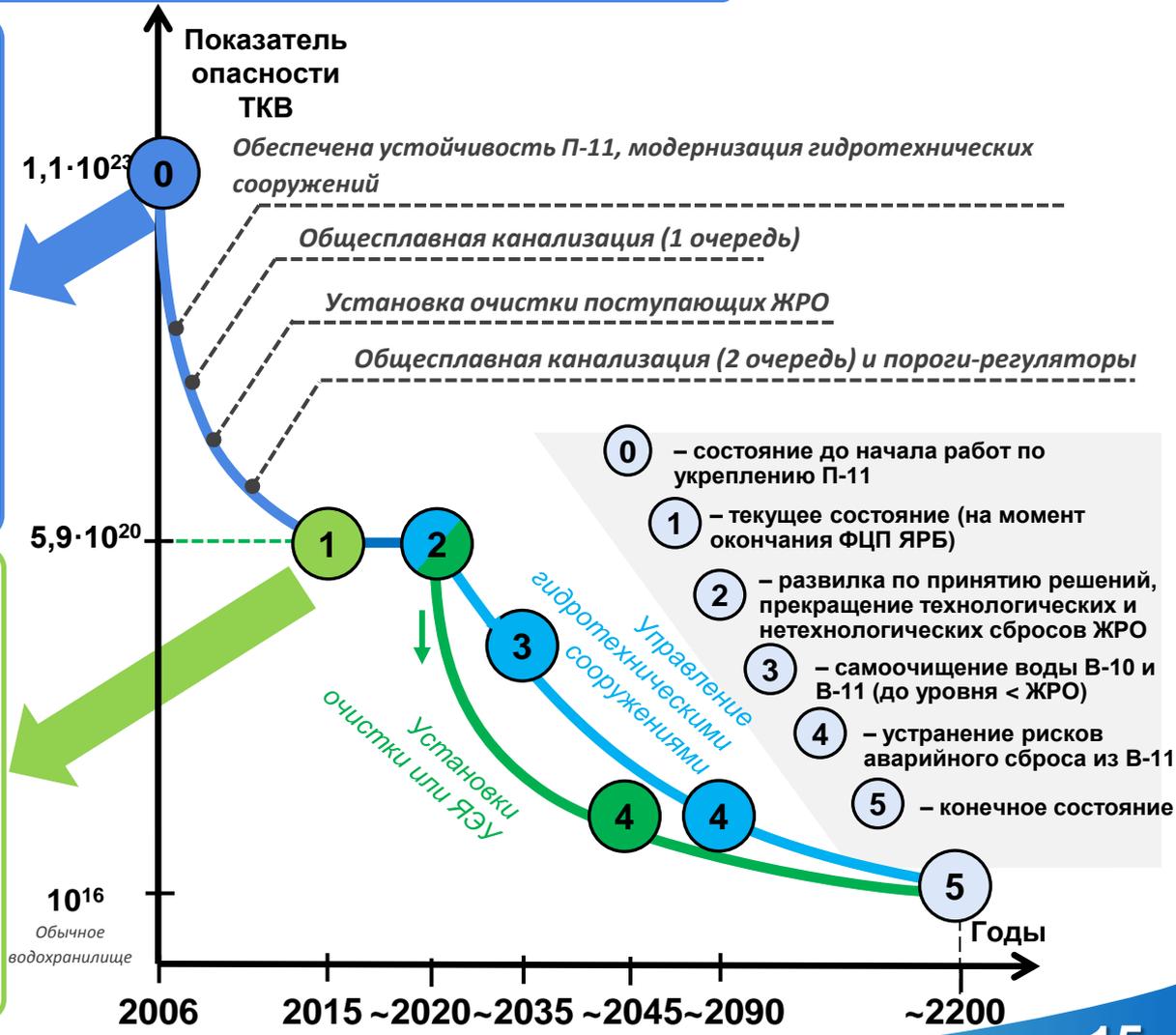


СТРАТЕГИЧЕСКИЙ МАСТЕР-ПЛАН РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ТЕЧЕНСКОГО КАСКАДА ВОДОЕМОВ ФГУП «ПО «МАЯК»

ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ И ОБСОНОВАВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Москва 2015

- Стратегический Мастер-план решения проблем Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО «Маяк». Исходные положения и краткие результаты (СМП ТКВ-1), 56 стр.
- Стратегический Мастер-план решения проблем Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО «Маяк». Основные результаты (СМП ТКВ-2), 162 стр.
- Стратегический Мастер-план решения проблем Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО «Маяк». Итоговый отчет и обосновывающие материалы (СМП ТКВ-3), 423 стр.
- Технические отчеты, 63 тома, в том числе:
 - ИБЕРА РАН – 24 тома;
 - ФГУП «Гидрометеорология» – 18 томов;
 - ФГУП «ПО «Маяк» – 13 томов;
 - ООО «Ирбис» – 5 томов;
 - ООО «НИСЭП» – 2 тома;
 - ОАО «ВНИИЭТ» – 1 том
- Публикации по результатам работ, 19



Вывод из эксплуатации исследовательских реакторов РНЦ КИ, Москва



Бассейн-хранилище исследовательского реактора, где более 30 лет испытывались компоненты ядерного топлива. Мощность дозы от извлекаемых объектов – до 220 мЗв/час.

Массовое применение робототехнических устройств.

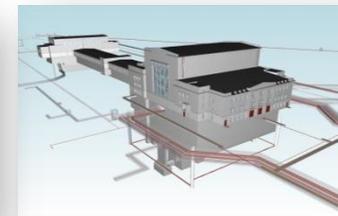
Средние дозы облучения персонала – 4 мЗв/год (до 70 работников).

Дозы облучения населения – менее 5×10^{-6} мЗв/год.

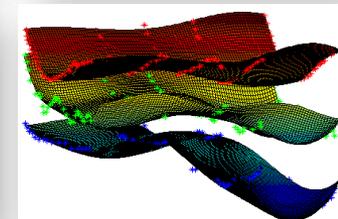
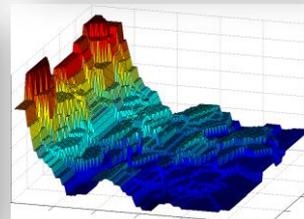
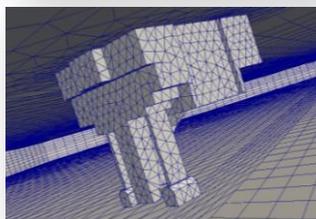


Применение современных расчетных и информационных технологий для вывода из эксплуатации (ПУГР ЭИ-2 СХК)

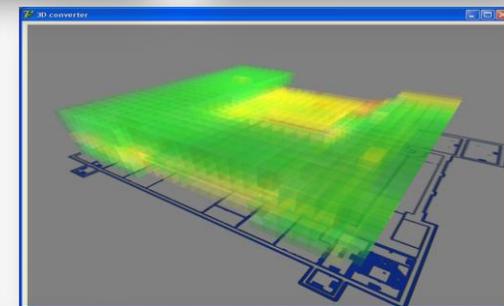
Создание реальных детализированных расчетных моделей объектов



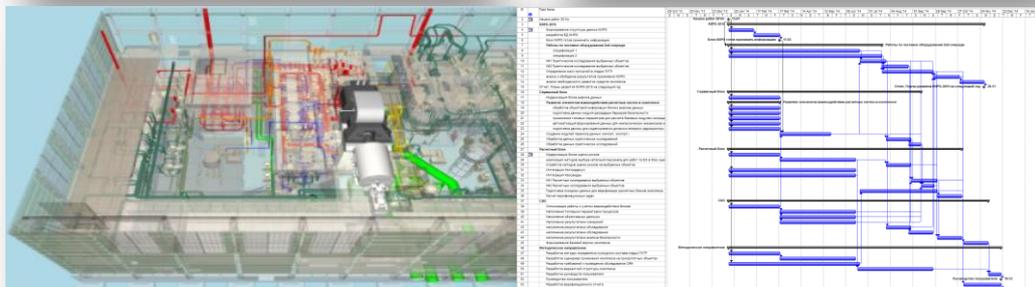
Восстановление параметров на основе САПР-моделей и результатов измерений (на рис. – 3D-распределение почв)



Определение радиационных характеристик источников излучения (на рис. – мощности дозы по помещениям)



Выработка проектных решений по выводу из эксплуатации (на рис. – последовательность действий при ВЭ)

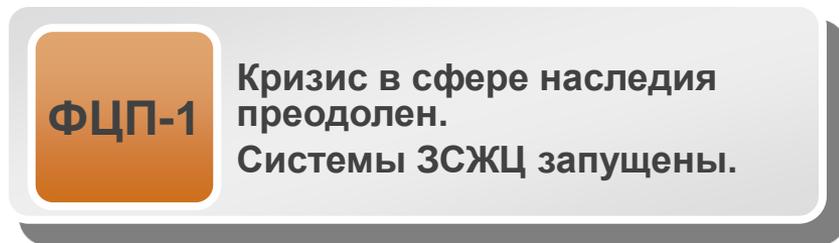


Переход от кризисной модели к системному решению

ФЦП ЯРБ-2
предусматривает
(в т. ч.)



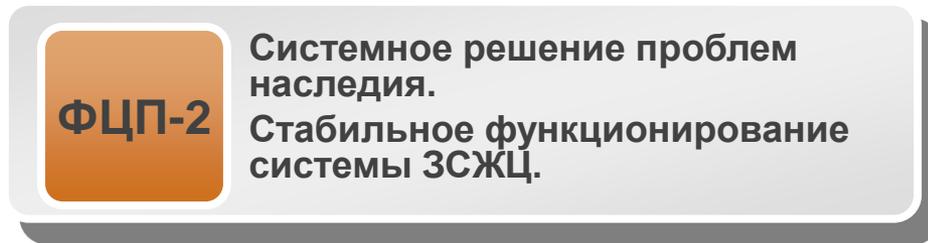
- вывоз 83 тыс. ОТВС ;
- переработка 3 тыс. т ОЯТ;
- ВЭ и ликвидация 82 ЯРОО;
- консервация 7 ПУГРов;
- ввод в эксплуатацию 220 тыс. куб. м ПЗРО;
- критерии приемлемости - 176 тыс. куб. м РАО;
- реабилитация 4,3 млн кв. м территорий;
- завершение формирования ЕГС РАО.



2008 г.

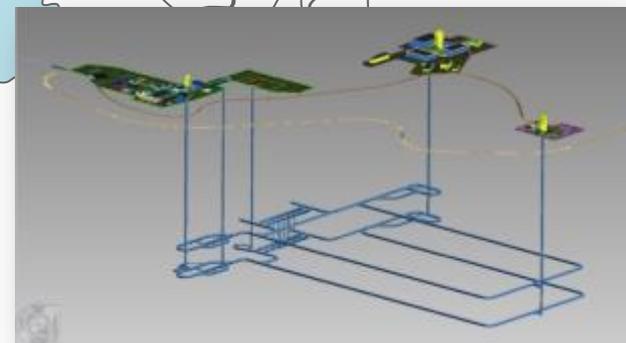
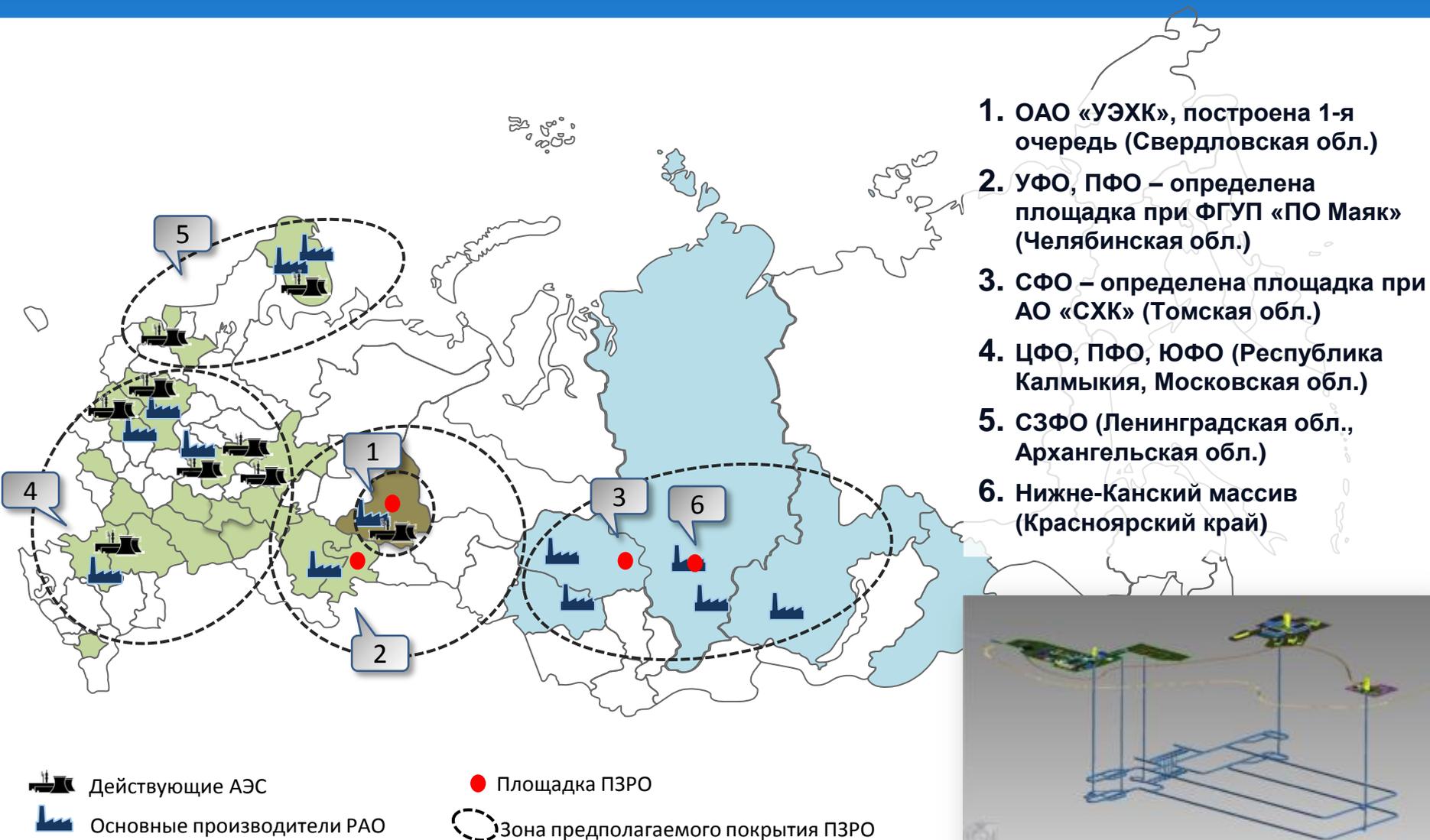


2015 г.



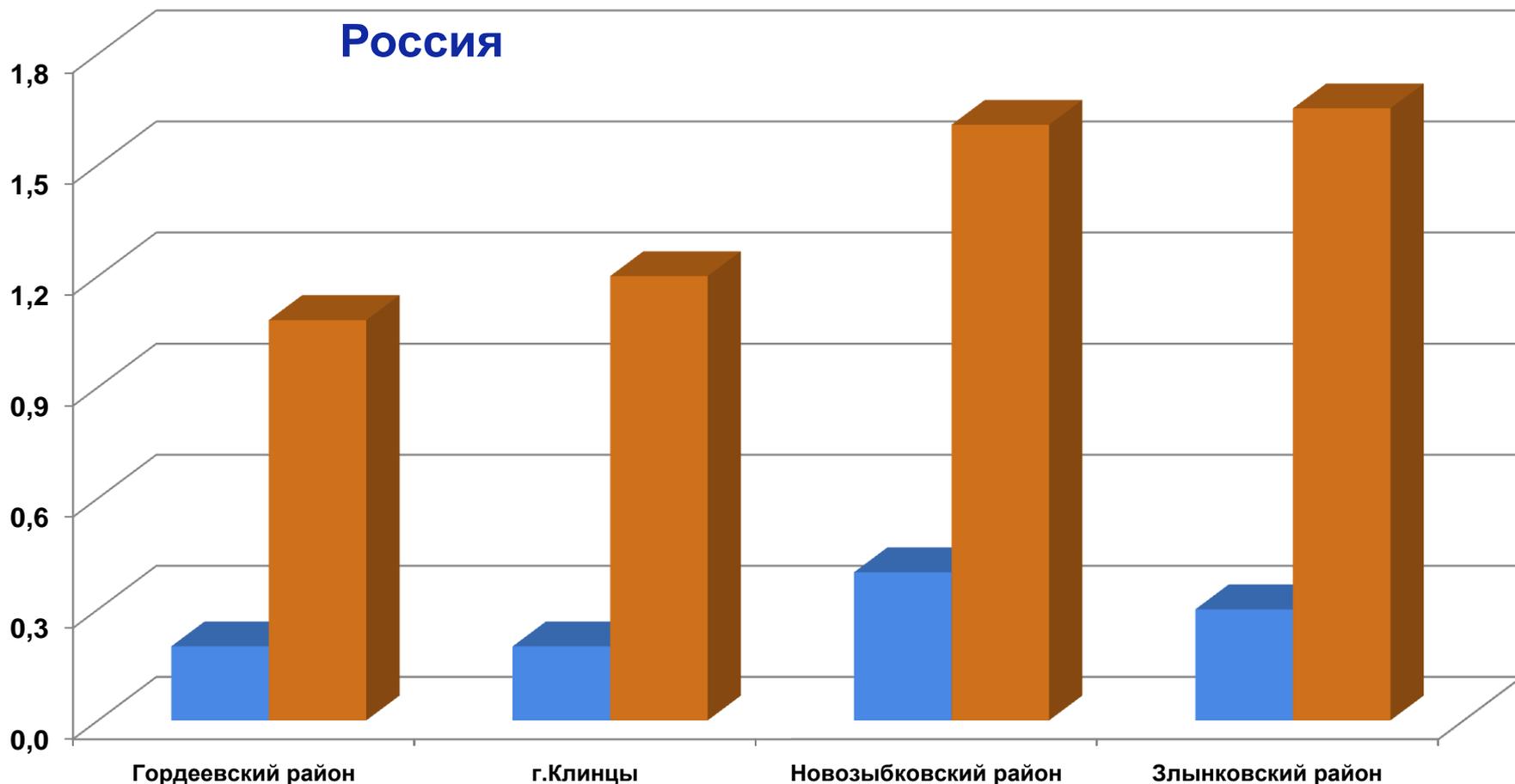
2030 г.

Выбор площадок для захоронения РАО



Среднегодовые эффективные дозы по критическим районам и населенным пунктам России и Украины

Россия

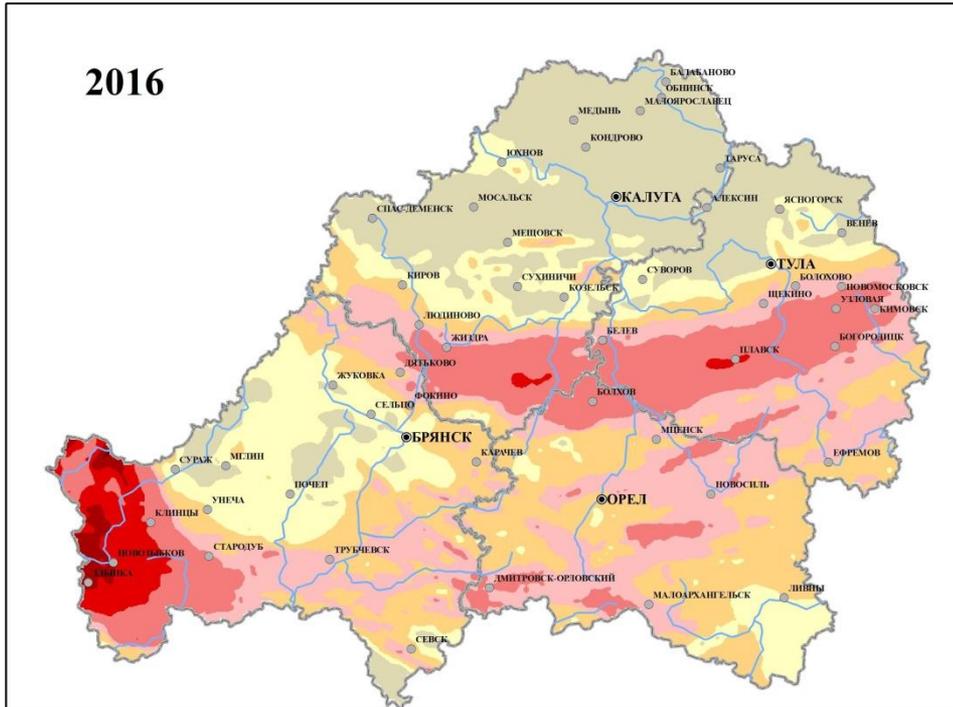


 доза на основании измерений
 расчетная доза

Почему измеренные дозы малы?

- Критерии радиологического зонирования территорий разработаны для промежуточного периода аварии: 1 мЗв в год и плотность радиоактивного загрязнения почвы цезием-137 в 1 Ки/кв. км.
- Спустя 30 лет значительно изменяется соотношение между дозой облучения населения и плотностью загрязнения.
- В промежуточный период аварии плотность радиоактивного загрязнения цезием-137 в 1 Ки/кв.км соответствует дозе 1 мЗв/год.
- На поздней стадии аварии при той же плотности загрязнения доза находится в диапазоне от 0,01 до 0,3 мЗв/год;

Принципы социальной политики: необходимость перемен



Безопасность проживания:

Дозы определены, контролируются и не дают решающего вклада даже в худших ситуациях



Ответственность государства:

- Продолжение социальной поддержки, но с исключением появления новых «пострадавших»
- Концентрация усилий на наиболее загрязненных территориях
- Выплаты, как компенсация за неверные решения вместо компенсаций ущерба от радиации



Изменения в законах
(чернобыльский закон,
закон о радиационной
безопасности)

Чернобыль: общие уроки

- Система не была готова к реагированию. Возможности минимизации радиологических, экономических, социальных и иных последствий были не в полной мере использованы.
- В случаях, когда аварийные нормативы устанавливались и соблюдались, радиологические последствия не выявлены. Это необходимо учитывать и при работах по наследию.
- Сегодня необходимы изменения социальной политики.
- Реализовано: культура и наука безопасности, идеология полного жизненного цикла, модернизация и новые системы безопасности.
- Будущее атомной энергетики зависит от способности обеспечить высокий уровень безопасности по конкурентной цене.