

4. Черный С. С., Григоров В. П., Кириченко В. Н., Степченко В. И., Баранов М. А., Казаков В. И. Дисперсность радиоактивных аэрозолей на АЭС. Доклад 2.1.7.
5. Чететкин Ю. В., Якшин Е. К. Радиационная обстановка при эксплуатации АЭС с ВК-50. Доклад 2.1.5.
6. Столяров Б. М., Васюков М. С. Сравнительная оценка систем спецгазоочистки на АЭС. Доклад 2.1.8
7. Грязев В. М., Кобзарь П. Г., Конышов В. В., Поляков В. И., Чететкин Ю. В. Концентрация радионуклидов в первом контуре опытного реактора БОР-60. Доклад 2.1.6.
8. Великовский А. А., Черноусов С. А. Оценка равновесной концентрации трития и его выбросов в окружающую среду на АЭС с ВВЭР-440. Доклад 2.1.13.
9. Лурье А. И. Дозиметрия трития на АЭС. Доклад 2.1.15.
10. Телушкина Е. Л. Радиационно-гигиеническая оценка трития как фактора загрязнения внешней среды. Доклад 2.1.14.
11. Левитин И. Л. Влияние градиентов на распространение в атмосфере выбросов электростанций. Доклад 2.1.9.
12. Зыкова А. С., Жаков Ю. А., Ямбровский Я. М. Принципы организации внешнего дозиметрического контроля в районе расположения АЭС. Доклад 2.1.10.
13. Константинов Ю. О., Королева Н. А. К вопросу выбора места размещения АЭС. Доклад 2.1.12.

УДК 621.039.58.68+544.15

Обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации мощных радиационных установок*

Чистов Е. Д.

Последние годы характеризуются широким использованием мощных радиационных установок для осуществления разнообразных радиационно-химических и радиационно-биологических процессов в опытно-промышленных и промышленных масштабах. К таким процессам, в частности, относятся радиационная стерилизация медицинских изделий, облучение сельскохозяйственных культур для повышения их урожайности, получение химических веществ с новыми или улучшенными свойствами. В качестве мощных источников ионизирующих излучений наибольшее распространение получили ^{60}Co и ^{137}Cs и ускорители электронов с энергией до 10 МэВ.

Технические и организационные вопросы обеспечения радиационной безопасности

В докладе [1] представлены результаты изучения радиационной безопасности в радиационно-химическом комплексе Института химической физики АН СССР, предназначенном для проведения фундаментальных исследований в области элементарных процессов химии высоких энергий, механизма и кинетики химических реакций, отработки научных основ различных радиационно-химических процессов. В этом комплексе эксплуатируют два линейных электронных ускорителя ЛУЭ-5-2 и У-12-Б с энер-

гией ускоренных электронов 4 МэВ и средней мощностью в пучке 5 и 0,5 кВт соответственно, а также мощные радиоизотопные установки типа К-200 000, облучатель которых собран из источников ^{60}Co . Примененные на установках способы радиационной защиты (бетонные рабочие камеры с лабиринтным входом), система блокировки и сигнализации и организационные мероприятия позволили обеспечить безопасные условия труда персонала. За 10 лет эксплуатации на установках не было радиационных аварий, а уровни облучения составляли 1,5—2,5 бэр, т. е. 0,3—0,5 годовой предельно допустимой дозы (ПДД) облучения персонала.

Следует отметить избыточное количество блокировок входных дверей мощных радиоизотопных установок (четыре), тогда как можно ограничиться двумя (по мощности дозы в рабочей камере и лабиринте) и по закрытию замка входной двери в лабиринт), заменив остальные соответствующей сигнализацией.

Продукция радиационной технологии не должна быть загрязнена радиоактивными веществами, ибо в противном случае остаточное радиоактивное загрязнение облученной продукции, используемой в народном хозяйстве, может стать неконтролируемым. В связи с этим решающее значение приобретает надежность герметизации радиоизотопных источников излучения и их проверка в процессе работы установок. В условиях эксплуатации радиационно-технологических установок на отдельные радиоизотопные источники и облучатель в целом влияют некоторые факторы химической приро-

* Обзор части докладов III Всесоюзной научно-практической конференции по радиационной безопасности. Перечень докладов приведен в конце статьи.

ды, а также механические воздействия, которые могут привести к разгерметизации источников с последующим поступлением радиоактивного материала в окружающую среду.

В докладе [2] на основе проведенных исследований предложен регламент использования радиоизотопных источников в водной среде с учетом специфики проводимых радиационно-химических процессов, сопровождающихся выделением хлора и фторсодержащих веществ.

Показано, что содержание хлор- или фторионов в воде хранилища установок и в других водных средах не должно превышать 0,5 мг/л, рН около 7. Следует избегать образования электрохимических пар; в растворах, содержащих хлориды, необходимо применять нержавеющие стали с повышенным (до 20—40%) содержанием никеля или титана.

Предложен метод дезактивации и отбраковки источников ^{60}Co и ^{137}Cs , основанный на последовательной их выдержке в течение двух минут в двух и более объемах 5%-ного раствора щавелевой кислоты.

Отмечая практическую ценность полученных результатов, целесообразно было бы предложить и схему проверки источников ^{60}Co и ^{137}Cs не только в условиях, когда в комплексе установок имеются защитные камеры, но и в тех случаях, когда они отсутствуют, поскольку активность только одного радиоизотопного источника достигает 1000 Ки и более.

Следует отметить тщательно доставленный эксперимент по изучению растворения изотопа ^{60}Co в водной среде мощных радиоизотопных установок. Из приведенных в литературе данных известно, что коэффициент растворения ^{60}Co в воде составляет от 10^{-7} до 10^{-4} г/(см²·сут). Однако для выбора правильного решения о создании очистных устройств и сбора радиоактивных отходов эти значения не приемлемы, так как их использование связано со значительными экономическими затратами. Получена зависимость коэффициента K растворения ^{60}Co от температуры T воды, в которой эксплуатируют источники ^{60}Co , $K(T) = 1,3 \cdot 10^{-5} \times (1 + 0,0168 \cdot T)$. Для практических целей можно принять этот коэффициент равным $2,2 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·сут).

Организационные мероприятия, направленные на обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации установок с ускорителями электронов в местной биологической защите, рассмотрены в методических указаниях, описанных в докладе [3].

Уровни облучения персонала, эксплуатирующего мощные радиационные установки

Одним из показателей безопасности эксплуатации мощных радиационных установок является уровень индивидуальных доз облучения персонала, проводящего загрузку, догрузку, смену радиоизотопных источников излучения и эксплуатирующего такие установки.

Приведенные в докладе [4] данные свидетельствуют об эффективности системы радиационной защиты на радиоизотопной гамма-установке «Стерилизатор», используемой на предприятиях медицинской промышленности и сельского хозяйства. За период эксплуатации этой установки уровни внешнего облучения персонала не превышали допустимых величин, а радиоактивные загрязнения, обусловленные ^{60}Co , были обнаружены лишь в следовых количествах.

Высокое качество проектирования и строительства установок, эффективность их защитных устройств позволяют в настоящее время отказаться от некоторых видов контроля, которые ранее считались обязательными. Таким образом, возникает задача организации оптимальной системы радиационного контроля на установках, позволяющей сократить расходы на его проведение и повысить экономическую эффективность использования мощных радиационных установок в народном хозяйстве страны.

Обоснованное решение задач организации радиационного контроля невозможно без анализа уровней облучения персонала, занятого эксплуатацией мощных радиоизотопных установок. В докладе [5] проведен такой анализ на основе статистических данных о методах радиационного контроля и годовых дозах облучения персонала. Анализ индивидуальных доз облучения проводился для двух групп установок (с подвижным и неподвижным облучателями), существенно различающихся по активности облучателей и конструкции.

Для анализа было выбрано значение средней за период эксплуатации установок годовой дозы. Можно считать, что эта величина вследствие влияния на нее большого количества независимых факторов распределена по некоторому вероятностному закону, в связи с чем анализ полученных данных проводился с использованием методов математической статистики. Статистический анализ полученных данных показал, что распределение средних годовых доз, получаемых персоналом двух групп установок при выполнении различных видов работ, достаточно

Параметры распределения годовых доз облучения и вероятность превышения ПДД

Вид работ	Параметры распределения		Вероятность в % превышения дозы	
	\bar{D}_g, P	σ	1,5 P	5P
Безаварийная эксплуатация	0,06 * 0,18	1,7 2,3	10 ⁻³ 0,6	10 ⁻⁵ 0,1
Загрузка, догрузка, смена источников, ремонтно-профилактические работы	0,24 0,39	3,9 2,6	9,5 9,6	1,5 0,7

* Первая строчка на горизонтали—установки с неподвижным, вторая—с подвижным облучателями.

хорошо описывается логарифмически нормальным законом (рис. 1, 2). Известный вид и параметры (средняя геометрическая доза \bar{D}_g, P и стандартное отклонение σ) распределений доз облучения дают возможность определить вероятность превышения любой заданной годовой дозы (см. таблицу). Из приведенных данных видно, что в случае безаварийной эксплуатации установок индивидуальные дозы, получаемые персоналом, практически не превышают 0,3 годовой ПДД. Согласно требованиям «Норм радиационной безопасности» (НРБ-69), для лиц, условия труда которых таковы, что дозы облучения систематически меньше 0,3 годовой ПДД, индивидуальный дозиметрический конт-

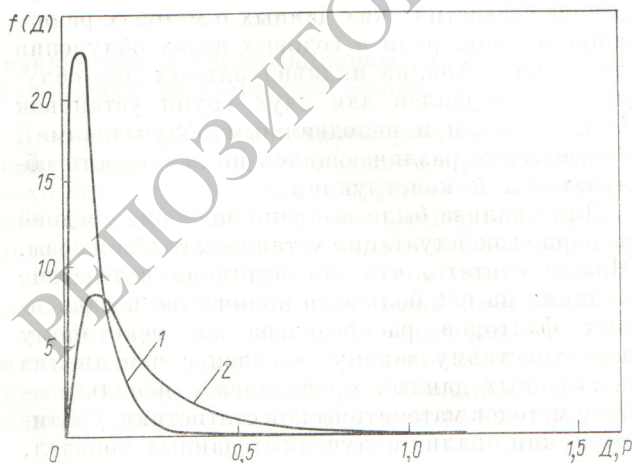


Рис. 1. Годовые дозы облучения персонала при безаварийной эксплуатации установок с неподвижным (1) и подвижным (2) облучателями

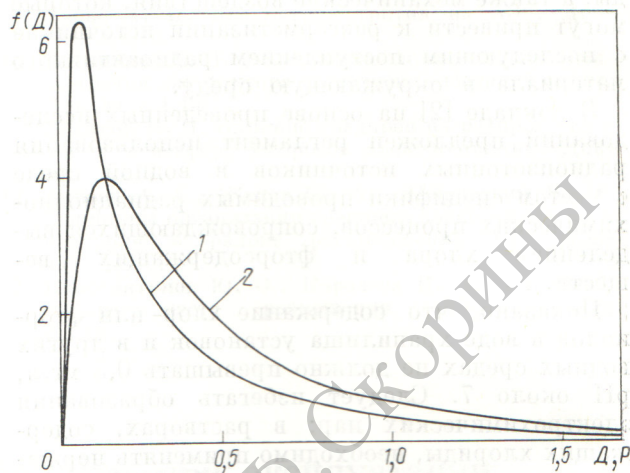


Рис. 2. Годовые дозы облучения персонала при загрузке, догрузке, смене источников излучения и ремонтно-профилактических работах (обозначения те же)

роль и специальное медицинское наблюдение не проводят. В то же время при загрузке, догрузке и смене источников излучения, а также ремонтно-профилактических работах дозы облучения персонала могут превышать предельно допустимые значения, поэтому индивидуальный дозиметрический контроль в этих случаях необходим.

Учитывая, что активность облучателей может достигать 1 млн. Ки и более на одну установку, обслуживающий персонал должен постоянно иметь при себе аварийные дозиметры.

Комплексная оценка условий труда персонала, занятого радиационной технологией

Осуществление некоторых радиационно-технологических процессов в промышленных масштабах делает актуальной проблему комплексной гигиенической оценки влияния факторов производственной среды на здоровье персонала.

В работе [6] решение этой задачи проводили в двух направлениях:

выяснение наиболее вероятных вариантов контакта персонала с факторами неблагоприятного воздействия в условиях промышленного использования мощных радиоизотопных гамма-установок;

оценка зависимости повреждающего действия γ -излучения от постоянно сопутствующих нерadiационных факторов опасности — продуктов радиолиза воздуха (озона и окислов азота).

Установлено, что при безаварийной эксплуатации мощных радиоизотопных установок в воз-

душной среде рабочих камер всегда образуются продукты радиоллиза воздуха (озон и окислы азота в соотношении 1:4) в концентрации, в некоторых случаях превышающие предельно допустимые концентрации (ПДК) в 60—100 раз.

Показано, что во время аварий на установках персонал может подвергаться различным вариантам совместного воздействия ионизирующих излучений (в дозах до нескольких сот и тысяч бэр) и продуктов радиоллиза воздуха в концентрациях, превышающих ПДК, которые даже при отсутствии радиационного воздействия могут представлять серьезную опасность. Это следует учитывать при организации аварийно-спасательных работ.

В докладе [6] приведены экспериментальные данные по совместному воздействию γ -излучения и продуктов радиоллиза воздуха в концентрации, соответствующей аварийным ситуациям. Помимо интегральной токсикологической оценки (выживаемость, средняя продолжительность жизни подопытных животных) и показателей патологоанатомического характера (массовый коэффициент селезенки) исследовались такие радиочувствительные процессы, как ресинтез макроэргических соединений и фосфорсодержащих белков в ткани селезенки. Показано, что введение в облучаемую среду (независимо от дозы облучения) продуктов радиоллиза воздуха (менее 10 ПДК в пересчете на озон) практически не влияло на течение и исход лучевого поражения. Дальнейшее увеличение концентрации этих продуктов (до 25—50 ПДК) приводит к заметному уменьшению тяжести лучевого поражения.

Материалы, представленные в рассмотренных докладах, свидетельствуют о том, что основные вопросы безопасности в радиационной техно-

логии успешно решаются. Дальнейшие исследования должны проводиться в направлении оптимизации системы безопасности вообще и системы радиационного контроля в частности. Результаты таких исследований повлияют на экономические показатели радиационной технологии. Необходимо также продолжить изучение комплексного влияния факторов опасности радиационной и нерадиационной природы на условия труда персонала, занятого в радиационной технологии, включая радиотоксикологические эксперименты по совместному воздействию указанных факторов опасности на живой организм.

Поступил в Редакцию 6/VII 1976 г.

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

1. **Оськин В. С., Молчанов И. П., Михайлова Л. Г., Лебедев В. И., Пономарев А. Н.** Обеспечение радиационной безопасности на радиационно-химическом комплексе Института химической физики АН СССР.
2. **Резвушкин В. В., Ларичев А. В., Курович В. Н.** Обеспечение безопасной эксплуатации радиоизотопных источников γ -излучения на радиационно-химических установках.
3. **Тетеревков А. П., Ларичев А. В.** Методические указания по обеспечению радиационной безопасности на установках с ускорителями электронов в местной биологической защите.
4. **Каушанский Д. А.** Условия труда при загрузке и эксплуатации опытно-промышленных гамма-установок «Стерилизатор» на предприятиях медицинской промышленности и сельского хозяйства.
5. **Малютин С. В., Чистов Е. Д., Партолин О. Ф., Мальков И. А., Рахманов Б. Н.** Уровни облучения персонала мощных радиоизотопных установок.
6. **Чистов Е. Д., Голиков В. Я., Ларичев А. В., Мальков И. А., Спрыгаев И. Ф., Коренков И. П., Михалев В. П., Карклинская О. Н.** Комплексная оценка условий труда персонала, занятого в радиационной технологии.

УДК 621.039.58.68

Относительная опасность АЭС и ТЭС для окружающей среды

СВИНЦЕВ Ю. В., ТЕВЕРОВСКИЙ Е. Н.

На конец 1975 г. суммарная установленная мощность электростанций СССР составила 248 тыс. МВт. Планируется дальнейший значительный рост мощностей ядерной энергетики. Основными типами реакторов являются серийные ВВЭР и РБМК. В настоящее время реализованные и реализуемые единичные мощности таких реакторов составляют от 440 до 1500 МВт. Однако пока еще основу энергетики страны составляют тепловые электростанции. В связи с продолжающимся строительством ТЭС пред-

ставляет интерес сопоставление экологического воздействия ТЭС и АЭС одинаковой электрической мощности.

Тепловые сбросы АЭС пока выше, чем ТЭС. Это обусловлено тем, что КПД АЭС составляет 30—32% в сравнении с 35—40%, характерными для ТЭС с обычным паро-водяным циклом. Однако ядерная энергетика имеет большие неиспользованные резервы повышения тепловой экономичности: сброс тепла АЭС в водоемы-охладители может быть даже меньше, чем