

## Сравнительная потенциальная опасность предприятий ядерного топливного цикла

В.М. Кузнецов<sup>1</sup>, Е.Э. Кузнецова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова РАН

<sup>2</sup>Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РФ

Освещены проблемы обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом на этапах хранения и утилизации. Приведён качественный и количественный состав радиоактивных отходов, накопленных за время функционирования производств. Сравнительный анализ потенциальной опасности предприятий атомного комплекса выполнен на основе технологических параметров, характеризующих их ядерную, радиационную и экологическую безопасность.

The problems of the manipulation with radioactive waste and fulfilled nuclear fuel at stages of a storage and utilization are covered. The qualitative and quantitative structure of radioactive waste accumulated during functioning manufactures is given. The comparative analysis of potential danger of the enterprises of a nuclear complex is executed on the basis of technological parameters describing their nuclear, radiating and ecological safety.

По состоянию на конец 2005 года загрязненные радионуклидами территории имелись в 26 организациях атомной отрасли, из них в 16 организациях Росатома. Основная часть загрязнений возникла в результате прошлой деятельности предприятий. Общая площадь загрязнённых территорий в отрасли составила 474,6 км<sup>2</sup>, в том числе:

- на промплощадках — 62,6 км<sup>2</sup>,
- в санитарно-защитных зонах — 215,1 км<sup>2</sup>,
- в зонах наблюдения — 196,9 км<sup>2</sup>,
- 94 % (446,78 км<sup>2</sup>) загрязнённых радионуклидами территорий — последствия аварии, произошедшей на «ПО «Маяк» в 1957 году.

На конец 2005 г. общая площадь загрязнённой территории вокруг ПО «Маяк» с мощностью дозы гамма-излучения, превышающей естественный фон более чем на 0,1 мкГр/час, составила 446,78 км<sup>2</sup>, из которых 78,8% — территории с превышением менее 0,5 мкГр/час, площади с превышением от 0,5 до 2 мкГр/час в пределах санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения составляют 28,4 км<sup>2</sup>, с превышением более 2 мкГр/час — 40 км<sup>2</sup> [1].

В 1999 г. предприятиями ядерного топливного цикла (ЯТЦ) в атмосферу было выброшено 92 тыс. тонн вредных химических веществ (ВХВ), в том числе: первого класса опасности —

0,0001%, второго — 21,1%, третьего — 44,7%. Превышение предельно допустимых нормативов имело место на 25 предприятиях по 47 наименованиям загрязняющих веществ. Сверхнормативные выбросы составили около 600 т. Наибольшую долю в них составляют вещества третьего класса опасности. Практически без улавливания выбрасываются в атмосферу сернистый ангидрид, оксид углерода, углеводороды.

В 1999 г. 46 предприятий Росатома сбросили в поверхностные водоемы 298 млн. м<sup>3</sup> загрязнённых ВХВ сточных вод, в том числе в бассейны Азовского и Черного морей — 9,5 (3 предприятия), арктических морей — 124,8 (20 предприятий), Балтийского моря — 91,4 (5 предприятий), Каспийского моря — 59,0 (16 предприятий), Тихого океана — 13,1 (2 предприятия) [1].

Основными веществами, отводимыми со сточными водами с превышением ПДК и ПДС, являются: нефтепродукты, азот аммонийный, фтор, тяжёлые и цветные металлы, (отходы гальванического производства). В 1999 г. нормативы ПДК на ряде предприятий превышены в 50-100 раз (ГХК<sup>1</sup>, НЗХК<sup>2</sup>, КЧХК<sup>3</sup>, Электро-механический завод «Авангард»<sup>4</sup>).

На предприятиях Росатома по состоянию на 1 января 2000 г. было наработано 20 млн. тонн токсичных отходов, в том числе первого класса опасности — 218 т, из которых ртутьсодержащих — 184 т, второго класса

<sup>1</sup> — Горно-химический комбинат г. Железнодорожск (Красноярск-26)

<sup>2</sup> — Новосибирский завод химических концентратов

<sup>3</sup> — Кирово-Чепецкий химический комбинат

<sup>4</sup> — г. Саров

опасности – 94 тыс. тонн, четвертого класса опасности – 19,8 млн. тонн.

Сложная радиэкологическая ситуация в России, сложившаяся в зоне воздействия ЯТЦ, связана, прежде всего, с использованием на предприятиях жидкостных технологий в уран-плутониевом цикле и в экстрагировании трансураниевых элементов, представляющих постоянный источник радиоактивных и других отходов, порождая вечную проблему водоёмов-накопителей, емкостей-хранилищ. Переход на принципиально иные виды технологий не планируется. Следовательно, будет продолжаться интенсивное загрязнение окружающей среды.

На настоящий момент на предприятиях Росатома в 105 пунктах хранения находится более 500 млн. м<sup>3</sup> жидких радиоактивных отходов (ЖРО), суммарная альфа-активность которых оценивается в  $1,9 \cdot 10^{16}$  Бк, а суммарная бета-активность –  $7,3 \cdot 10^{19}$  Бк. Твёрдые радиоактивные отходы (ТРО), суммарная альфа-активность которых составляет  $6 \cdot 10^{15}$  Бк и бета-активность –  $8,1 \cdot 10^{18}$  Бк, находятся в 274 пунктах хранения и составляют по массе около 180 млн. т.

К концу 2006 г. в России на АЭС и в хранилищах радиохимических заводов накоплено 18,5 тыс. т отработанного ядерного топлива. Объём отходов ядерного топлива (ОЯТ) неуклонно растёт. В России прирост составляет около 850 т ежегодно, в мире – 11-12 тыс. т. В том количестве ОЯТ, которое накоплено в России к концу 2006 г., содержание плутония составляет около 185 т.

Большое количество накопленных некондиционированных радиоактивных отходов, недостаточность технических средств для обеспечения безопасного обращения с ними, отсутствие надежных хранилищ для их длительного хранения (захоронения) повышают риск возникновения радиационных аварий и создают реальную угрозу радиоактивного загрязнения окружающей природной среды.

Экологические проблемы при захоронении и переработке радиоактивных отходов (РАО) обусловлены, в первую очередь, наличием высокой степени потенциальной опасности нанесения ущерба окружающей природной среде в связи с возможностью радиационного заражения гидросферы, атмосферы, почв и причинения вреда биологическим ресурсам в процессе производства этих работ.

Эта опасность связана с возможным выходом радиоактивных веществ, которые в аварийной ситуации или, к примеру, при неисправности упаковочного контейнера могут

попасть в окружающую среду и создать уровни загрязнения и концентрации радионуклидов в воде, на почве или в окружающем воздухе сверх допустимых значений.

Кроме этого, потенциальная опасность предприятий атомной энергетики обусловлена ещё и тем, что в 30-километровых зонах АЭС и в непосредственной близости к объектам ядерного топливного цикла (ЯТЦ) расположено 1300 населённых пунктов, в которых проживает около 4 млн. человек [2].

Сравнение потенциальной опасности предприятий ЯТЦ можно провести на основе параметров, приведённых в таблице 1, сравнение риска здоровья людей от эксплуатации ядерных установок и радиационных источников приведено в таблице 2.

Поясим причину выбора этих параметров и прокомментируем их различие для выбранных элементов ЯТЦ.

**Число объектов в России.** Этот показатель определяет степень потенциальной опасности для страны от предприятий данного вида. При малом числе (единицы) опасности подвергаются отдельные регионы, и поэтому важным является их географическое расположение, при большом (десятки) – влияние распространяется на многие регионы страны.

**Количество радионуклидов, находящихся на объектах.** Данный показатель характеризует потенциальную опасность конкретного предприятия ЯТЦ. Из таблицы 1 видно, что этот диапазон составляет несколько порядков. Реальную опасность представляют максимально возможные выбросы радиоактивности при тяжёлых авариях, а также их качественный состав.

**Возможность развития самоподдерживающейся цепной ядерной реакции (СЦЯР).** Предотвращение такой реакции было и остаётся предметом первоначальных забот обеспечения безопасности предприятия ЯТЦ. В большинстве из рассмотренных элементов ЯТЦ возникновение неуправляемой цепной ядерной реакции потенциально возможно.

С 1953 по 2007 гг. произошло 13 ядерных аварий на различных предприятиях Росатома. Одиннадцать из них произошли до 1979 года. В 1997 г. произошла одна авария: на НЗХК без переоблучения персонала и выброса радиоактивности в окружающую среду.

Наибольшее количество аварий (10) произошло на установках химико-металлургических заводов, производящих и перерабатывающих металлические изделия и отходы из плутония и высокообогащённого урана. Подавляющее число аварий (12) произошло при

Таблица 1

Параметры предприятий ядерного топливного цикла России, характеризующие их потенциальную опасность [2]

Параметр	Горно-металлургический комбинат	Обогатительный завод	Изготовление ядерного топлива	АЭС	Транспортировка ядерного топлива	Радиохимический завод	Полигоны захоронения высокоактивных отходов
Число объектов в России	Единицы	Единицы	Единицы	10	Десятки	Единицы	Единицы
Радиоактивность, находящаяся на объекте, Ки	0,3 Ки/тU*	1 Ки/тU*	1 Ки/тU*	$10^8 \cdot 10^9$	$10^4 \cdot 10^5$	$10^2 \cdot 10^{10}$	$>10^8$
Возможность СЦАР на объекте	Невозможна	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна
Напряжённые технологические параметры	-	P	П	P, T, B, П	-	T, B, П	-
Возможная площадь загрязнения при авариях, км <sup>2</sup>	-	-	~10	~100	~10	~50	~10
Уязвимость к внешним воздействиям	-	ДЧ	-	Си Г, М, ДЧ	ДЧ	Си Г, М, ДЧ	Си Г, М
Уязвимость к ошибкам персонала	Слабая	Средняя	Сильная	Сильная	Сильная	Сильная	Средняя
Физическая защита делящихся радионуклидов	Не нужна	Нужна	Нужна	Нужна	Нужна	Нужна	Нужна

Примечание: \*Активность по альфа-источникам излучения

обращении с растворами, пульпами ядерных материалов. Главными причинами являлись использование ядерноопасного оборудования, ошибки, нарушения в работе персонала, недостатки в учёте и контроле ядерных материалов при их передачах и подготовке к загрузке в аппараты.

К настоящему времени накоплен достаточный опыт для того, чтобы сформулировать принципы, требования и нормы ядерной безопасности, позволяющие избежать образования критических систем при обращении с делящимися материалами в условиях промышленного производства.

К провоцирующим моментам можно отнести использование разных единиц измерения массы, содержания или концентрации делящихся материалов в пределах одной установки.

Провоцирующим моментом является также ошибочное отнесение оборудования к безопасному.

Аварии в г.Томске-7 в 1993 г. году и в г. Новосибирске в 1997 г. произошли на оборудовании, которое называлось безопасным, но не являлось таковым на самом деле, хотя в аварию в г. Новосибирске внесли свою лепту и деформация аппаратов, и плохие, с точки зрения ядерной безопасности, технологические решения.

К провоцирующим моментам можно отнести и выполнение технологической операции на одном рабочем месте одновременно несколькими операторами.

Аварии подтверждают, во-первых, очевидное положение о том, что ядерная безопасность, учёт и контроль ядерных материалов — два важнейших, взаимодополняющих вида деятельности, направленных на предотвращение аварий на ядерных установках,

т. е. необходимость интегрированного равнозначного подхода к обеспечению безопасности.

Анализ имевших место аварий позволяет провести классификацию делящихся материалов по их опасности: наибольшую опасность представляют обогащённый уран и плутоний, а по агрегатному состоянию — их водные растворы или водородсодержащие смеси (из 13 аварий 12 произошло в водородсодержащих системах).

Осциллирующий характер СЦР в растворах приводит ещё к одному важному моменту — необходимости внешнего вмешательства для прекращения СЦР и для перевода системы в подкритическое состояние.

Персонал, находящийся в зоне аварии, испытывает стрессовое состояние и, как показывают результаты аварий, может выполнять действия, неадекватные ситуации. Поэтому единственной реакцией на сигнал аварийной системы должна быть немедленная эвакуация из ядерноопасной зоны.

**Напряжённость технологических параметров.** Потенциальная опасность от наличия радиоактивных продуктов на объекте существенно зависит от напряжённости параметров нормального технологического процесса и сопутствующих им физико-химических явлений. К таким параметрам, прежде всего, относятся давление (Р) и температура (Т), при которых работают барьеры, удерживающие радиоактивные материалы в заданных границах. Оборудование, работающее под давлением, само по себе требует специального внимания и нормирования, а в сочетании с радиоактивными веществами — особенно.

Технологические процессы, проходящие на грани неуправляемого выделения энергии и повышения давления в виде взрывов,

Таблица 2

Сравнение риска здоровья людей от эксплуатации ядерных установок и радиационных источников [4]

Этап ЯТЦ	Онкологические заболевания		Генетические эффекты
	с летальным исходом	без летального исхода	
Добыча урана	$1.4 \cdot 10^{-2}$	$3.4 \cdot 10^{-2}$	$2.8 \cdot 10^{-3}$
Производство концентратов	$8.6 \cdot 10^{-3}$	$2.1 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-5}$
Отвалы в процессе эксплуатации	$8.1 \cdot 10^{-4}$	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$
Отвалы после эксплуатации	$8.1 \cdot 10^{-1}$	$1.9 \cdot 10^{-1}$	$1.6 \cdot 10^{-1}$
Конверсия	$1.6 \cdot 10^{-6}$	$3.5 \cdot 10^{-6}$	$2.9 \cdot 10^{-7}$
Изотопное обогащение	$1.2 \cdot 10^{-6}$	$2.9 \cdot 10^{-6}$	$2.4 \cdot 10^{-7}$
Изготовление ТВС	$2.9 \cdot 10^{-7}$	$6.8 \cdot 10^{-7}$	$5.7 \cdot 10^{-8}$
Переработка топлива	$1.6 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-1}$	$3.3 \cdot 10^{-2}$
Окончательное захоронение отходов	Количественно	не определено	
Транспорт	$6.5 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$
Итого:	1	2.3	0.19

создают дополнительный источник опасности и требуют, с одной стороны, достаточно изучения этих пограничных процессов и условий попадания в эту область, с другой – мер по предотвращению реализации самих явлений и минимизации их последствий. В таблице 1 этот фактор отмечен символом – В (взрыв).

Следующим показателем является пожаровзрывоопасность. Рассматривая этот фактор, как и предыдущие, имеем в виду не вообще возможность пожаров на данном объекте, а те пожары, которые могут привести к разрушению барьеров на пути распространения радиоактивных веществ. В таблице 1 этот фактор отмечен символом – П.

**Уязвимость к внешним воздействиям.** К внешним воздействиям, способным привести к разрушению барьеров на пути выхода радиоактивных веществ, будем относить сейсмическую активность и особенности геологической площадки (С и Г), метеорологические условия (М), включающие ураган, обильные осадки и т. п., и вызванные человеческой деятельностью воздействия (ДЧ), в том числе падение самолета, взрывы на соседних предприятиях, диверсии и т.п. Как показывают события, произошедшие 11 сентября 2001 г. в США, этот фактор является наиболее значимым для обеспечения безопасности предприятий ЯТЦ.

**Уязвимость к ошибкам персонала.** Ограничимся только качественной экспертной оценкой этого сложного показателя, введя категории «слабая», «средняя», «сильная», опять же имея в виду ошибки в действиях персонала, способные привести к авариям с тяжёлыми последствиями. Необходимо отметить, что на предприятиях ЯТЦ отсутствуют полномасштабные тренажёры, на которых персонал мог бы проходить подготовку и переподготовку.

**Возможная площадь загрязнения при авариях.** Этот показатель характеризует масштабы возможных последствий аварий для окружающей среды и определяет необходимость реализации планов по защите населения.

Для иллюстрации опасностей, которые могут возникнуть при нарушениях работы оборудования, ошибках персонала и внешних воздействиях, рассмотрим основные процессы, способные привести к выбросу радионуклидов за контролируемые границы.

**Для горно-химического комбината** – ветровой вынос пыли на отвалах «пустой» породы;

попадание неочищенных шахтных вод, содержащих  $Ra^{226}$ , в грунтовые и поверхностные воды.

В г. Лермонтове (Ставропольский край), где с 1954 г. по 1991 г. производилась добыча и переработка урановых руд, отходы производства сбрасывались в хвостохранилище, площадь которого в настоящее время составляет 81,2 га. На нём складировано 12,3 млн. м<sup>3</sup> отходов уранового производства суммарной активностью 45,6 тыс. Ки.

Росатом разработал и утвердил проект рекультивации хвостохранилища, который будет реализован в течение 8 лет. Необходимо отметить, что выделение радона и образование дочерних продуктов его распада являются глобальными природными явлениями, происходящими в особенности в горных и ураноносных районах. Поэтому повышенный природный радоновый фон имеет место не только в г. Лермонтове, но и во всём регионе Кавказских минеральных вод.

Предприятия ЯТЦ России имеют 184,42 га загрязнённых территорий. Загрязнения связаны главным образом с хвостохранилищами; которые сооружались на начальном этапе деятельности предприятий без устройства противодиффузионных защитных мер. Негативное влияние хвостохранилищ на окружающую среду сохраняется и в настоящее время из-за продолжения их эксплуатации на ЧМЗ<sup>5</sup> и НЗХК. За последние годы обострилась обстановка на НЗХК, связанная с эксплуатацией хвостохранилища, дамба которого не отвечает гидротехническим и строительным требованиям. На МЗП<sup>6</sup> требуется реабилитация склона берега Москвы-реки из-за его оползневого характера. В п. Балей Читинской области имеются загрязнения жилого фонда и зданий соцкультбыта.

**Для обогащательного завода** – выброс гексафторида урана и радиоактивной и ядовитой пыли при получении диоксида урана.

**Для транспортировки ядерного топлива**

Водозаполненные контейнеры – развитие неконтролируемой СЦЯР при нарушении геометрии расположения тепловыделяющей сборки (ТВС) в контейнере, разгерметизация контейнера в результате взрыва радиолитического водорода, замерзание или утечка в нём теплоносителя – воды, повышение нейтронного поля вне контейнера при утечке воды, выдавливание загрязнённой радионуклидами воды через повреждённые уплотнения, выброс радиоактивных аэрозолей через повреждённые уплотнения.

<sup>5</sup> – Чепецкий механический завод, г. Глазов, Удмуртия

<sup>6</sup> – Московский завод полиметаллов

Сухие контейнеры – выброс радиоактивных аэрозолей через повреждённые уплотнения, повышение нейтронного поля вне контейнера при повреждении нейтронной защиты, развитие СЦЯР при нарушении геометрии расположения ТВС в контейнере, его перегрев, разгерметизация в результате механических повреждений при транспортных авариях.

### Для радиохимического завода

Отделение резки – возгорание пиррофорных опилок при обрезке хвостовиков ТВС, выделение окклюдированных и адсорбированных радиоактивных благородных газов и летучих соединений радионуклидов; отделение растворения – взрыв водорода, образующегося при растворении металла (если перерабатываются металлические твэлы), отгонка трития, радиоактивных газов и летучих соединений радионуклидов, «заикливание» трития вследствие процессов изотопного обмена, протечки высокоактивной жидкости вследствие коррозии оборудования.

Хранилища отработанного ядерного топлива – взрыв радиолитического водорода при нарушении системы вентиляции, развитие СЦЯР при нарушении геометрии расположения отработанных ТВС, коррозионное или механическое повреждение оболочек твэлов и выход радиоактивности в воду хранилища, разлив радиоактивной воды из бассейна при повреждении системы водообмена.

Узел экстракции – развитие СЦЯР. Пожар в результате вспышки паров экстрагента и разбавителя, взрыв радиолитического водорода, протечки радиоактивной жидкости вследствие коррозионного повреждения оборудования, взрыв в результате автокаталитической реакции с газовой выделением в жидкой фазе.

Отделение упаривания – протечки высокоактивной жидкости при коррозионном повреждении оборудования, выброс радиоактивных паров и аэрозолей при нарушении системы газоочистки.

Отделение получения товарного продукта:

Урановая ветвь – пожар в результате вспышки паров экстрагента и разбавителя, взрыв твердых нитратов в результате автокаталитической реакции с газовой выделением в твердой фазе, протечки в результате коррозионного повреждения оборудования.

Плутониевая ветвь – узел экстракции, отделение упаривания, взрыв при термическом разложении гидразина, пыль диоксида плутония при денитрации, развитие СЦЯР.

Получение нептуния – см. узел экстракции.

Отделение хранения и переработки радиоактивных растворов и пульп – развитие локальной СЦЯР, рост давления газа в результате нагрева радиоактивного раствора теплом ядерного распада и выделение радиолитических газов, технологические причины, прорыв сжатого газа в аппараты, предназначенные для работы «под налив», «обратная» диффузия радиоактивной паро-воздушной смеси из свободных аппаратов хранилищ, взрыв газобразных продуктов радиолитического жидких радиоактивных отходов и паров компонентов отходов, автокаталитическая химическая реакция с газовой выделением в жидкой фазе, взрыв твердого остатка после выпаривания отхода, протечки высокоактивной жидкости вследствие коррозионного повреждения оборудования.

Отделения отверждения (остеклования) жидких отходов – протечки в результате прогорания свода печи, на стадии кальцинации или при розливе плава, выброс аэрозолей и летучих соединений радионуклидов при нарушении системы газоочистки, взрыв в результате автокаталитической реакции с газовой выделением в жидкой фазе, взрыв твердых нитратов.

Полигоны подземного захоронения жидких отходов – протечки в результате коррозионного или механического повреждения «больших» трубопроводов для передачи радиоактивных растворов с завода на полигоны, развитие СЦЯР, аварии на нагнетательных скважинах и в пласте: разрыв труб в результате коррозии или механического повреждения и выброс жидкости из скважины, газообразование и повышение давления в пласте и скважине в результате жизнедеятельности анаэробных бактерий и выброс (фонтан), выброс жидкости из скважины в результате радиационно-химического газовой выделением в пласте, перегрев пласта вследствие чрезмерной радиационной нагрузки, непредвиденное гидрогеологами движение радиоактивной жидкости в пласте по разломам и вынос в горизонты, соединяющиеся с поверхностью.

В результате возможного возникновения СЦР при дальнейших закачках жидких радиоактивных отходов (ЖРАО), проводимых СХК<sup>7</sup>, может произойти залповый выброс радиоактивных веществ в водоносные горизонты, что может в дальнейшем изменить гео- и гидрообстановку, а также оказать воздействие на безопасную эксплуатацию

<sup>7</sup> - Сибирский химический комбинат

ядерных реакторов АДЭ-4,5. Кроме этого, подобное явление может возникнуть и при возможном землетрясении.

Несмотря на то что сама площадка расположения СХК относится к асейсмичному району, следует иметь в виду, что землетрясения силой 3-4 балла в г. Томске фиксировались. Так, в июне 1990 г. ощущались отдельные толчки после землетрясения в районе оз. Зайсан (Казахстан). Землетрясение силой 3,5 балла с эпицентром в 180 км на восток от г. Томска зафиксировано в 1979 г. Сейсмические подвижки интенсивностью 6-7 баллов фиксировались в районе г. Новокузнецка в начале XX века [5].

Бассейны и открытые водоемы, содержащие среднеактивные отходы – протечки «больших» трубопроводов для передачи радиоактивных растворов с завода к водоему или бассейну, ветровой разнос радиоактивных аэрозолей с водной поверхности, ветровой разнос пыли, образующейся при оголении и разогреве донных осадков, разнос активности водоплавающими птицами и насекомыми, проникновение радионуклидов в водоносные горизонты.

**Наличие физических барьеров безопасности.** На обогатительных заводах реально существует один барьер – границы герметичного оборудования. На заводах по изготовлению ядерного топлива реально физические барьеры отсутствуют. При транспортировке как свежее, так и отработанное ядерное топливо имеет только два собственных физических барьера: матрицу делящегося материала и оболочку твэлов и герметичный контейнер, т. е. реально наличие двух независимых физических барьеров безопасности не обеспечивается. На радиохимическом заводе требование герметичности при переработке ОЯТ с высокой активностью привело к наличию не менее трех реальных физических барьеров. Полигоны захоронения высокоактивных отходов – подземные сооружения, содержащие герметичные ёмкости, реально имеют не менее одного барьера.

**Ядерная и радиационная безопасность предприятий ЯТЦ.** В настоящее время ядерная и радиационная безопасность регламентируется в соответствии с нормативными документами Росатома России, которые формируют в основном требования к предотвращению СЦЯР. Радиационная безопасность регламентирована в основном для нормальной эксплуатации предприятий ЯТЦ и оптимальных проектных решений с точки зрения экономических показателей.

Требования и параметры безопасности для отдельных видов производств регламентированы отраслевыми стандартами, правилами и технологическими инструкциями. Порядок организации работ по обеспечению безопасности определён соответствующими отраслевыми положениями. Главный недостаток этой системы состоит в отсутствии требований к параметрам и коэффициентам запаса для взрывопожароопасных процессов, производств, установок. В настоящее время эту функцию частично выполняют технологические инструкции и заключения (рекомендации) отраслевых институтов.

Слабо применяется «принцип единичного отказа», не используется принцип «внутренней самозащищённости», согласно которому потенциально опасные установки должны обладать определёнными физико-химическими свойствами, исключая возможность возникновения тяжёлых аварий. Не прослеживается чёткое выполнение требования обеспечения единого государственного подхода к учёту ядерных материалов.

## Заключение

Решение многоплановых задач выхода из кризисной экологической ситуации в районах деятельности предприятий ЯТЦ, расположенных на территории Российской Федерации, представляет собой беспрецедентную по сложности научно-техническую, экологическую и инженерно-экологическую проблему, не имеющую аналога в мировой науке и практике.

## Литература

1. Кузнецов В.М. Становление атомного комплекса Российской Федерации (историко-технический анализ конструкционных, технологических и материаловедческих решений) М.: МНЭПУ. 2006. 340 с.
2. Кузнецов В.М. Российская атомная энергетика. Вчера, сегодня, завтра. М.: Голос-пресс. 2000. 287 с., ил.
3. Кузнецов В.М. Основные проблемы и современное состояние безопасности предприятий ядерного топливного цикла России. 2-е издание дополненное и переработанное. М.: «Эпицентр», 2003. 460 с., ил.
4. В.Кревитт, Р.Фридрих. Сравнение риска от различных источников электроэнергии / Атомная техника за рубежом. М.; 1998. № 5. с. 15-21.
5. Адам А.М. Состояние окружающей среды и здоровья населения в зоне влияния СХК Томск. 1994. 184 с.