

**Павлов С.В., Федулин В.Н.  
(НИИАР, ГК «РОСАТОМ»)**

---

**ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ  
ПОДДЕРЖАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ  
ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК.  
ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ «КОАЛИЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ  
РЕАКТОРОВ» СТРАН СОДРУЖЕСТВА НЕЗАВИСИМЫХ  
ГОСУДАРСТВ**

*19 – 20 октября 2010 года Минск, Республика Беларусь*

---

Научно-исследовательские ядерные установки (ИЯУ) играют важную роль в развитии ядерной энергетики и используются для выполнения широкой программы фундаментальных исследований в различных областях науки и техники многих стран. Прикладные исследования на ИЯУ гарантируют надёжное обоснование и поддержание на должном уровне безопасности объектов ядерной энергетики.

---

Согласно данным МАГАТЭ на январь 2010 года в мире на территории 70 стран насчитывалась 666 исследовательских ядерных установок, из них 239 установок действуют, 245 - остановлены, 176 – выводятся из эксплуатации, 5 – строятся и 1 – запланирована к сооружению (TRR-2, Таиланд). В России имеется самое большое количество работающих ИЯУ (51), следом идут США (41), Китай (15), Япония (13), Франция (12) и Германия (11). В различном состоянии (статусе) имеют ИЯУ Казахстан (3), Украина (3), Беларусь (1), Узбекистан (1).

## Распределение ИЯУ по типам и состояниям (на 01.01.2010 г.).

Страна, код МАГАТЭ	Имя ИЯУ	Мощность, кВт	Тип ИЯУ	Статус	Дата физпуска
<b>Казахстан</b>					
KZ-0001	WWR-K ALMA ATA	6 000,00	БАССЕЙНОВЫЙ	ДЕЙСТ	22.10.1967
KZ-0002	IGR	10 000,00	КОРПУСНОЙ ВВР	ДЕЙСТ	01.01.1961
KZ-0003	EWG 1	60 000,00	КОРПУСНОЙ	ДЕЙСТ	01.01.1972
<b>Украина</b>					
UA-0001	WWR-M KIEV	10 000,00	КОРПУСНОЙ ВВР	ДЕЙСТ	02.12.1960
UA-0002	SNI, IR-100	200,00	БАССЕЙНОВЫЙ, ИРТ	ОСТАН	18.04.1967
UA-0003	SPh IR-100	0,00	КРИТ. СБОРКА	ОСТАН	17.07.1974
<b>Беларусь</b>					
BY-0001	IRT-M MINSK	4 000,00	БАССЕЙНОВЫЙ, ИРТ	ВЫВОД	01.04.1962
<b>Узбекистан</b>					
UZ-0001	WWR-CM TASHKENT	10 000,00	КОРПУСНОЙ ВВР	ДЕЙСТ	10.09.1959

Вопросам безопасности использования ИЯУ уделяется особое внимание, исходя из их существенных особенностей.

---

**1.** Многие исследовательские реакторы расположены либо в черте крупных городов либо в непосредственной близости от них, поэтому аварии на них, несмотря на небольшие уровень мощности и длительность кампании исследовательских реакторов в сравнении с реакторами АЭС, могут приводить к значительному воздействию на население.

**2.** Обогащение урана, используемого в исследовательских реакторах, велико. Даже после снижения его до 20%, что предусмотрено программой снижения обогащения, оно будет значительно больше, чем в энергетических реакторах на тепловых нейтронах.

---

**3.** Запас реактивности исследовательских реакторов и критических стенов высок, что увеличивает потенциальную опасность аварий реактивностного типа.

**4.** Особенностью исследовательского реактора являются частые изменения конфигурации активной зоны, что заставяет делать ее относительно доступной для внешних воздействий. Эффективность ТВС, загружаемых в активные зоны исследовательских реакторов, обычно велика. В активной зоне исследовательского реактора или вблизи нее размещаются экспериментальные устройства, что вносит значительную реактивность. Вследствие этого перегрузочные работы на исследовательских реакторах особенно опасны.

---

**5.** Количество барьеров безопасности на исследовательских реакторах, как правило, значительно меньше, чем на реакторах АЭС. Проницаемость некоторых защитных барьеров на исследовательских реакторах также, как правило, значительно выше, чем на реакторах АЭС.

**6.** Персонал исследовательских реакторов не имеет столь жестко регламентированных инструкций, как персонал на реакторах АЭС, степень его влияния на безопасность реактора гораздо выше. Кроме этого, на безопасность реактора могут влиять и специалисты, эксплуатирующие экспериментальные устройства на реакторе. В то же время облегченная доступность активной зоны и экспериментальных устройств повышает опасность работы на исследовательском реакторе для персонала исследовательского реактора.

---

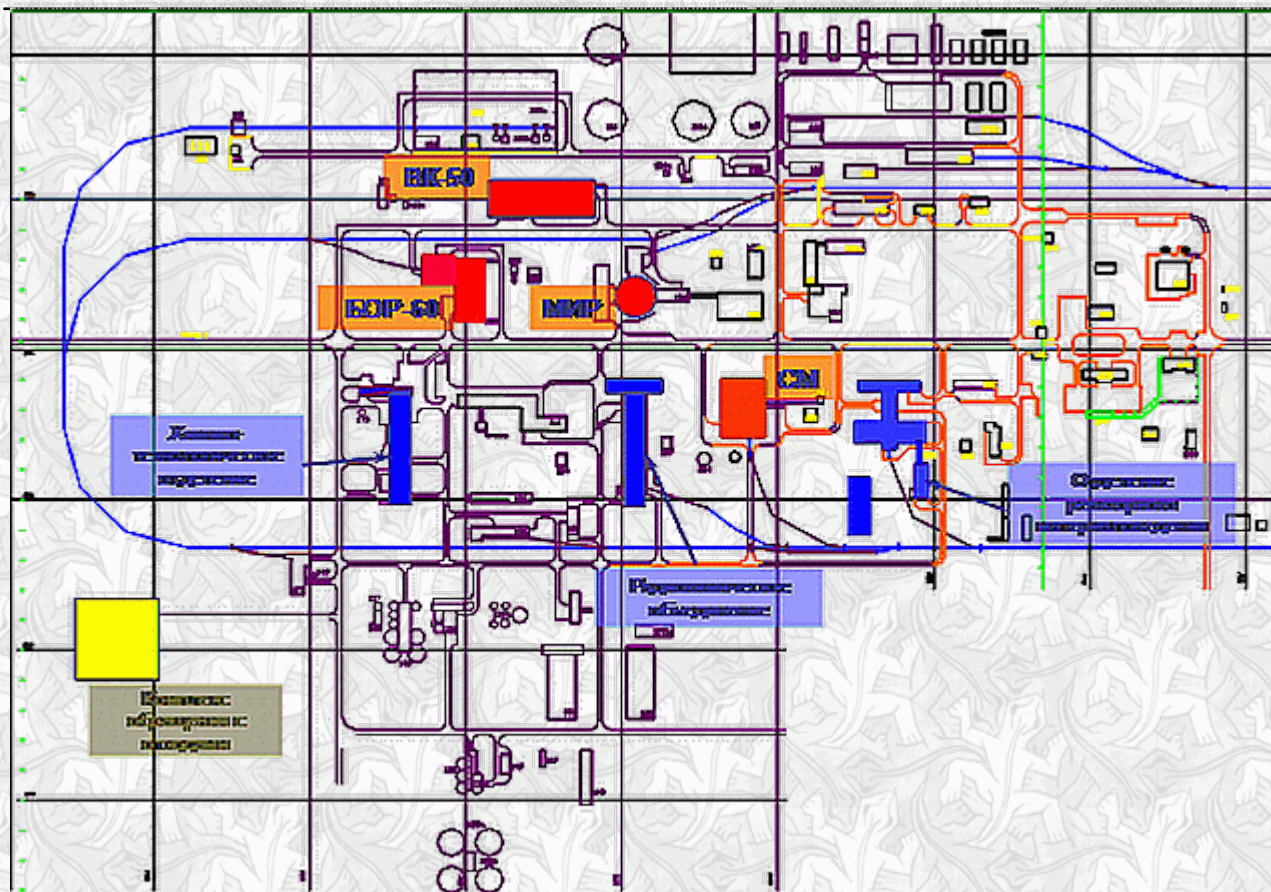
В 1992 г. МАГАТЭ включило в действующую программу по безопасности исследовательских реакторов задачу построения системы отчётности по инцидентам на исследовательских реакторах (**IRSRR**), аналогичную системе отчётности по нарушениям на атомных электростанциях. Целью работы является совершенствование системы безопасности исследовательских реакторов посредством обмена информацией по необычным событиям (инцидентам). С 2002 г. система IRSRR выполняет функции международного форума, на котором можно поделиться опытом эксплуатации исследовательских реакторов. По состоянию на начало 2010 года из 70 стран, имеющих ИЯУ, 50 – являются участниками системы IRSRR и 37 из них представили данные об инцидентах на своих ИЯУ.



В 1998 г. в Росатоме на базе «ГНЦ НИИАР» был создан Отраслевой Центр сбора и анализа информации по безопасности исследовательских ядерных установок (**ЦАИ ИЯУ**). Выбор НИИАР не был случаен и объясняется тем, что в НИИАР находится 8 исследовательских реакторов, 6 из которых в настоящее время успешно эксплуатируются.

№ п/п	Имя ИЯУ	Мощность, кВт	Тип ИЯУ	Статус	Дата физпуска
1.	СМ-3	100 000,00	КОРПУСНОЙ, СВЕРХМОЩНЫЙ	ДЕЙСТ	23.05.1961
2.	РБТ-6	6 000,00	БАСЕЙНОВЫЙ	ДЕЙСТ	24.09.1975
3.	МИР.М1	100 000,00	КАНАЛЬНЫЙ В БАСЕЙНЕ	ДЕЙСТ	24.12.1966
4.	РБТ-10/1	10 000,00	БАСЕЙНОВЫЙ	ВЫВОД	30.12.1982
5.	РБТ-10/2	10 000,00	БАСЕЙНОВЫЙ	ДЕЙСТ	26.11.1983
6.	БОР-60	60 000,00	КОРПУСНОЙ, БЫСТРЫЙ	ДЕЙСТ	07.12.1969
7.	ВК-50	200 000,00	КОРПУСНОЙ, КИПЯЩИЙ	ДЕЙСТ	15.12.1964
8.	АРБУС-АСТ1	5 000,00	КОРПУСНОЙ, ОРГАНИЧЕСКИЙ	ВЫВОД	11.08.1963
9.	СМ	0,005	КРИТ. СБОРКА	ДЕЙСТ	16.01.1970
10.	МИР	0,02	КРИТ. СБОРКА	ДЕЙСТ	07.10.1966

## Размещение ИЯУ на площадке НИИАР



---

В рамках новой ФЦП «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010-2015 годов и на перспективу до 2020 года» в НИИАР планируется построить два новых реактора:

- Многофункциональный быстрый исследовательский реактор (МБИР);
- Свинцово-висмутовый быстрый реактор СВБР-100.

## ЦАИ ИЯУ

---

С 2000 года Центр проводит сбор, обработку и анализ информации о работе всех исследовательских ядерных установок (ИЯУ) России и еженедельно представляет соответствующую информацию в Департамент ядерной и радиационной безопасности, организации лицензионной и разрешительной деятельности и Ситуационно-кризисный центр Государственной корпорации «Росатом».

---

Для решения задач, возложенных на Центр, разработана и внедрена уникальная информационная система по сбору и обработке данных по отказам оборудования и нарушениям в работе исследовательских ядерных установок России, в базе данных которой содержатся сведения о работе всех ИЯУ России, с начала эксплуатации по настоящее время. Информация о работе исследовательских ядерных установок актуализируется еженедельно.

---

В Центре сконцентрирована следующая информация:

- основные данные об ИЯУ (сведения о состоянии, лицензиях и т.д.);
- основные характеристики ИЯУ;
- основные показатели работы ИЯУ;
- информация о нарушениях и отчеты о расследовании нарушений в работе ИЯУ;
- годовые отчеты по оценке текущего состояния ядерной и радиационной безопасности исследовательских реакторов;
- отчеты по обоснованию безопасности ИЯУ.

---

Участниками информационной системы являются двадцать организаций пяти Министерств и ведомств России. Эти организации предоставляют данные о работе всех ИЯУ России, включая исследовательские реакторы (ИР), критические (КС) и подкритические (ПКС) стенды. По состоянию на октябрь 2010 года в базе данных информационной системы содержатся основные сведения о 115 ИЯУ России, их характеристики, показатели эксплуатации и 2 263 отчета о расследовании нарушений в работе ИЯУ.

---

Накопленная информация о работе ИЯУ используется для формирования исходных данных для оценок безопасности исследовательских ядерных установок, для выявления направлений развития и оценки эффективности эксплуатации установок, для анализа режимов функционирования систем безопасности и разработки рекомендаций по предупреждению нарушений.

Центр ежегодно выпускает «Информационный бюллетень о нарушениях в работе ИЯУ России», регулярно проводит работу по комплексному анализу состояния ядерной и радиационной безопасности ИЯУ.



---

Состояние ядерной и радиационной безопасности исследовательских реакторов Государственной корпорации «Росатом» и исследовательских установок других эксплуатирующих организаций неоднократно обсуждалось на ежегодных отраслевых совещаниях «Безопасность исследовательских ядерных установок», проводимых на базе ОАО «ГНЦ НИИАР», в которых принимают участие представители предприятий и организаций Государственной корпорации «Росатом», Российской академии наук, Ростехнадзора, Минобрнауки, а также Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и национальных агентств по атомной энергии некоторых европейских стран.

---

Центр, ежегодно организуя совещания в городе Димитровграде, стал общепризнанной постоянно действующей площадкой по обмену опытом эксплуатации и организации обеспечения безопасности ИЯУ, на которой с неизменной заинтересованностью собираются ведущие специалисты России в данной области.

Проведение очередного, 13-го ежегодного отраслевого совещания по обсуждению вопросов безопасности ИЯУ с приглашением иностранных специалистов планируется в период **с 23 по 27 мая 2011 года.**

---

Исторически процесс создания атомной энергетики в России начинался, как и в других странах, с создания исследовательского реактора. Первый исследовательский реактор в России (Ф-1, г. Москва) был пущен в 1946 году. Этот реактор эксплуатируется до сих пор. Дальнейшее интенсивное развитие атомной энергетики вызвало необходимость создания новых ИЯУ, при этом в России до 90-х годов прошлого столетия наблюдался постоянный рост количества находящихся в эксплуатации ИЯУ. В дальнейшем количество ИЯУ сокращается из-за вывода части установок из эксплуатации.

---

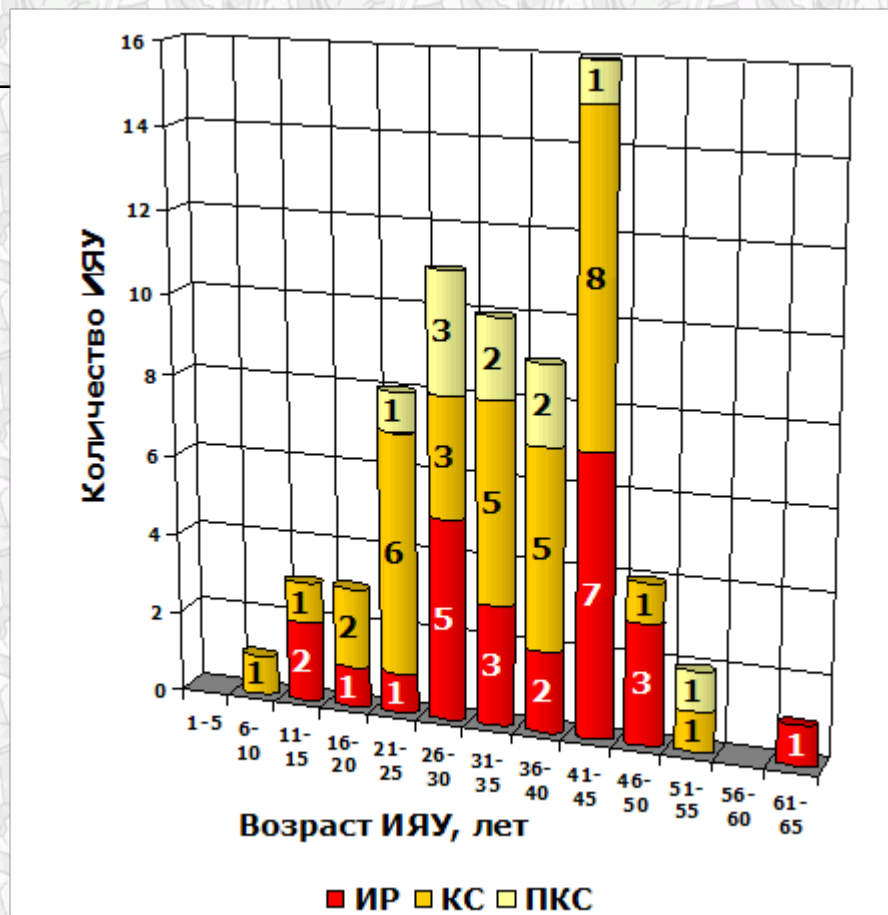
На 01.01.2010 г. в России насчитывалось 82 ИЯУ, из них: 51 действует, 2 реконструируются, 8 законсервированы, 18 выводятся из эксплуатации, 3 строятся. Среди строящихся – реакторная установка ПИК (ПИЯФ), электроядерный генератор нейтронов ЭГН, сооружаемый на базе выводимого из эксплуатации тяжеловодного реактора ТВР (ГНЦ РФ ИТЭФ), и исследовательский реактор ИРВ-М2, создаваемый на основе реконструируемого реактора ИРВ-М1 (НИИП). В 2010 году было принято также решение о сооружении в России многоцелевого исследовательского реактора на быстрых нейтронах мощностью 100–200 МВт (МБИР).

## Распределение ИЯУ России по типам и состояниям (на 01.01.2010 г.)

Тип ИЯУ	Количество ИЯУ					
	Всего	Действующих	На реконструкции	На консервации	Выводимых из эксплуатации	Строящихся
<b>ИР</b>	<b>34</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
<b>КС</b>	<b>35</b>	<b>26</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>ПКС</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Итого</b>	<b>82</b>	<b>51</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>3</b>

Среди действующих ИЯУ в России преобладают критические стенды и исследовательские реакторы

## Распределение количества ИЯУ России, находящихся в эксплуатации, по длительности их использования



Большинство ИЯУ России находятся в эксплуатации более 25–30 лет

---

Длительная работа установки, как известно, приводит к снижению эксплуатационных характеристик ее элементов и систем вследствие изменения свойств материалов, деградации и морального старения отдельных элементов и объекта в целом. Это, в свою очередь, влечет за собой возможное снижение уровня безопасности.

Для обоснования технической возможности продолжения эксплуатации ИЯУ, с учетом установленного уровня безопасности за пределами назначенного срока службы, проводится обследование технического состояния элементов, систем и конструкций ИЯУ и ведется последующее управление ресурсными характеристиками их элементов.

---

Возрастающие требования к обеспечению безопасности при эксплуатации ИЯУ инициируют разработку и выполнение специальных мероприятий по модернизации и продлению сроков службы элементов систем ИЯУ, важных для безопасности. Наибольшее внимание уделяется системам управления и защиты ИЯУ, системам электроснабжения, системам контроля радиационной безопасности ИЯУ. Ведется контроль металла тепломеханического оборудования и учет циклических нагрузок этого оборудования, позволяющий прогнозировать их ресурс.



---

Продление сроков эксплуатации ИЯУ в ряде случаев достигается и путем изменения (смягчения) условий эксплуатации. На основании технического состояния элементов ИЯУ принимается решение о сроках и качестве технического обслуживания, необходимости ремонта, модернизации элементов и, в случае необходимости, их замены. Управление ресурсными характеристиками, в конечном счете, позволяет продлить срок службы ИЯУ в целом.

---

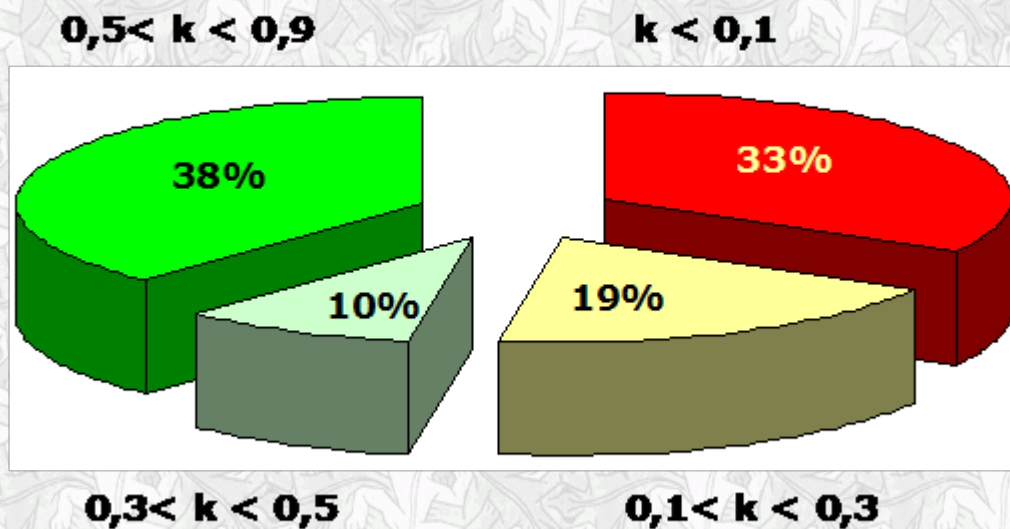
На исследовательских реакторах России проводятся исследования по широкому спектру научных дисциплин в области фундаментальной физики, радиационного материаловедения, получения и производства изотопов, легирования кремния, безопасности реакторов, реакторных технологий, нейтронного активационного анализа, испытаний и калибровки детекторов, медико-биологических применений, реализации реактора термоядерного синтеза. На части ИЯУ дополнительно выполняются различные образовательные программы.

---

Загруженность ИЯУ научными и учебными программами, как правило, определяет длительность их работы на мощности. Качественно востребованность ИЯУ можно характеризовать временным коэффициентом использования реактора, определяемым как отношение времени работы исследовательского реактора на мощности к календарному времени в году.

## Распределение временного коэффициента использования исследовательских реакторов России в 2010 г.

---



Часть исследовательских реакторов интенсивно использовалась, однако одна треть из них работала менее 10 % календарного времени.

За 2009 год было зарегистрировано 15 нарушений в работе ИЯУ России.

Непосредственная причина нарушения	Количество нарушений									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Отказ элемента	29	32	18	14	13	19	16	12	10	8
Ошибка персонала	9	10	8	3	4	3	4	3	0	1
Отклонения в работе внешних электросетей	25	12	15	11	15	28	28	15	14	6
Итого	<b>63</b>	<b>54</b>	<b>41</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>50</b>	<b>48</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>15</b>

Это самый низкий уровень количества нарушений за последние 10 лет.

- 
- Количество нарушений, непосредственными причинами которых явились отказы элементов ИЯУ, в последние пять лет меняется незначительно и имеет устойчивую тенденцию к снижению в последние три года;
  - Количество нарушений, непосредственными причинами которых были ошибки персонала, находится на достаточно низком уровне (3-4) в рассматриваемые годы (в 2008 году – 0, в 2009 году – 1);
  - Количество нарушений, непосредственными причинами которых были отклонения в работе внешних электросетей, после резкого возрастания в 2005-2006 годах (до 28), снизилось в 2008 г. до уровня предшествующих лет и в 2009 г. – до 6.

## Распределение нарушений по категориям за десятилетний период

Год	Количество нарушений											
	А01	А02	П01	П02	П03	П04	П05	П06	П07	П08	П09	Итого
2000				1		1	7	9	3	17	25	<b>63</b>
2001				1		1	11	9	1	19	12	<b>54</b>
2002							5	8	1	12	15	<b>41</b>
2003							4	3		10	11	<b>28</b>
2004							3	4	1	9	15	<b>32</b>
2005							6	3		13	28	<b>50</b>
2006							6	4	2	8	28	<b>48</b>
2007				3	1	1	3	1	1	5	15	<b>30</b>
2008							1			9	14	<b>24</b>
2009							4	1		4	6	<b>15</b>
<b>Всего</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>50</b>	<b>42</b>	<b>9</b>	<b>106</b>	<b>169</b>	<b>385</b>

## Распределение нарушений в работе ИЯУ России по уровням международной шкалы ядерных событий (INES) в 2000 - 2009 годах

Уровень	2000г.	2001г.	2002г.	2003г.	2004г.	2005г.	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	Всего
<b>5</b>											<b>0</b>
<b>4</b>											<b>0</b>
<b>3</b>											<b>0</b>
<b>2</b>											<b>0</b>
<b>1</b>		2		1				5			<b>8</b>
<b>0</b>	63	52	41	27	32	50	48	25	24	15	<b>377</b>
<b>Итого</b>	<b>63</b>	<b>54</b>	<b>41</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>50</b>	<b>48</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>385</b>



---

Нарушения в работе ИЯУ России проходили без выхода радиоактивных веществ за установленные границы. Не было случаев облучения лиц из числа работников (персонала) и загрязнения помещений радиоактивными веществами, превышающих контрольные уровни.

Загрязнений радиоактивными веществами площадок размещения ИЯУ и территории за пределами площадок размещения ИЯУ не было.

---

Для снижения радиационного влияния ИЯУ на персонал, население и окружающую среду разработаны и действуют специальные мероприятия, позволяющие значительно снизить дозовые нагрузки для эксплуатационного персонала, а также снизить выбросы и сбросы радиоактивных продуктов в окружающую среду

Общее состояние безопасности эксплуатации ИЯУ в России оценивается как удовлетворительное.

---

В настоящее время при сокращении числа ИЯУ возникают задачи, требующие решения, такие как:

- ★ низкий уровень использования ИЯУ в одних странах и невозможность проведения исследований в некоторых областях фундаментальных наук, в развитии ядерной физики и технологии, дорогостоящей наработке радиоизотопов и других изделий для различного применения в поддержку ядерных энергетических программ – в других странах;
- ★ отсутствие стратегических бизнес-планов;
- ★ старение и необходимость проведение модернизации-реконструкции;

- 
- ★ наличие «свежего» или отработанного ядерного топлива с ВОУ;
  - ★ отсутствие аттестованного высокоплотного топлива с НОУ;
  - ★ накопление ОЯТ;
  - ★ планирование и реализация вывода из эксплуатации.

---

Было бы рациональным совместно использовать накопленный опыт эксплуатации ИЯУ в России и в других странах, создав коалицию исследовательских реакторов, а на первом этапе рассмотреть возможность организации в рамках стран СНГ Центра сбора и анализа информации по безопасности ИЯУ, на базе успешно функционирующего в России Центра (ЦАИ ИЯУ, г. Димитровград).

---

**СПАСИБО  
ЗА  
ВНИМАНИЕ !**