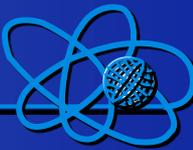


РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Институт проблем безопасного развития атомной энергетики

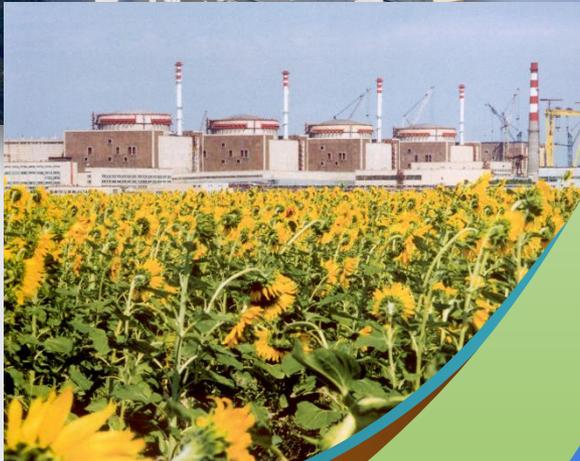


RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
Nuclear Safety Institute (IBRAE)

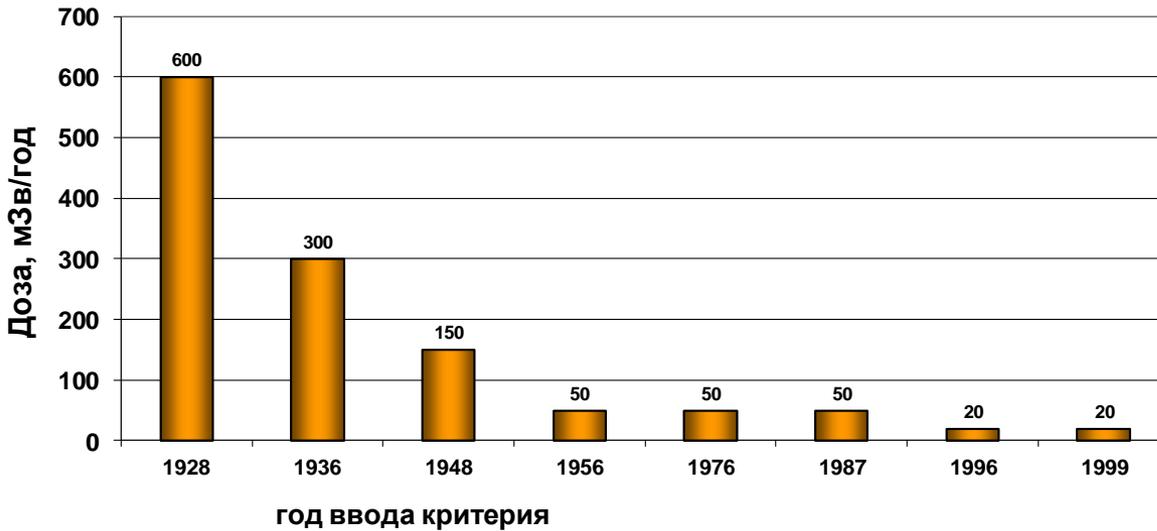
# *Радиационные риски и экологическая безопасность АЭ*

**Р.В. Арутюнян**  
д. ф.-м. н., профессор

14.12.2016 г.



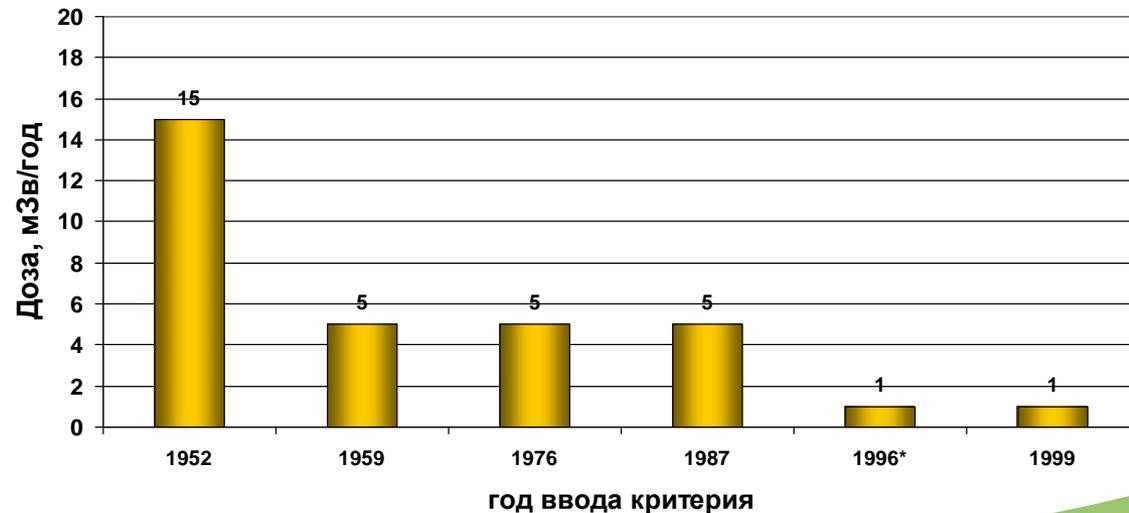
# Эволюция дозовых пределов для персонала и населения



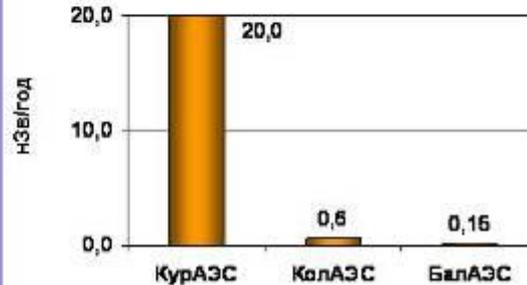
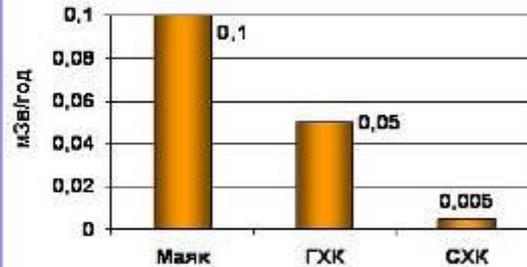
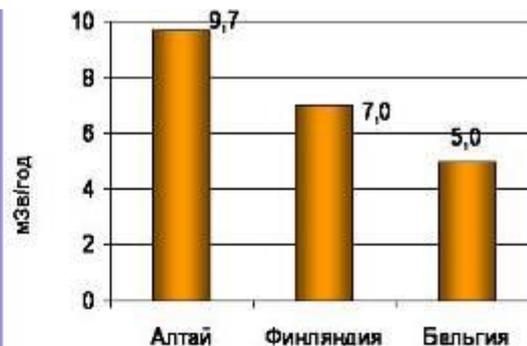
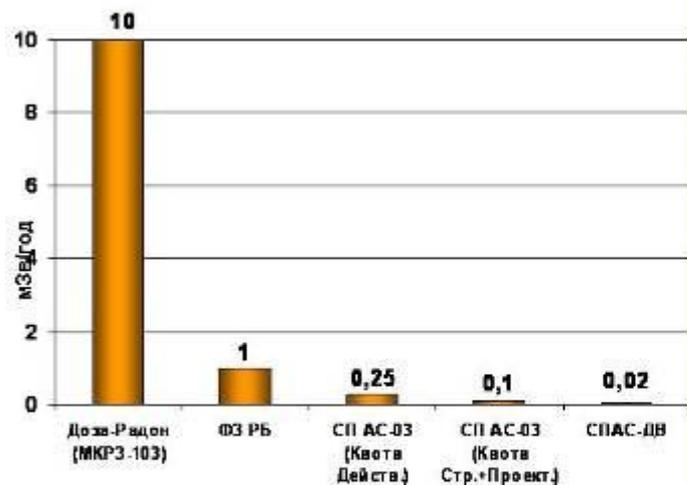
← **Персонал**

США – 50 мЗв/год

**Население** →



# Нормативные уровни и фактические дозы облучения населения



**Доза-Радон (МКРЗ-103)** – допустимая годовая доза облучения населения за счет радона в помещениях;

**ФЗ РБ** – согласно Федеральному закону «О радиационной безопасности населения» допустимый предел дозы облучения на территории РФ в результате использования ИИИ для населения – средняя годовая доза – 0,001 Зв;

Республика Алтай, Финляндия (500 тыс. чел.), Бельгия (730 тыс. чел.) – среднегодовые дозы облучения населения;

**СП АС-03 (Квота Действ.)** – квота дозы от предельно допустимых сбросов и выбросов действующих АЭС России (Согласно СанПиН 2.6.1.24-03 – СП АС-03);

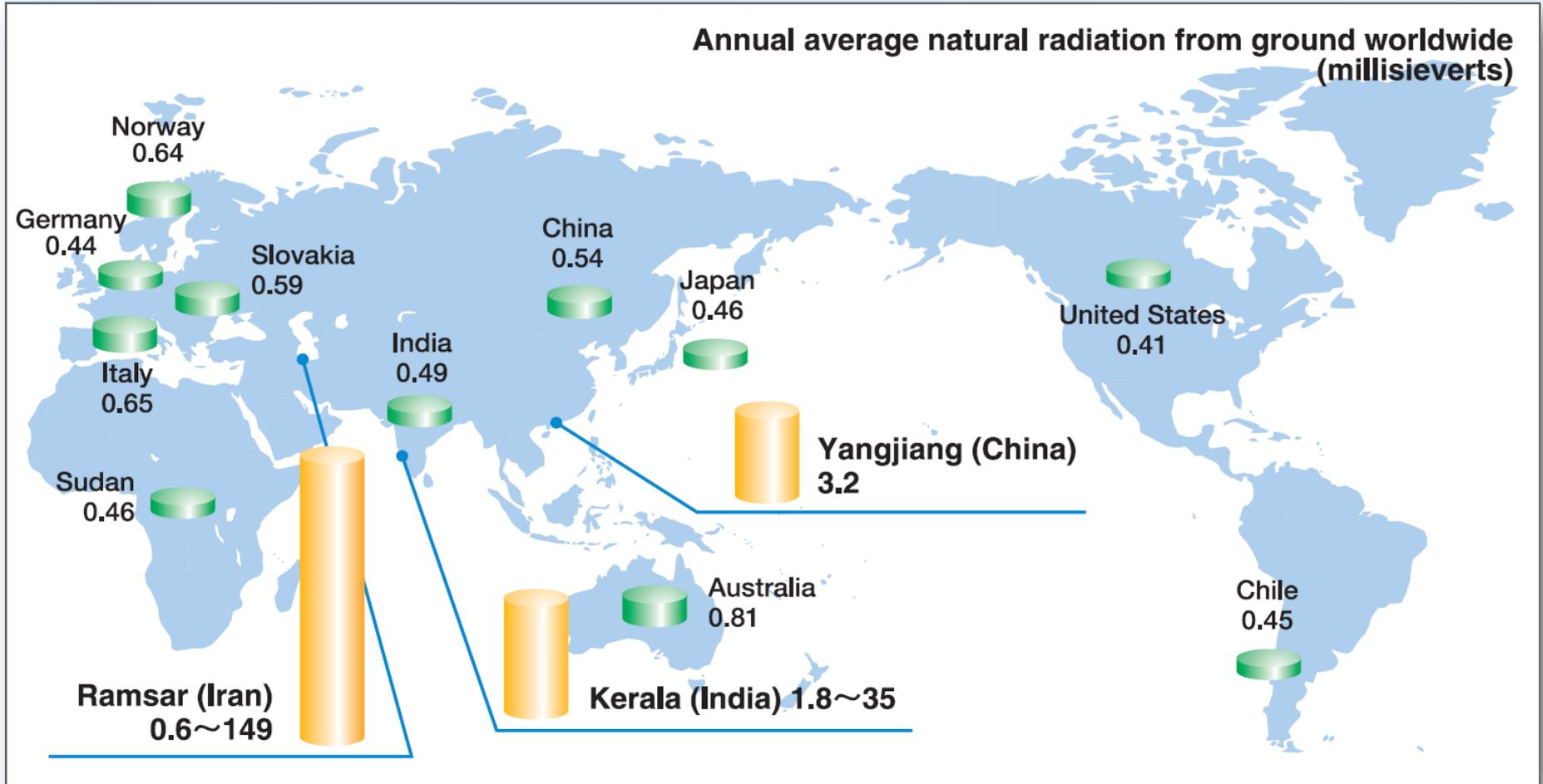
**СП АС-03 (Квота Стр.+Проект.)** – квота дозы на население от предельно допустимых сбросов и выбросов для строящихся и проектируемых АЭС (Согласно СанПиН 2.6.1.24-03 – СП АС-03);

**СПАС-ДВ** – дозы облучения критических групп населения (10+10 мкЗв) от допустимых сбросов и выбросов для проектируемых и строящихся АЭС (согласно СанПиН 2.6.1.24-03 – СП АС-03);

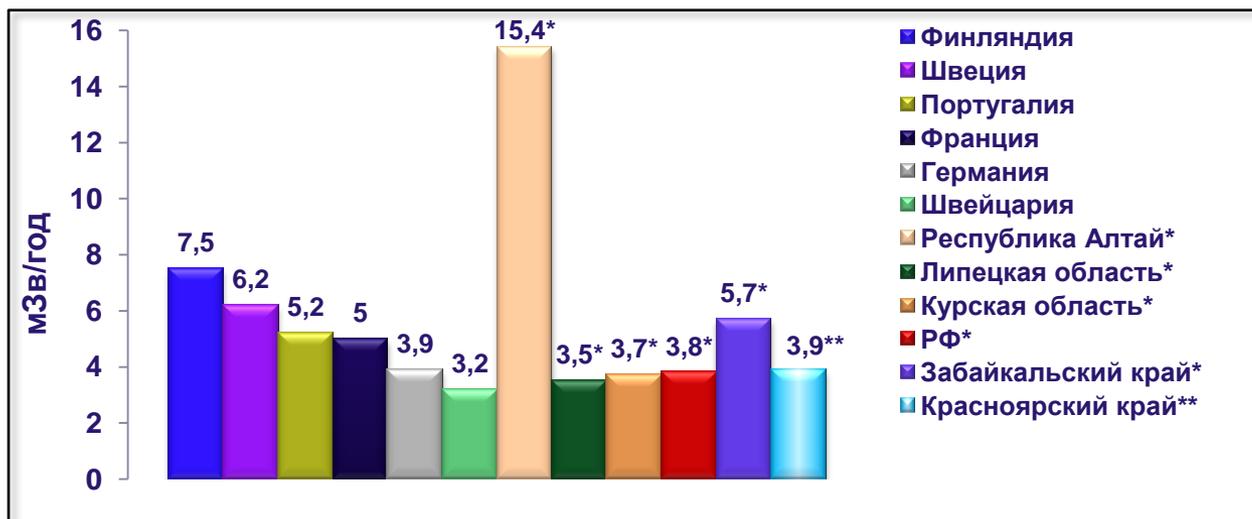
**Маяк, ГХК, СХК** – годовые дозы на критические группы населения, проживающих в районе расположения предприятий;

**КурАЭС (г.Курчатов), КолАЭС (Полярные зори), БалАЭС (Балаково)** – фактические годовые дозы облучения населения от выбросов Курской, Кольской и Балаковской АЭС.

# High background radiation area in the world



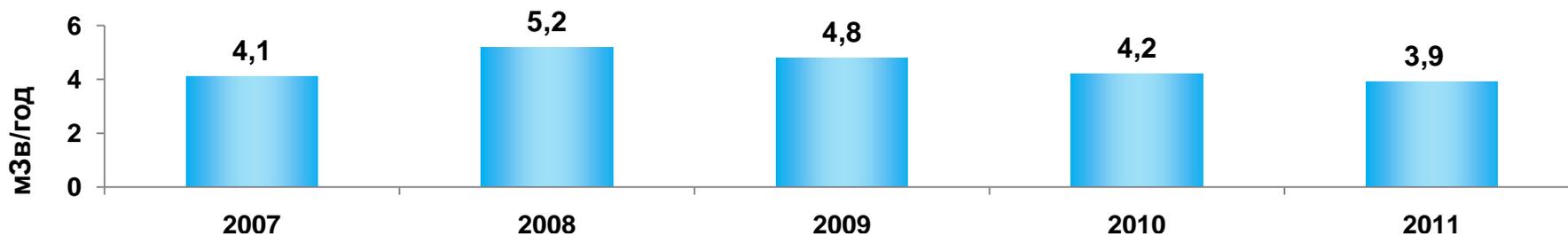
# Среднегодовые дозы облучения от природных источников населения Красноярского края, некоторых стран Европы и регионов России, мЗв/год



\* – по результатам радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах РФ за 2011 год

\*\* – по данным радиационно-гигиенического паспорта Красноярского края за 2007–2011 гг.

## Среднегодовые дозы облучения населения Красноярского края

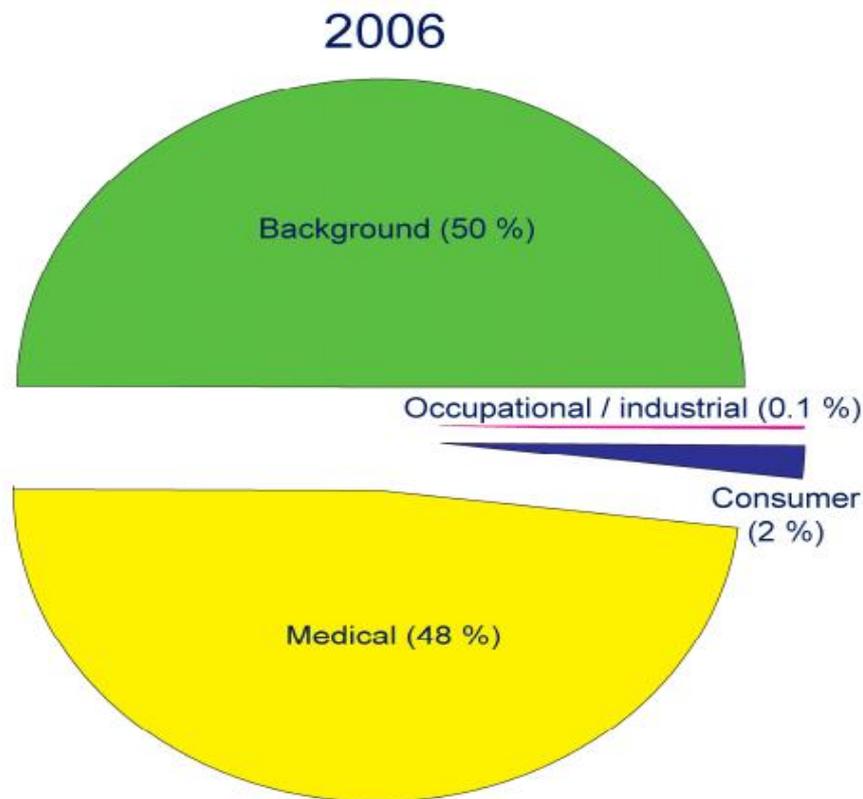
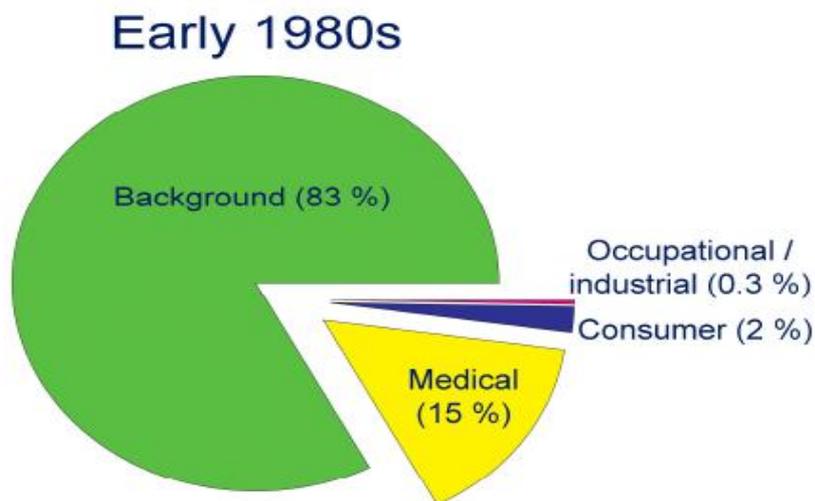


Средние дозы облучения за счет ЭРОА изотопов радона отдельных групп наиболее облучаемых жителей в разных субъектах Российской Федерации

Субъект РФ	Доза, мЗв/год	Субъект РФ	Доза, мЗв/год
Республика Адыгея	42,69 ± 4,72	Калининградская область	11,88 ± 1,24
Республика Алтай	42,69 ± 5,09	Липецкая область	14,15 ± 2,73
Республика Калмыкия	11,15 ± 2,11	Ростовская область	<b>49,67 ± 4,12</b>
Республика Татарстан	8,22 ± 0,98	Томская область	25,26 ± 3,42
Алтайский край	19,53 ± 2,46	Тульская область	13,68 ± 1,65
Красноярский край	36,70 ± 3,12	Челябинская область	<b>89,14 ± 22,3</b>
Ставропольский край	<b>51,53 ± 7,18</b>	Забайкальский край	30,72 ± 8,65
Амурская область	17,27 ± 1,32	Москва	19,93 ± 0,42
Брянская область	8,29 ± 0,53	Санкт-Петербург	<b>50,40 ± 1,24</b>
Иркутская область	28,47 ± 3,10	Еврейская АО	48,01 ± 6,27

# Challenges in average annual individual doses due to insufficient control in the medical sector

(US data)



	Early 1980s	2006
Collective effective dose (person-Sv)	835,000	1,870,000
Effective dose per individual in the U.S. population (mSv)	3.6	6.2

# Число смертей и ранних эффектов при радиационных авариях (На основе опубликованной информации, за исключением злоумышленных действий и ядерных испытаний)

Тип аварии	1945–1965	1966–1986	1987–2007	Всего	Заключение Комитета относительно полноты отчета
Аварии на ядерных объектах	46 ранних эффектов	227 ранних эффектов *	2 ранних воздействия	275 ранних эффектов	Есть вероятность того, что сообщено о большей части смертей многих травм
	16 смертей	40 смертей *	3 смерти	59 смертей	
Несчастные случаи на производстве	8 ранних эффектов	109 ранних эффектов	49 ранних эффектов	166 ранних эффектов	Вероятно, о ряде смертей и травм не было сообщено
	0 смертей	20 смертей	5 смертей	25 смертей	
Инциденты с бесхозными ИИИ	5 ранних эффектов	60 ранних эффектов	204 ранних эффектов	269 ранних эффектов	Вероятно, о ряде смертей и травм не было сообщено
	7 смертей	10 смертей	16 смертей	33 смерти	
Аварии при научно-исследовательских работах	1 ранний эффект	21 ранний эффект	5 ранних эффектов	27 ранних эффектов	Вероятно, о ряде смертей и травм не было сообщено
	0 смертей	0 смертей	0 смертей	0 смертей	
Несчастные случаи при медицинском применении	Неизвестно	470 ранних эффектов	143 ранних эффектов	613 ранних эффектов	Очевидно, что о многих смертях и о значительном количестве травм не было сообщено
	Неизвестно	3 смерти	42 смерти	45 смертей	
<b>ИТОГО</b>					
Ранних эффектов	60	887	403	1350	
Смертей	23	73	66	162	

табл.10 стр.52 из приложения R.671 к докладу НКДАР ООН за 2008 г.

# Сводные данные по крупным (> 5 жертв) авариям в энергетике в 1969–2000 гг

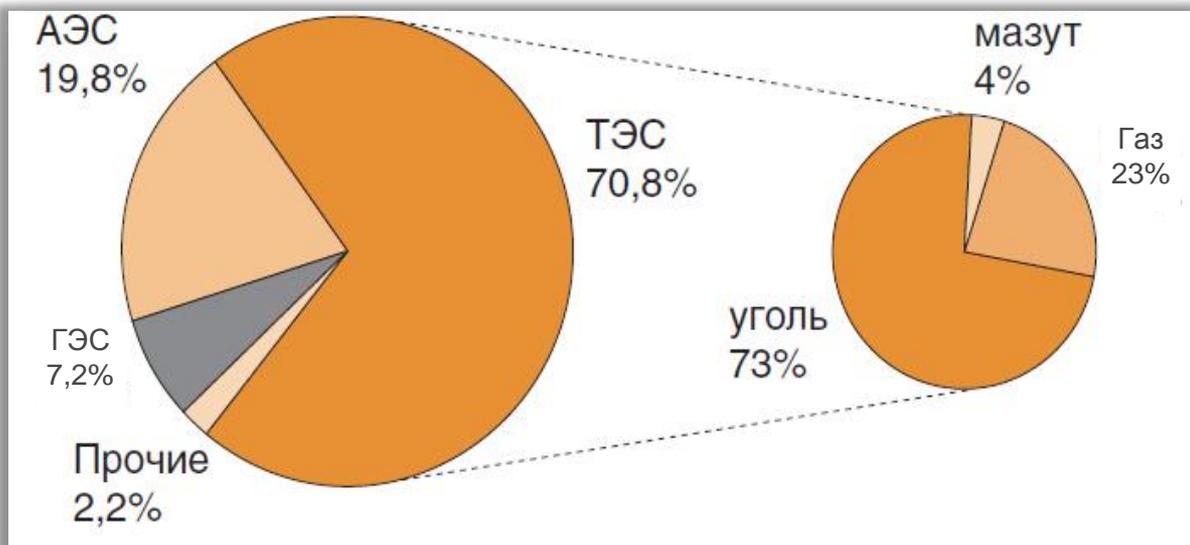
Вид энергетики	Страны ОЭСР			Страны не входящие в ОЭСР		
	Аварии	Жертвы	Жертвы/ГВт	Аварии	Жертвы	Жертвы/ГВт
Уголь	75	2259	0.157	1.044	18,017	0.597
Уголь (данные для Китая, 1994-1999 гг.)				819	11,334	6.169
Уголь (без учета Китая)				102	4831	0.597
Нефть	165	3713	0.132	232	16,505	0.897
Природный газ	90	1043	0.085	45	1000	0.111
СНГ	59	1905	1.957	46	2016	14.896
Гидроэнергетика	1	14	0.003	10	29,924	10.285
Атомная	0	0	-	1	31*	0.048
Итого	390	8934		1480	72,324	

\* Только мгновенные смерти

**Воздействие тепловых электростанций на здоровье населения США \*)**

Воздействие на здоровье	Количество случаев в год
Смерть	23 600
Смертей от рака легких	2826
Госпитализация	21 850
Обращение за скорой медицинской помощью вследствие приступа астмы	26 000
Сердечных приступов	38 200
Хронических бронхитов	16 200
Приступов астмы	554 000
Потерянных рабочих дней	3 186 000

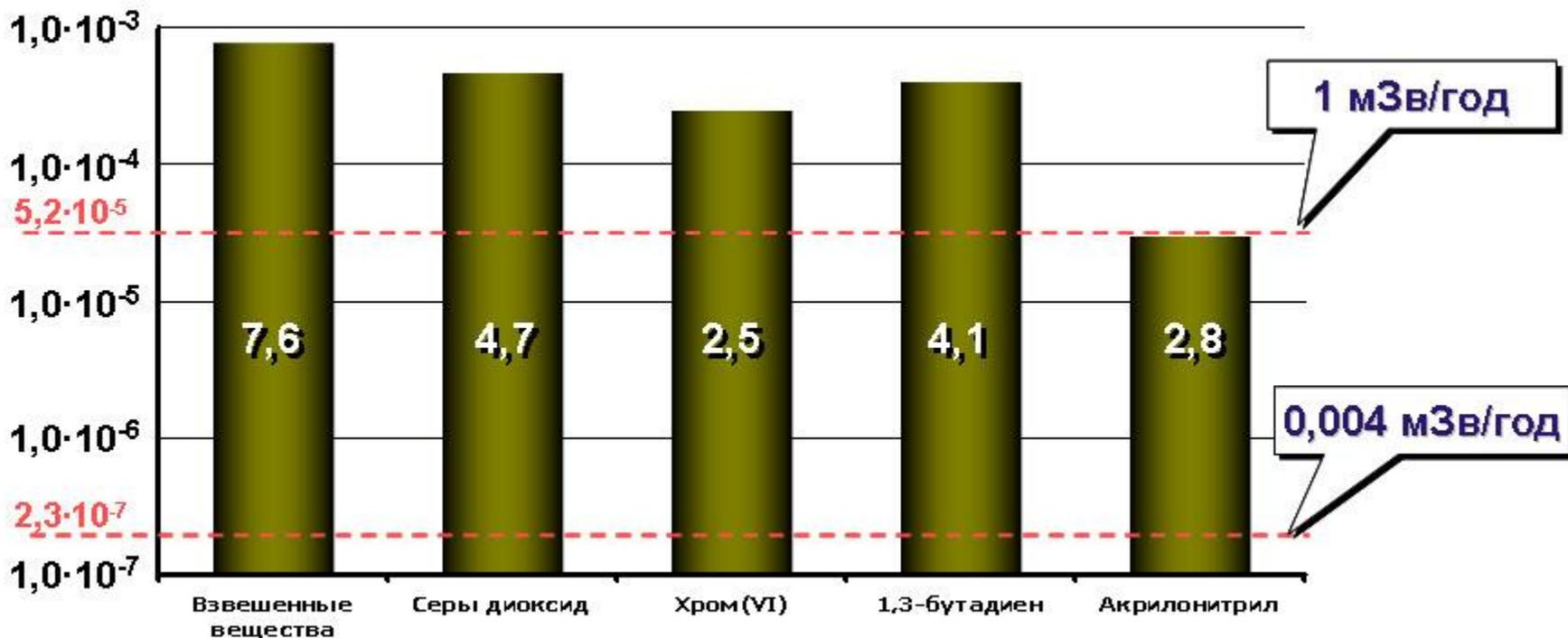
**Структура производства электроэнергии США в целом**  
(Energy Information Administration, 2000 г.)



# Риски смерти среди населения, проживающего в городах с крупными угольными ТЭС

Города	Численность населения, тыс. чел.	Индивидуальный годовой риск смерти	Популяционный годовой риск смерти, чел.
Улан-Удэ	371,4	$5,1 \cdot 10^{-4}$	190
Черемхово	50,0	$1,9 \cdot 10^{-3}$	96
Чита	316,7	$8,8 \cdot 10^{-4}$	278
Новочеркасск (Ростовская ГРЭС)	188,7	$3,2 \cdot 10^{-4}$	60
Уссурийск	158,4	$1,0 \cdot 10^{-3}$	158

Индивидуальные годовые канцерогенные и не канцерогенные  
риски смерти при воздействии некоторых химических веществ  
на уровне ПДК в воздухе и риск смерти от допустимой (1 мЗв/год)  
и от НВАЭС (0,004 мЗв/год) доз облучения населения



# Сводные результаты сравнительного анализа рисков для населения Воронежской области



# Индивидуальные годовые риски смерти для населения России

Причины	Подвержено, млн. чел	Риски	Смертей в год
Все причины (мужчины, ср. за 2000-2007 гг.)	66,8	$1,7 \cdot 10^{-2}$	1 167 305
Внешние причины в том числе: от употребления алкоголя (мужчины, ср. за 2000-2007 гг.)	66,8	$3,4 \cdot 10^{-3}$ $1,0 \cdot 10^{-3}$	229 204 71 580
Сильное загрязнение воздушной среды	43 (по данным мониторинга) более 70 (экстраполяция**)	$10^{-4} \cdot 10^{-3}$ (потеря лет жизни: 0,5 чел.-лет ***)	21 000 18 700**** 40 000
Загрязнение воздуха химическими канцерогенами	50 (по данным мониторинга)	$10^{-5} - 10^{-7}$	620
Зона отселения ЧАЭС	0,1 (загрязненные районы Украины, России, Беларуси)	$8 \cdot 10^{-5}$ (потеря лет жизни: 15 чел.-лет)	8*
Проживание вблизи ГХК, СХК, ПО «Маяк»	0,9	$6 \cdot 10^{-6} - 3 \cdot 10^{-7}$ *	< 3*
Проживание вблизи АЭС	0,5–1,0	$7 \cdot 10^{-7}$ *	< 0,7*
Проживание вблизи угольных ТЭС	10–15	$10^{-4} - 10^{-3}$	5 000–7 000

## Примечания:

- \* – гипотетические риски смерти в области малых доз в рамках беспороговой концепции
- \*\* – экстраполировано на все городское население  
N. Künzli «Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: A European assessment»,
- \*\*\* – “The Lancet”, Vol. 356, September 2, 2000
- \*\*\*\* – по данным Минздрава России

# Практика нормирования после чернобыльской аварии

**$^{137}\text{Cs}$  с плотностью свыше 1 Ки/кв.км**

17 стран Европы – 207 тыс. кв. км,

в том числе:

- |             |                   |
|-------------|-------------------|
| - Россия    | – 59 тыс. кв. км; |
| - Беларусь  | – 43 тыс. кв. км; |
| - Украина   | – 38 тыс. кв. км; |
| - Швеция    | – 24 тыс. кв. км; |
| - Финляндия | – 19 тыс. кв. км; |
| - Австрия   | – 11 тыс. кв. км  |
| - Норвегия  | – 7 тыс. кв. км.  |

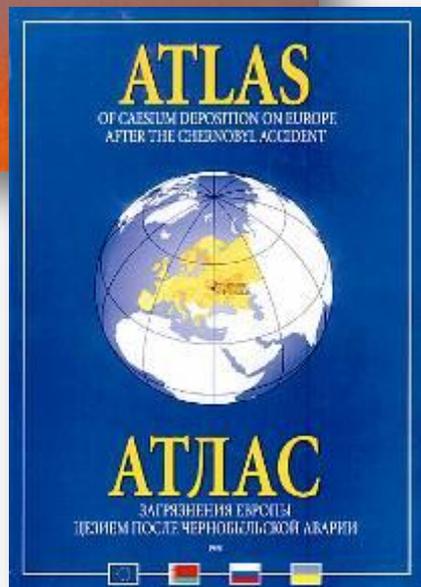
Контрольные уровни загрязнения  $^{131}\text{I}$  в пищевых продуктах в диапазоне 500-5000 Бк/кг в мае 1986 г. были установлены в ряде Европейских стран.

## Сегодня в Норвегии:

- |                          |              |
|--------------------------|--------------|
| Оленина и дичь,          |              |
| пресноводная рыба,       | – 3000 Бк/кг |
| Молоко и детское питание | – 370 Бк/кг  |
| Другие продукты питания  | – 600 Бк/кг  |

## Сегодня в России:

- |                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| ПДК по $^{137}\text{Cs}$ в молоке | – 100 Бк/л |
|-----------------------------------|------------|



## Распределение больных острой лучевой болезнью по степени тяжести общего клинического синдрома и срокам наступления смертельного исхода в специализированном стационаре (без учета поражений кожи)

Число больных	Степень тяжести	Доза, Гр	Число летальных исходов	Срок летального исхода, сутки
31	I	0,8–2,1	–	–
43	II	2–4	1	96
21	III	4,2–6,3	7	48, 16, 21, 21, 24, 16, 10
20	IV	6–16	19	10, 14, 15, 18, 18, 17, 15, 16, 17, 17, 15, 20, 21, 24, 25, 29, 30, 86, 91

Гуськова А.К. «Медицинские последствия аварии на чернобыльской АЭС. Основные итоги и нерешенные проблемы». Атомная энергия, т. 113, вып. 2, август, 2012.

# Принятие чернобыльского закона относящего к «пострадавшим» территориям с уровнем 1 Ки/км<sup>2</sup>

Области	Дополнительные к фону накопленные эффективные дозы за 20 лет, мЗв				
	10-20	20-50	50-70	70-100	Выше 100
Брянская (тыс.чел.)	112,6	103,2	18,1	5,1	1,6
Калужская (тыс.чел.)	6,2	0,6	-	-	-
Тульская (тыс.чел.)	34,9	3,7	-	-	-
Орловская (тыс.чел.)	7,7	0,5	-	-	-

**Итого: 290 тыс. чел.**

В остальных областях с населением 2,3 млн чел. накопленные дозы не превышают 10 мЗв

---

**Допустимая накопленная доза по радону за это же время – 200 мЗв (МКРЗ №103).**

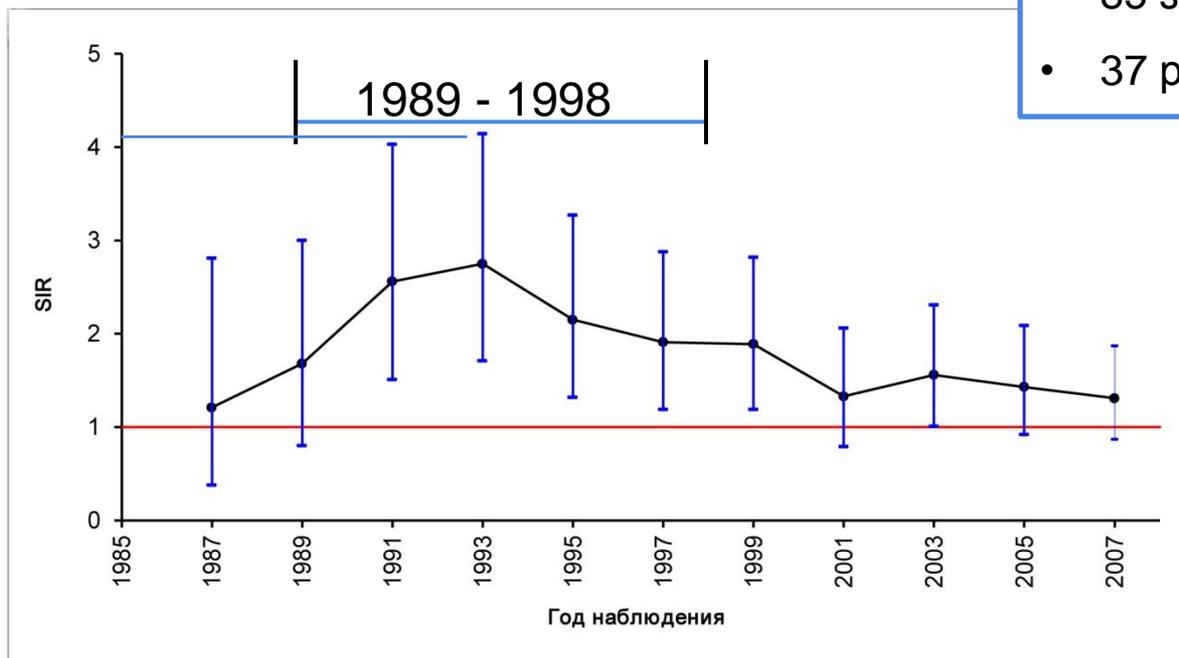
**Фактическая накопленная доза за то же время населения Республики Алтай и Финляндии – 180 мЗв и 150 мЗв соответственно.**

# Результаты когортного исследования УЛПА

МКБ-10 C91.0—C95.9 (лейкозы) и D46.0—D46.9 (миелодиспластические синдромы).

Всего 122 дополнительных случая за 10 лет:

- 85 за счет скрининга
- 37 радиогенных

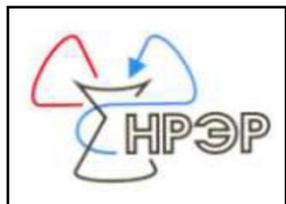


УЛПА	Кол-во чел.
Всего	195 658
1986	93 042
1987	64 762
88—90	37 854

Динамика стандартизованного отношения заболеваемости (SIR) в когорте ликвидаторов к соответствующим российским показателям (95% ДИ)



# Рак щитовидной железы



Для жителей РЗТ среднее значение накопленных к 2015 г. эффективных доз 0,03 Зв (природный фон + 25%).

Средняя доза на ЩЖ 0,084 Гр, у детей - до 4 Гр.

$RR = 1,4$

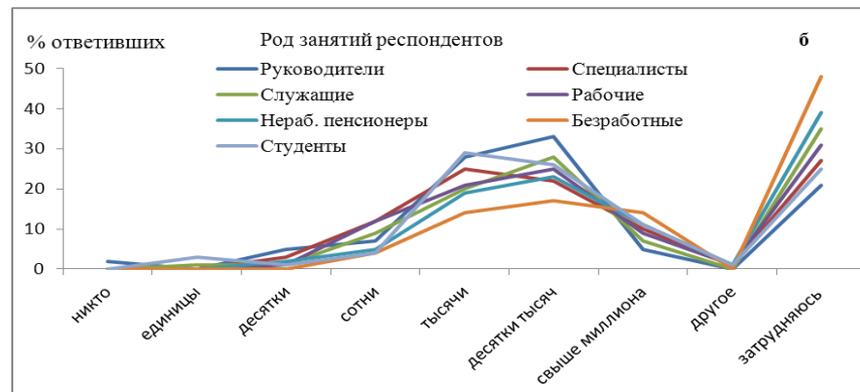
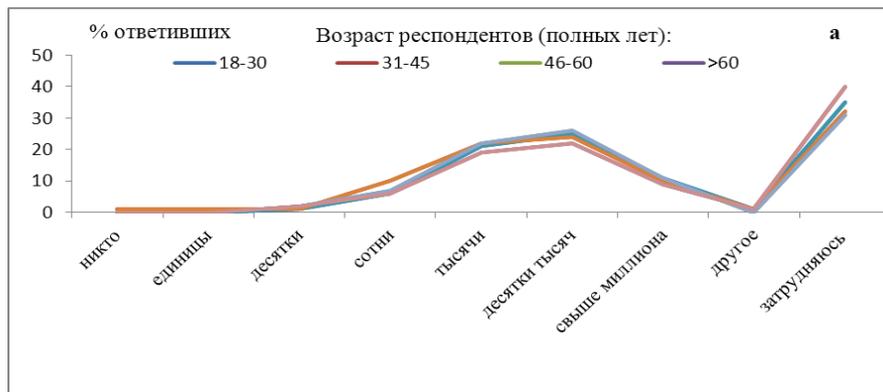
Возраст на момент аварии, лет	0—17	$\geq 18$
Численность когорты	97191	211939
Число случаев РЩЖ	247	746
Ср. доза в когорте, Гр	0,188	0,037
SIR (95% ДИ)	8,13 (6,31; 10,23)	3,71 (3,43; 4,01)

Доля радиогенных случаев РЩЖ:  
мальчики - 62% (38 случаев)  
девочки — 33% (61 случай).

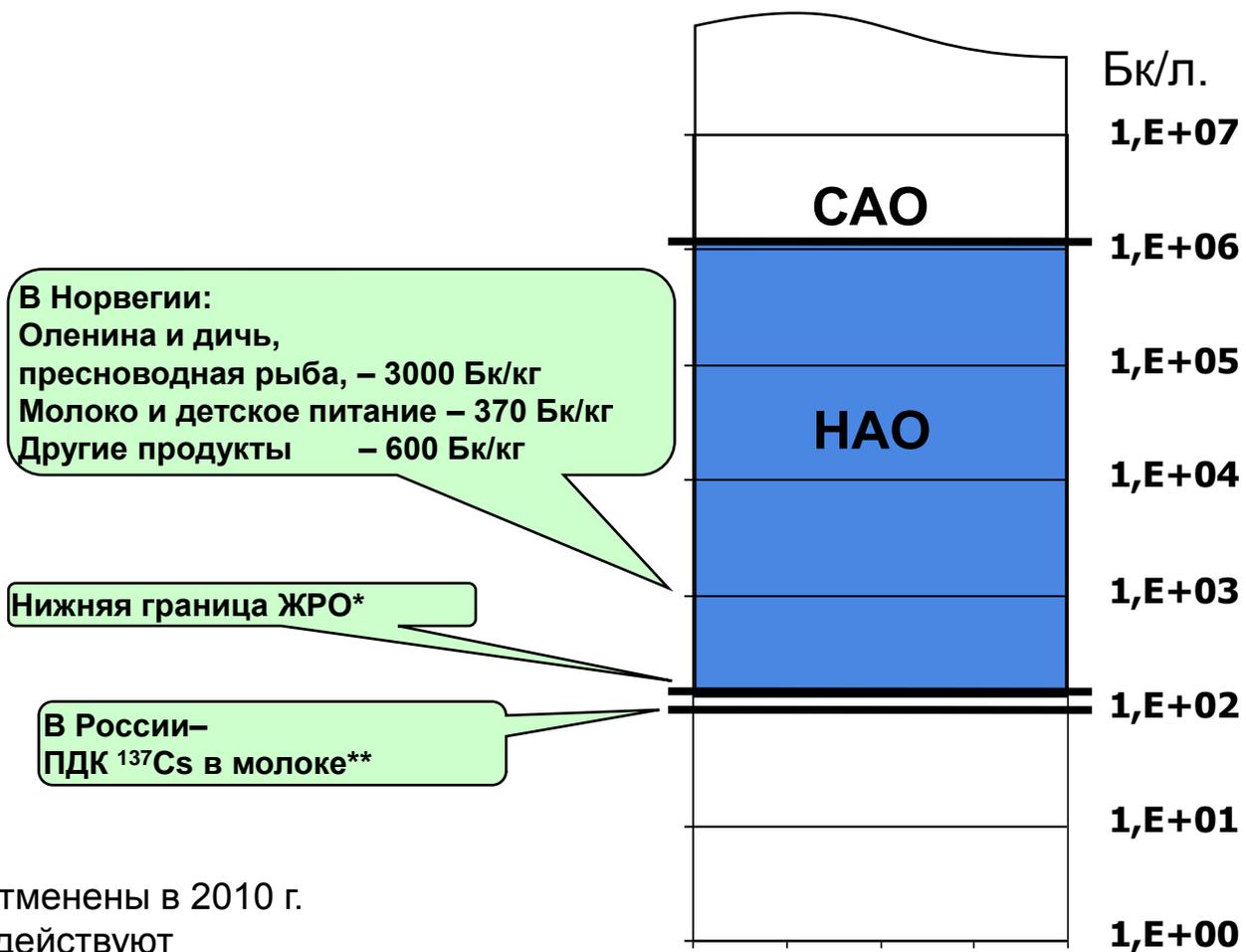
# ФОМ, омнибус – 2012 по заказу ИБРАЭ РАН

## Чернобыль

Вопрос: В 1986 г. произошла авария на Чернобыльской АЭС. По Вашему мнению, сколько всего людей погибли от радиационного воздействия в результате этой аварии?



# Устранение противоречий между гигиеническими требованиями и требованиями к безопасности технологий



\* отменены в 2010 г.

\*\* действуют

# Противоречивость санитарно-экологических критериев

Показатели	Параметры		Относительно удовлетворительная ситуация
	Экологическое бедствие (ст.59)	Чрезвычайная экологическая ситуация (ст.58)	
Эффективная доза облучения, мЗв/год	> 10	5–10	<1

## Закон РФ об охране окружающей среды:

*Чрезвычайная экологическая ситуация – происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения...*

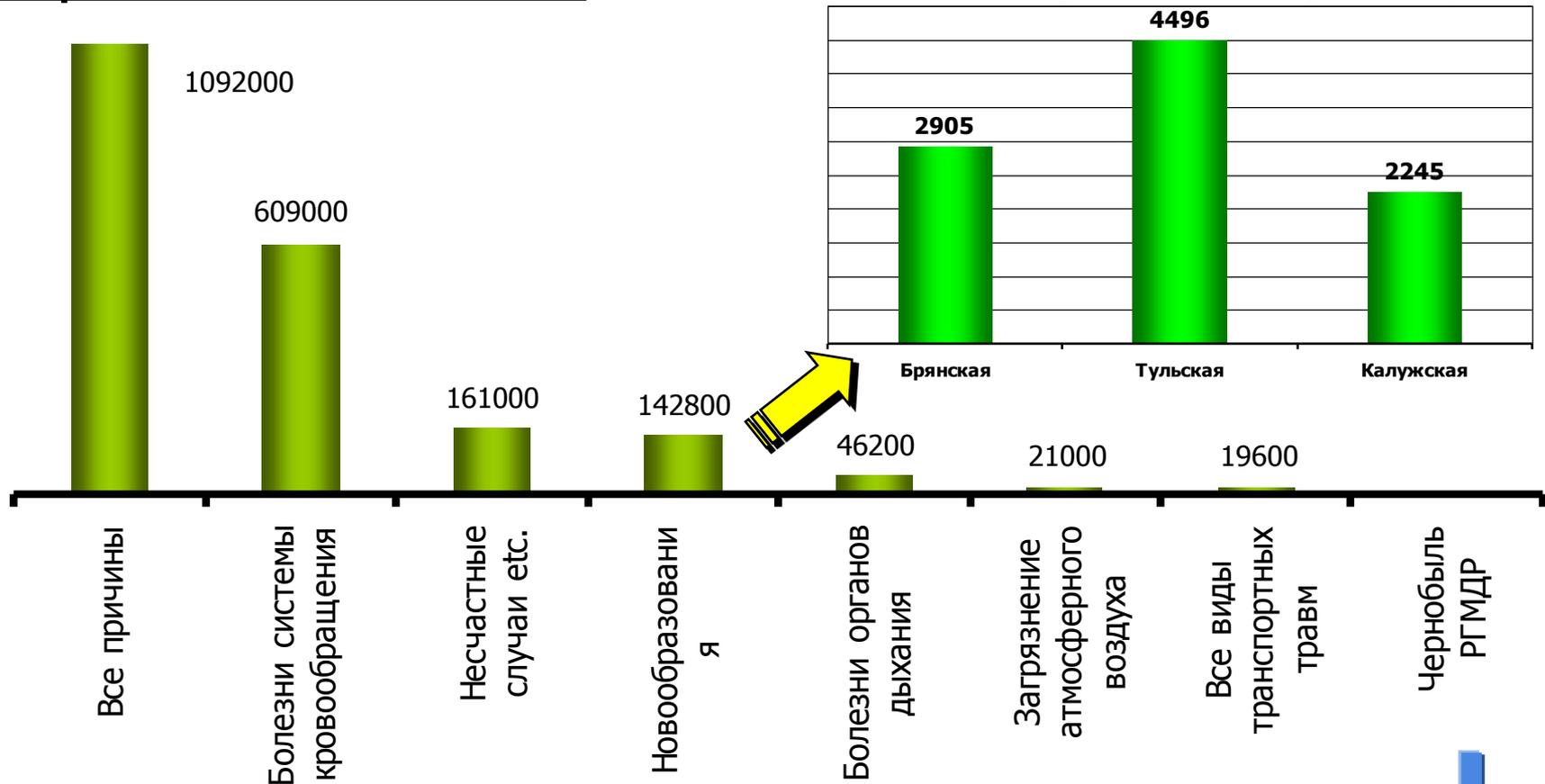
*Экологическое бедствие – глубокие необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного равновесия...*

Критерии облучения	Публикация 82 (1999 г.)	Публикация 103 (2007 г.)
Существующие ситуации облучения	Уровни действия	Референтные условия
<b>Вмешательства</b> –Вряд ли обоснованы –Могут быть обоснованы –Почти всегда обоснованы	<10 мЗв/год >10 мЗв/год Свыше 100 мЗв/год	Чрезвычайные ситуации: между 20 и 100 мЗв/год Существующие ситуации: между 1 и 20 мЗв/год

# Смертность по причинам Россия – 2001 г.

Умерло человек на 70 млн

## Смертность от новообразований (2001 г.)



(134 ОЛБ (28+37 лейкозов УЛПА) смертей, 99 РЦЖ)

**ПРОТОКОЛ**  
**заседания Межведомственной комиссии Совета**  
**Безопасности Российской Федерации по**  
**экологической безопасности**  
**от 24 марта 2011 г. № 1**

УТВЕРЖДАЮ

Секретарь Совета Безопасности  
Российской Федерации

  
Н.Патрушев

«  » апреля 2011 г.

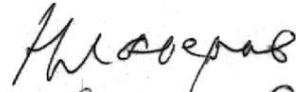
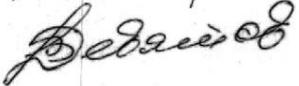
... 2. Поручить заинтересованным федеральным органам исполнительной власти совместно с Госкорпорацией «Росатом», РАН, Россельхозакадемией, Российской научной комиссией по радиологической защите при РАМН и руководителями соответствующих субъектов Российской Федерации:

2.1. Подготовить и представить в Правительство Российской Федерации **предложения о гармонизации национальной нормативно-правовой базы в области радиационной безопасности и защиты на основе рекомендаций МКРЗ (Публикация 103), МАГАТЭ, международных конвенций и общепринятых международных подходов в целях исключения масштабирования ущербов от радиационных инцидентов и аварий с малыми и ничтожными радиологическими последствиями при безусловном обеспечении защиты человека и окружающей среды.**

... 2.6. Разработать новые и усовершенствовать существующие методы оценки радиационного воздействия на персонал и население, обеспечить разработку и внедрение стандартов оказания медицинской помощи пострадавшим в результате радиационных аварий.

Председатель Межведомственной комиссии

Секретарь Межведомственной комиссии

 Н. Лавров  
 В. Девятков

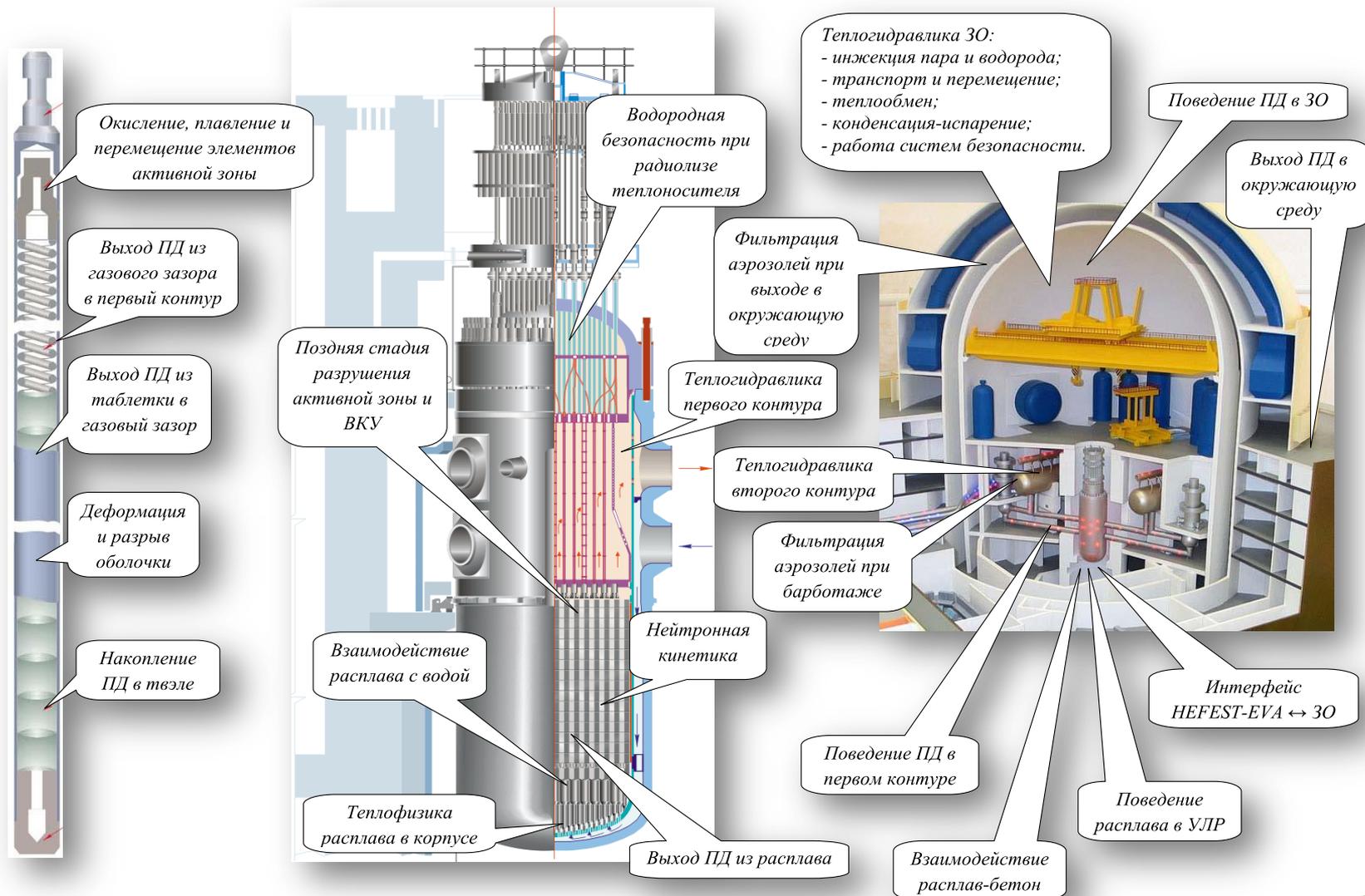




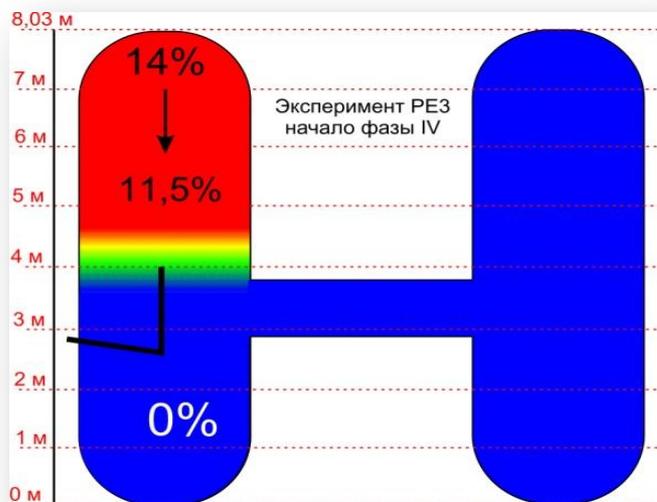
# АЭС Ф-1



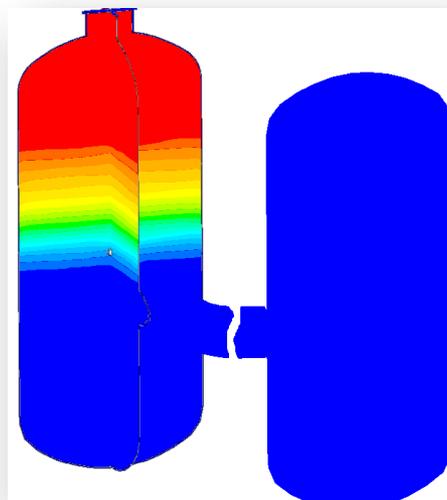
# Инструментарий для анализа ТА (СОКРАТ – КУПОЛ)



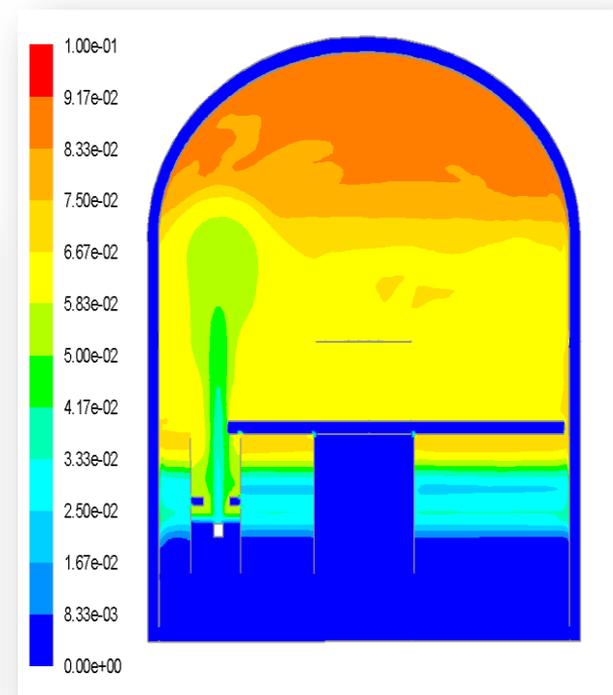
# Аккумуляция водорода на фазе разрушения активной зоны



Маломасштабный эксперимент РЕЗ на установке PANDA



Расчет эксперимента с помощью модели



Расчет реального объекта с помощью модели

Для информации! Срочно!

✓ Институту безопасного развития атомной  
энергетики Российской академии наук

**ПЕРВЫЙ ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ  
ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Вручить  
**НЕ МЕДЛЕННО**

МОСКВА

1. Госкорпорация "Росатом" (С.В.Кириенко)

Прошу обеспечить совместно с Институтом безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук постоянный мониторинг и анализ развития ситуации на аварийных энергоблоках АЭС Японии.

2. Росгидромет (А.В.Фролову)

Прошу обеспечить совместно с Институтом безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук мониторинг, оценку и прогноз метеобстановки Дальневосточного федерального округа Российской Федерации с оценкой возможного трансграничного переноса радиоактивных веществ.

Провести консервативный анализ и прогноз распространения радиоактивного загрязнения в окружающей среде с оценкой возможного воздействия на население субъектов Российской Федерации, входящих в Дальневосточный федеральный округ.

3. МЧС России (С.К.Шойгу)  
Минздравсоцразвития России (Т.А.Голиковой)  
Госкорпорация "Росатом" (С.В.Кириенко)

Прошу организовать совместно с органами исполнительной власти Камчатского края, Приморского края, Хабаровского края, Магаданской области, Сахалинской области внеплановые проверки готовности сил и средств противоаварийного реагирования, а также принять меры профилактической радиационной защиты на территории указанных субъектов Российской Федерации.

Срок - 22 марта 2011 г.

И.Увалов

"14" марта 2011 г.

ИШ-П7-1476

№ 4

ИБРАЗ РАН  
Вход. № 8-111  
16 MAR 2011 г.

21031570.doc

Оперативному  
дежурному МЧС  
России  
12/03/11, 21:00

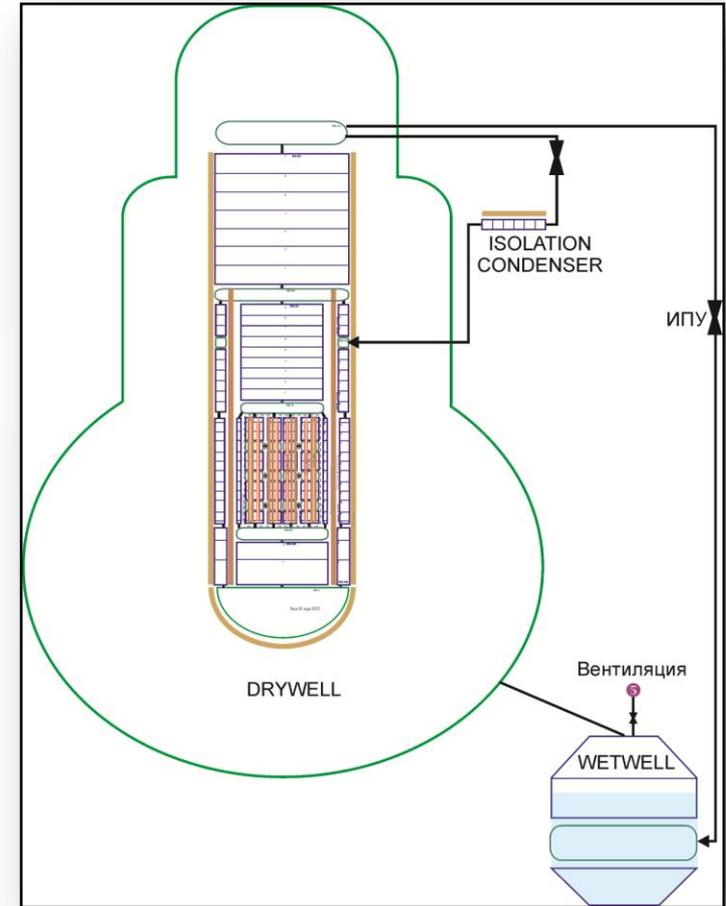
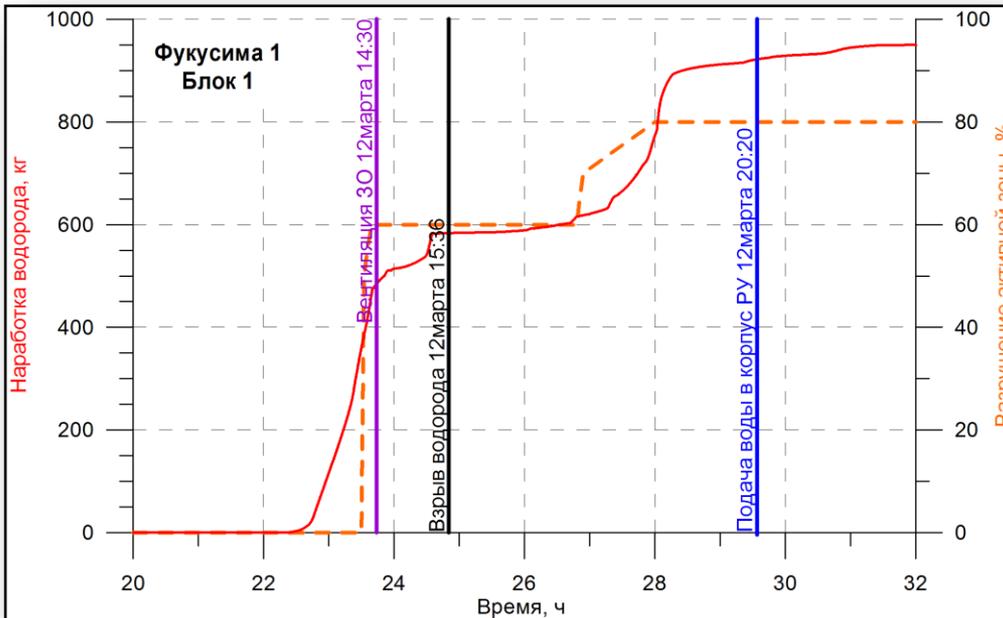


## Справка № 9

Расчетный анализ консервативного по сценарию протекания аварии на АЭС показывает, что прогнозируемые дозы облучения даже в случае выпадения осадков над территорией г.Владивостока значительно меньше значений, представляющих сколь-либо значимый ущерб здоровью и не требуют каких-либо мер вмешательства.

# Расчетный прогноз ситуации на АЭС «Фукусима-1»

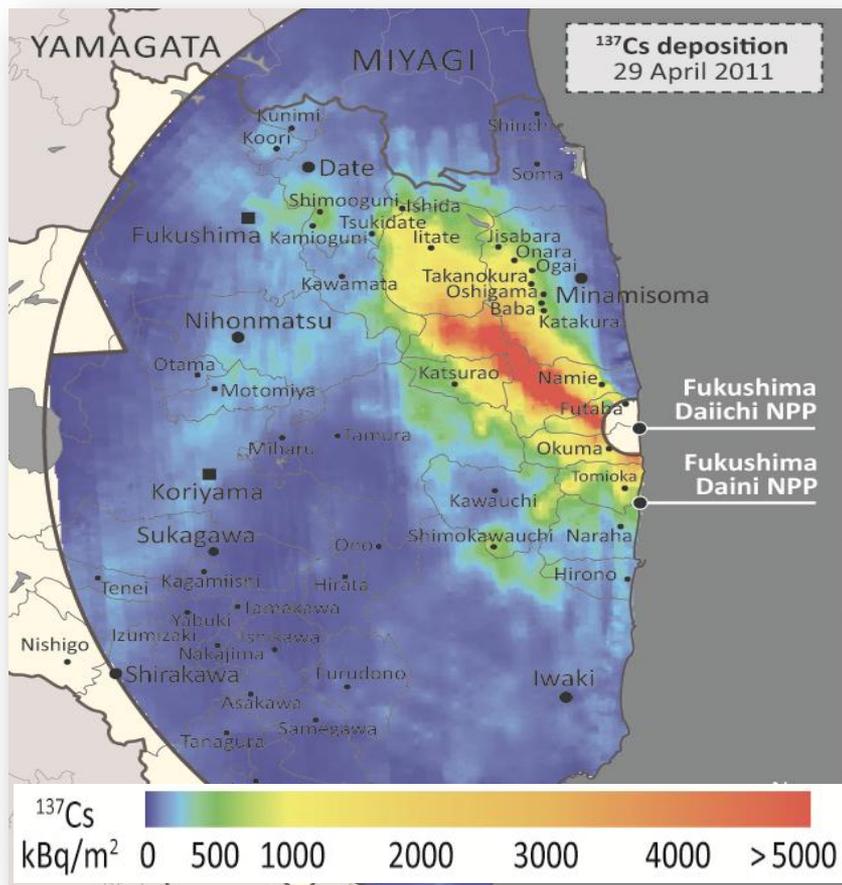
	Расчетное время (яп.) взрыва водорода	Фактическое время (яп.) взрыва водорода
Блок 1	12 марта 15:16	12 марта 15:36
Блок 2	15 марта 05:45	15 марта 06:14
Блок 3	14 марта 08:00	14 марта 11:01



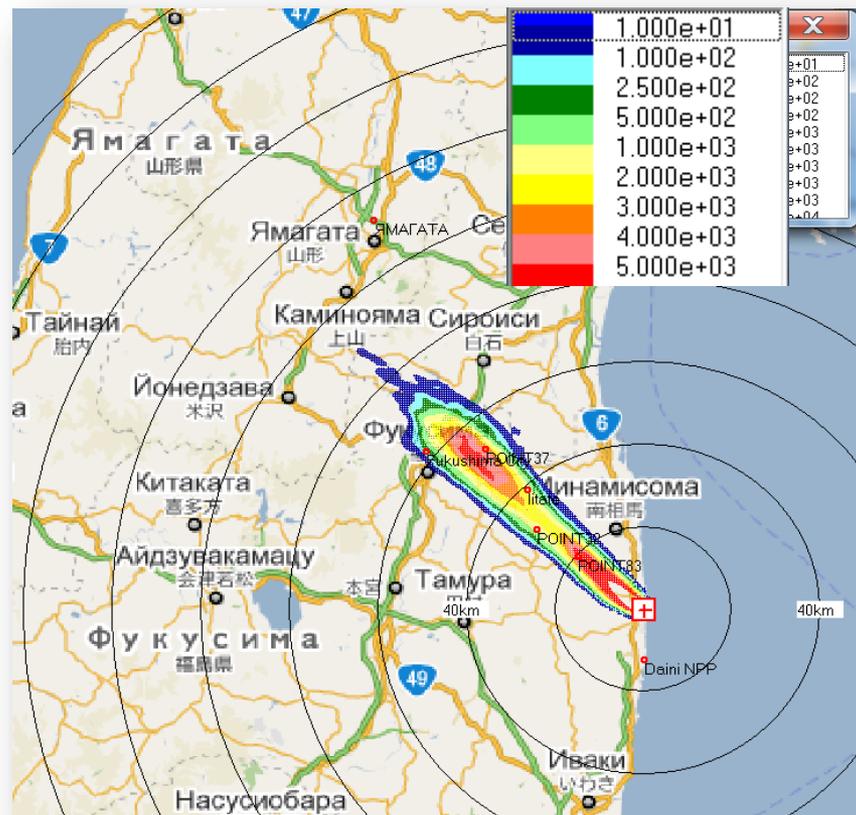
Расчетная модель РУ BWR/3 для кода СОКРАТ

# Оценка плотности выпадений Cs-137 с учетом прогнозных метеополей (расчеты проводятся на кластерной вычислительной установке)

Результаты радиационной разведки МЕХТ, Япония (2011), Максимум - 15.5 МБк/м<sup>2</sup>

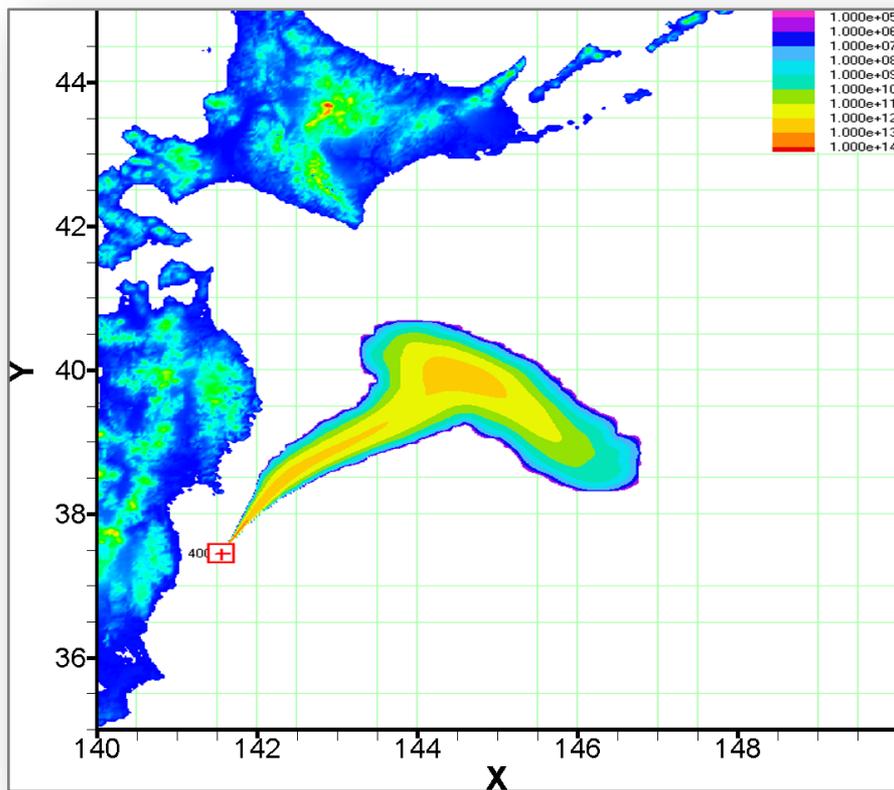


Моделирование ИБРАЭ (2011), Максимум – 70.0 МБк/м<sup>2</sup>

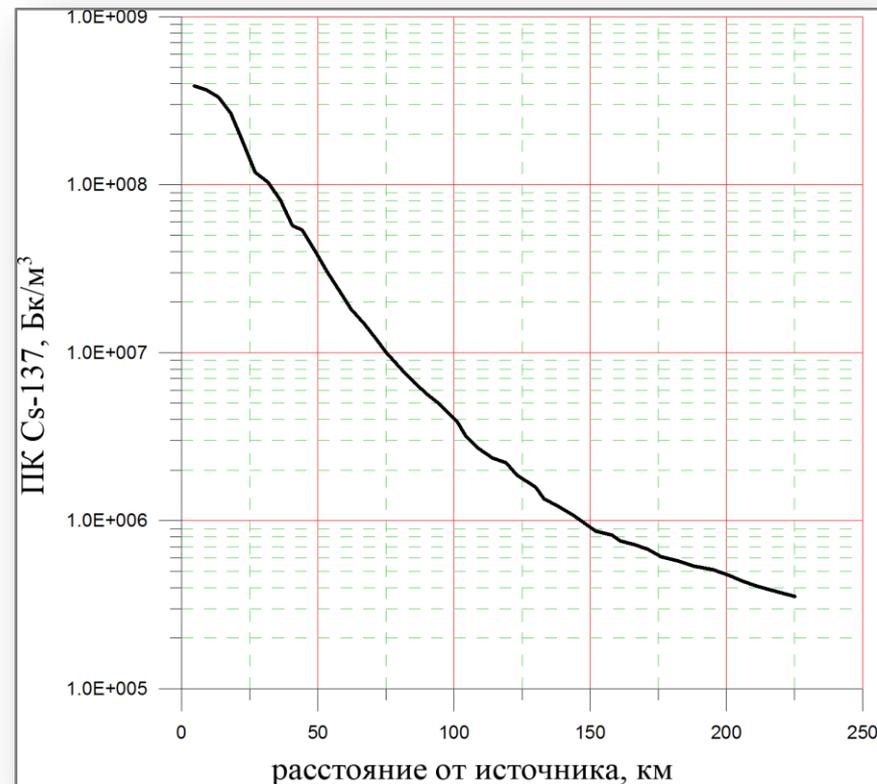


# Выброс 1 Мку Cs-137

Проинтегрированные по времени концентрации в верхнем перемешанном слое за 40 дней для мгновенного источника.



Максимальные концентрации в пятне в зависимости от расстояния до берега (время дрейфа пятна – месяц). Все сделано для мгновенного источника.



## Справка по уровням загрязнения рыбы у берегов Японии.doc

Panchenko S.V.

Вы переадресовали это сообщение 09.06.2011 15:04.

Отправлено: Чт 14.04.2011 11:54

Кому: Krasnoperov S.N.

Сообщение Справка по уровням загрязнения рыбы у берегов Японии.doc (51 Кбайт)

# Справка по уровням загрязнения рыбы у берегов Японии

Каждую весну, лишь только морские прибрежья Камчатки достаточно прогреваются после зимних холодов, здесь в массе появляется небольшая, веретенообразной формы рыба с заостренной головой, чем-то напоминающая сайпу. Эта рыба — дальневосточная песчанка, широко распространенная в северной части Тихого океана от Желтого до Чукотского моря по азиатскому побережью и далее на юг вдоль берегов Америки вплоть до Калифорнии.



Песчанка ведет прибрежный образ жизни, обычно не встречается глубже 100 м. Являясь стайной рыбой, которая в течение суток совершает вертикальные миграции в толще воды, она ночью поднимается в поверхностные слои, днем же, наоборот, концентрируется у грунта. Ее размеры не превышают 28 см и вес — 100 г, а продолжительность жизни — 6 лет. Русское название этой рыбы связано с тем, что в своем распределении она предпочитает участки с песчаным дном, куда может быстро закапываться в случае опасности. Питается песчанка преимущественно мелкими ракообразными, которых находит в грунте и в поверхностных водах.

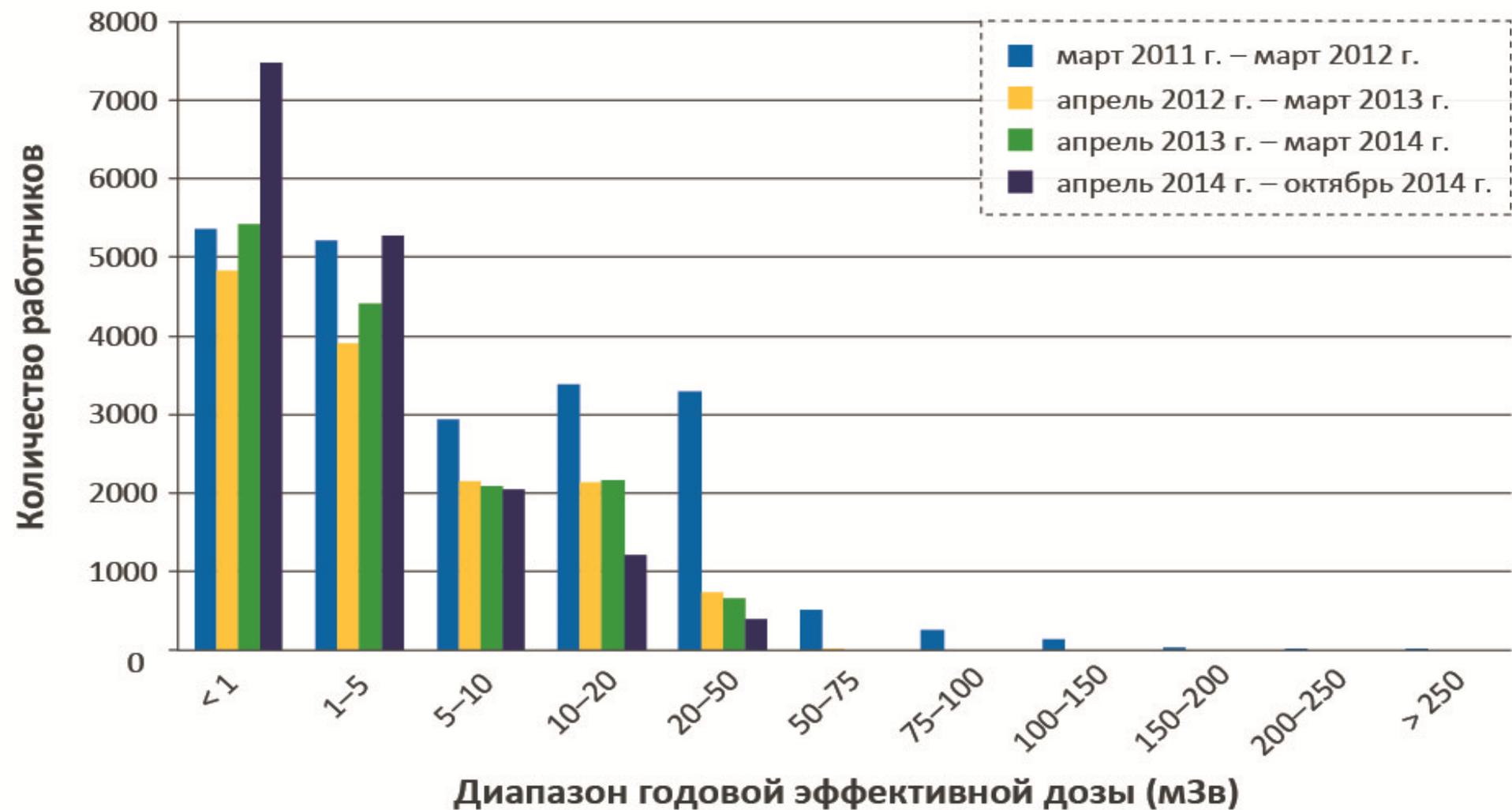
Поскольку песчанка довольно многочисленна в дальневосточных морях, образует плотные скопления и обладает хорошим вкусом, она имеет существенное промысловое значение, хотя до настоящего времени специализированно ловится только в охотнических водах пролива Лаперуза у берегов Сахалина и Японии. О масштабах существующего в этом районе промысла наглядное представление дает тот факт, что в отдельные годы вылов песчанки лишь японскими рыбаками здесь достигал более 100–150 тыс. тонн. В значительной степени этот улов идет на кормовые добавки животным и птицам.

Мальки рыбы, вес которых нередко менее 1 г обитают в мелких прибрежных водах и также часто зарываются в песок. Их питание составляют мельчайшие ракообразные и одноклеточные обитатели поверхностных вод.



Уровни загрязнения донных отложений от АЭС «Фукусима-1» по г. Иваки префектуры Ибараки по самым ориентировочным оценкам могли составлять по  $^{137}\text{Cs}$  от 10 МБк/м<sup>2</sup> в 1 км от АЭС до 0,3 МБк/м<sup>2</sup> в районе г. Иваки. Такое загрязнение песчаного дна на мелководье у берега может привести к кратковременному и значительному увеличению содержания  $^{137}\text{Cs}$  в организме мальков, а затем и рыбы. Предварительные оценки показывают, что пиковая концентрация в мелкой рыбе у берегов Иваки может составлять до 1 кБк/кг (а в мальках и выше) до 100 кБк/кг в непосредственной близости от АЭС. Рыба песчанка служит кормом для промысловой трески. Учитывая, что площадь кормовой базы у трески довольно значительна, а концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в песчанке по мере ее роста будет убывать (из-за постепенного удаления от берега и более чистого корма) уровни концентрации этого нуклида в треске не следует ожидать выше 200 Бк/кг.

Выловленные 4 апреля в районе Иваки мальки песчанки с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  0,53 кБк/кг и 13 апреля на побережье префектуры Фукусима с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  12,5 кБк/кг не следует считать артефактом. В то же время реальная угроза как для местной морской биоты, так и для населения пока не прогнозируется.

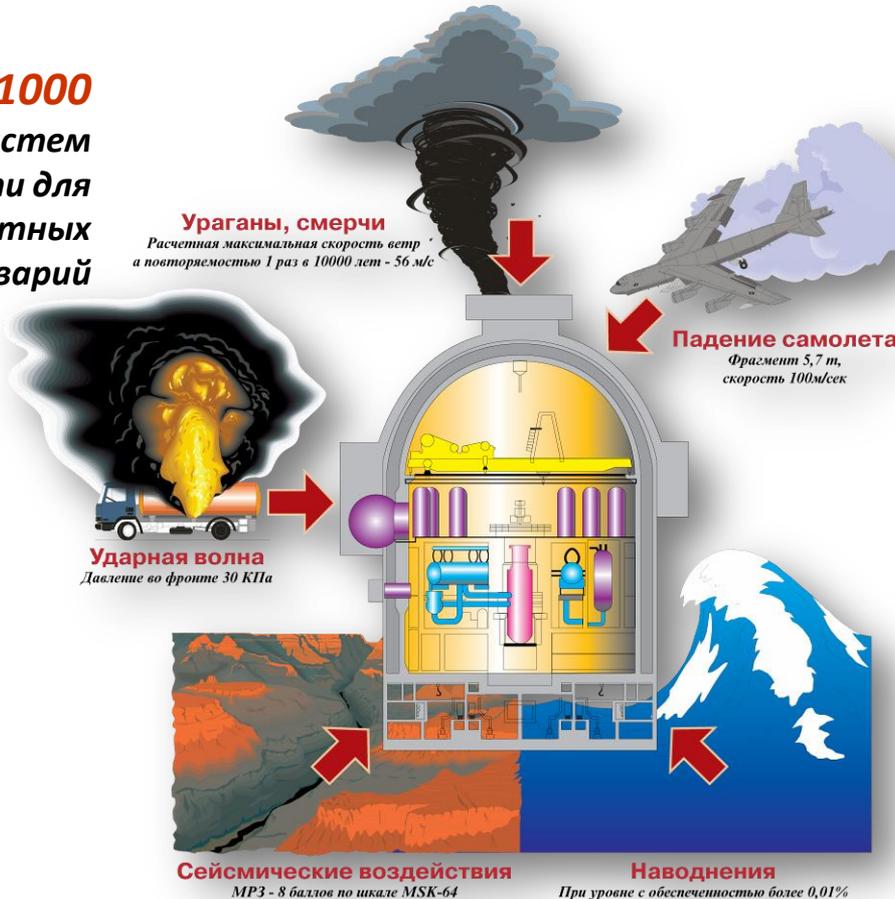


**Сравнение эффективной дозы для аварийных работников на площадке АЭС "Фукусима-дайити" с марта 2011 года по октябрь 2014 года. Высокие эффективные дозы имели место в течение года после аварии. К 2012 году эффективные дозы для работников стали низкими и были сравнимы с дозами, получаемыми в ходе нормальной эксплуатации**

*Comparison of effective dose for emergency workers at the Fukushima Daiichi NPP site between March 2011 and October 2014. High effective doses occurred over the year following the accident. By 2012, effective doses to workers were low, and were comparable with those incurred in normal operations*

# 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



# АЭС ВВЭР-ТОИ

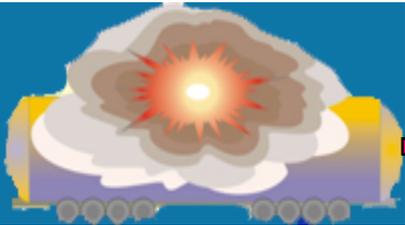
## Защита от внешних воздействий

### 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

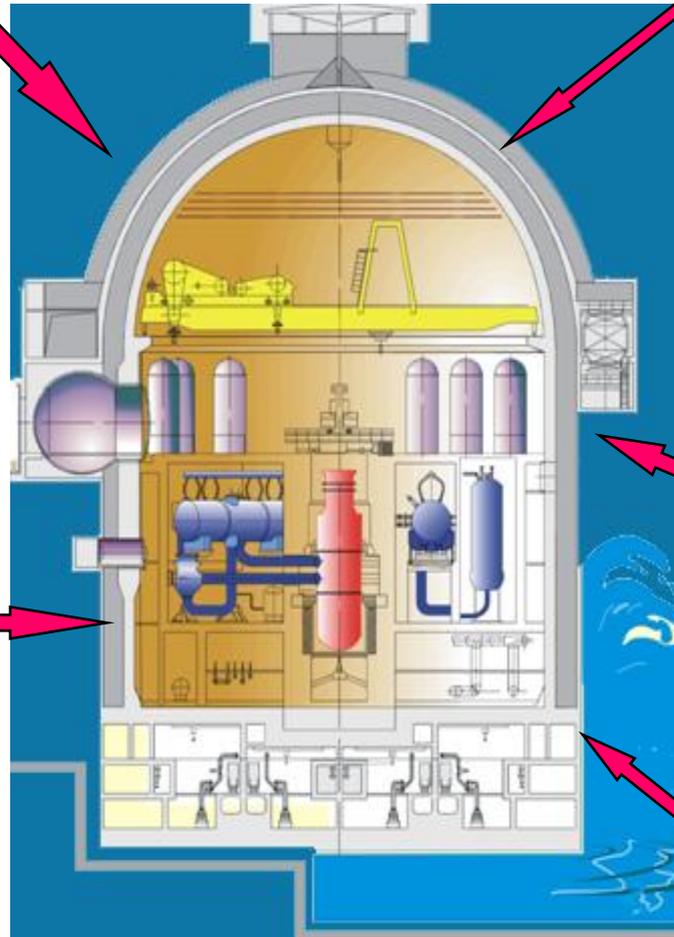
ОПЦИЯ: 400,0 тонн



### НАВОДНЕНИЯ, ШТОРМЫ

Применительно к условиям конкретной площадки

### ДЛИТЕЛЬНАЯ ПОТЕРЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ПОДАЧИ ВОДЫ



# Территориальные системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования

Созданы ИБРАЭ РАН совместно с МЧС России, Росатомом, Росгидрометом, администрациями территорий в субъектах Российской Федерации



1. Москва
2. Калужская область
3. Орловская область
4. Тульская область
5. Брянская область
6. Тверская область
7. Курская область
8. Воронежская область
9. Волгоградская область
10. Калининградская область
11. Ленинградская область
12. Архангельская область
13. Мурманская область
14. Челябинская область
15. Свердловская область
16. Курганская область
17. Алтайский край
18. Красноярский край
19. Томская область
20. Республика Саха (Якутия)
21. Хабаровский край
22. Камчатская край
23. Приморский край
24. Сахалинская область

## Текущая концепция подготовки и вывода из эксплуатации блоков АЭС

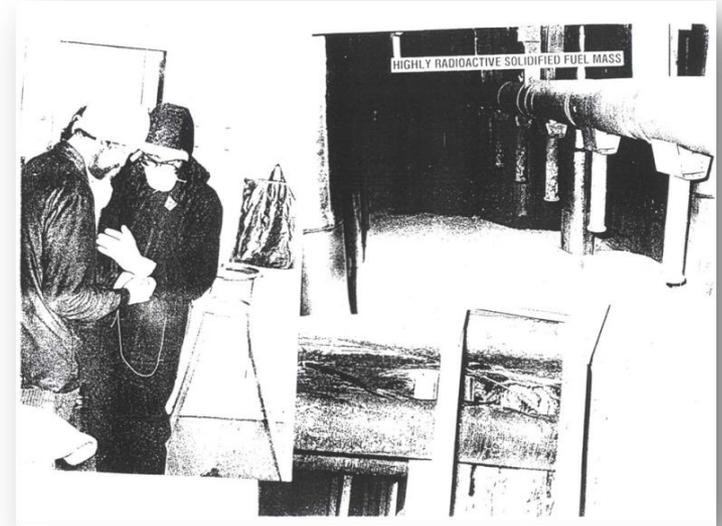


- Отложенный демонтаж определен для следующих блоков АЭС<sup>о</sup>:
  - Блоки № 1,2 Нововоронежской АЭС
  - Блоки № 1-4 Кольской АЭС
  - Все блоки Билибинской АЭС
- Принят подход к ВЭ многоблочной АЭС, при котором 1-ый блок АЭС, расположенный на площадке, выводится по варианту отложенный демонтаж:
  - Блок №1 Балаковской АЭС
  - Блок №1 Калининской АЭС
  - Блок №1 Ростовской АЭС
- Для всех остальных энергоблоков, включая РБМК, концепция ВЭ - "немедленный демонтаж"









The Bechtel team with Dr. Raphael Haroutunian of the Institute of Development and Safety Problems of Atomic Energetics, right, wearing protective clothing in the containment structure. From left, Varoujan Torikian, Asadour Hadjian, Vahe Karrian.



