

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Федеральный научно-клинический центр
специализированных видов медицинской помощи и медицинских
технологий Федерального медико-биологического агентства»
(ФГБУ ФНКЦ ФМБА России)**

**АКАДЕМИЯ ПОСТДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАФЕДРА ТОКСИКОЛОГИИ И КЛИНИЧЕСКОЙ ФАРМАКОЛОГИИ**

**Очаги поражения при разрушении АЭС. Особенности проведения
мероприятий по ликвидации последствий**

Учебное пособие

Предназначено для слушателей,
проходящих профессиональную
переподготовку по специальности
«Токсикология»

**Москва
2023**

Авторский коллектив:

доктор медицинских наук профессор Иванов В.Б.

.

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов....	5
Введение.....	6
1. Ядерные энергетические реакторы и их использование на АЭС.....	7
1.1. Технические характеристики ВВЭР.....	11
1.2. Технические характеристики РВМК.....	12
2. Аварийные ситуации на АЭС и мероприятия по защите персонала и населения.....	13
2.1. Общая характеристика радиационных аварий.....	13
2.2. Возможные гипотетические аварии на ядерных реакторах.....	17
2.3. Радиационная обстановка после аварии на Чернобыльской АЭС.....	24
2.4. Очаги поражений при крупномасштабных авариях. Радиационные факторы, воздействующие на человека.....	31
2.4.1. Радиоактивное загрязнение при аварии на АЭС....	32
2.4.2. Дозы облучения лиц, находящихся на радиоактивно загрязненной местности после аварии на АЭС.....	35
2.4.3. Оценка радиационной обстановки при авариях на АЭС.....	40
2.5. Мероприятия по защите персонала и населения.....	43
2.5.1. Медицинские мероприятия при авариях без выброса радионуклидов за пределы территории АЭС.....	43
2.5.2. Медицинские мероприятия при аварии с выходом радионуклидов за пределы территории АЭС....	49
3. Медицинский контроль за радиационной безопасностью личного состава, участвующего в ликвидации последствий радиационной аварии.....	58
Список литературы.....	67
Приложения.....	69
Приложение 1. Методика оперативного прогноза радиационной обстановки при авариях на атомных электростанциях.....	69
Приложение 2. План мероприятий медицинской службы по ликвидации крупномасштабной аварии на АЭС (вариант).....	90

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ

АЗ	-	активная зона
АСТ	-	атомная станция теплоснабжения
АЭС	-	атомная электростанция
ВВЭР	-	водо-водяной энергетический реактор
ДК	-	допустимая концентрация
ИИИ	-	источники ионизирующих излучений
ТВЭЛ	-	тепловыделяющий элемент
ЛПА	-	ликвидация последствий аварии
ОЛБ	-	острая лучевая болезнь
ПДД	-	предельно допустимая доза
ПуСО	-	пункт специальной обработки
РБГ	-	радиоактивные благородные газы
РБМК	-	реактор большой мощности канальный
РВ	-	радиоактивные вещества
РЗМ	-	радиоактивное загрязнение местности
СИЗ	-	средства индивидуальной защиты
СУЗ	-	система управления защитой
ТК	-	технологический канал
ЧАЭС	-	Чернобыльская АЭС
ЯТЦ	-	ядерный топливный цикл
ЯЭР	-	ядерный энергетический реактор

ВВЕДЕНИЕ

Ядерная энергия является одним из наиболее потенциально опасных видов энергии из всех до сих пор известных человечеству, поэтому при создании АЭС особое внимание уделяется решению вопросов обеспечения безопасности при возникновении аварийных ситуаций, исключить которые, как и в любой другой области человеческой деятельности, полностью невозможно.

Часть населения считает, что максимально возможная авария ядерного реактора подобна атомному взрыву. Такая точка зрения антинаучна и абсолютно необоснована. Даже при неконтролируемом разгоне реактора взрыва, подобно ядерному, произойти не может. Принцип действия ядерного реактора таков, что необходимая для взрыва критическая масса теоретически не может быть создана. Достоверно установлено, что в случае самой тяжелой из возможных аварий в механическую энергию взрыва может перейти лишь 1% энергии делящихся ядер. Это значит, что мощность теплового взрыва реактора в несколько сот раз меньше мощности номинальной атомной бомбы, эквивалентной 20000 т тротила.

Таким образом, высокая потенциальная опасность АЭС в случае аварии обусловлена, в основном, выбросом в окружающую среду радиоактивных продуктов деления, накопленных в реакторе за время его работы.

1. ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА АЭС

В мире сейчас действует более 415 энергетических реакторов общей мощностью около 280 МВт. 100 реакторов строится. Кроме того, функционирует большое количество отдельных ядерных реакторов.

В 1990 г. на территории бывшего СССР работало 46 энергоблоков 15 АЭС.

Работа АЭС требует добычи урановой руды, ее переработки в обогащенное U-235 ядерное топливо, производства тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), переработки отработанного топлива для последующего использования извлеченного делящегося материала, переработки и захоронения образующихся радиоактивных отходов. Перечисленные стадии входят в так называемый ядерный топливный цикл (ЯТЦ). К ним добавляется также транспортировка радиоактивных материалов для обеспечения всех этих стадий.

При нормальной работе реакторов постоянно накапливаются радиоактивные отходы. Источником жидких отходов может быть вода или растворы, применяемые для охлаждения реактора, а также растворы, образующиеся при дезактивации оборудования и помещений. Кроме того, при работе реактора могут накапливаться и газообразные, и твердые радиоактивные вещества. Все эти отходы после концентрирования должны подвергаться захоронению в специальных могильниках, а вода, сливаемая в канализацию - предварительной очистке в отстойниках и специальных очистных сооружениях.

Благодаря разработке всесторонней системы обеспечения радиационной безопасности персонала атомная промышленность и атомная энергетика во всем мире относятся к отраслям деятельности человека с малой опасностью для жизни.

В ядерной энергетике, в основном, используются реакторы следующих типов:

- с обычной водой под давлением в качестве замедлителя нейтронов и для теплосъема (ВВЭР, PWR);

- с кипящей водой в качестве замедлителя и для теплосъема (BWR);

- с кипящей водой для теплосъема и графитом в качестве замедлителя (РБМК, LWGR);

с тяжелой водой в качестве замедлителя и для теплосъема (НWR);

на быстрых нейтронах с жидким металлом для теплосъема (БН, LMFBP).

На территории бывшего СССР эксплуатируются, главным образом, реакторы двух типов - ВВЭР (25 реакторов на 7 АЭС) и РБМК (16 реакторов на 5 АЭС). Это реакторы на тепловых нейтронах. Кроме того, осваиваются реакторы на быстрых нейтронах, но их вклад в атомную энергетику весьма невелик (Белоярская, Шевченковская, Дмитровградская АЭС).

Типы реакторов и их местонахождение представлены в табл. 1.1 и табл. 1.2.

Таблица 1.1

Т и п ы р е а к т о р о в									
на медленных нейтронах					на быстрых нейтронах				
корпусные					канальные				
под давлением		кипящие							
водо- водяные	водо- графитовые	водо- водяные			водо-графитовые				
ВВЭР-1000	ГР-100	ВК-50	АСТ-500	АМБ-100	ЭГП-	РБМК-	БОР-60	БН-350	
440				200	12	1000		600	
365					48	1500		800	
210									

Таблица 1.2

Название АЭС	Тип реактора	Действуют	Строются	Проектируются	Строительство приостановлено	Проекты отклонены	Остановлены и законсервированы
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Кольская	ВВЭР-440	4					
	ВВЭР-1000	2				2	
2. Игналинская	РБМК-1000	2					2
3. Ровенская	ВВЭР-440	2					
	ВВЭР-1000	1	1			2	
4. Ленинградская	РБМК-1000	4					
5. Калининская	ВВЭР-1000	2	2			2	
6. Хмельницкая	ВВЭР-1000	1	2			1	
7. Билибинская	ЭГП-12	4					
	АТЭЦ						
	ЭГП-48			3			
8. Смоленская	РБМК-1000	3		1			
9. Курская	РБМК-1000	4	1				
10. Запорожская	ВВЭР-1000	5	1				
	ВВЭР-210						1
	ВВЭР-365						1
	ВВЭР-440	2					
11. Чернобыльская	РБМК-1000	3					1
12. Южно-Украинская	ВВЭР-1000	3	1			2	
13. Димитровградская	ВК-50	1					
	БОР-60	1					
14. Балаковская	ВВЭР-1000	3	1	2			
15. Белоярская	АМБ-100						1
	АМБ-200						1
	БН-600	1					
	БН-800				1	1	
16. Сибирская	ГР-100	4					2
17. Шевченковская	БН-350	1					
18. Южно-Уральская	БН-800		1	1			

1	2	3	4	5	6	7	8
19. Западно-Казахстанская	ВВЭР-1000		6				
20. Костромская	ВВЭР-1000					4	2
21. Армянская	ВВЭР-440						2
22. Ярославская	АСТ-500				2		
23. Горьковская АСТ	АСТ-500				2		
24. Воронежская АСТ	АСТ-500				2		
25. Крымская	ВВЭР-1000				1	1	
26. Ростовская	ВВЭР-1000				2	2	
27. Башкирская АСТ	ВВЭР-1000				2	6	
28. Ново-Воронежская	ВВЭР-1000			2			
29. Архангельская АСТ	АСТ-500			2			
30. Дальневосточная	ВВЭР-440			4			
31. Приморская	ВВЭР-1000			4			
32. Карельская	ВВЭР-1000					6	
33. Белорусская	ВВЭР-1000					6	
34. Архангельская	ВВЭР-1000					6	
35. Ярославская АТЭЦ	ВВЭР-1000					2	
36. Печорская	ВВЭР-1000					8	
37. Смоленская АТЭЦ	ВВЭР-1000					4	
38. Курская АТЭЦ	ВВЭР-1000					6	
39. Горьковская	ВВЭР-1000					6	
40. Восточно-Украинская	ВВЭР-1000					2	
41. Чигиринская	ВВЭР-1000					2	
42. Ульяновская	ВВЭР-1000					4	
43. Пермская	ВВЭР-1000					6	

1	2	3	4	5	6	7	8
44. Татарская	ВВЭР-1000					8	
45. Свердловская АТЭЦ	ВВЭР-1000					2	
46. Нижнетагиль- ская АТЭЦ	ВВЭР-1000					2	
47. Северо-Кав- казская	ВВЭР-1000					4	
48. Среднеазиат- ская	ВВЭР-1000					4	

1.1. Технические характеристики ВВЭР

Аббревиатура ВВЭР расшифровывается как водо-водяной энергетический реактор. В данном случае водо-водяной обозначает то, что и теплоноситель, и замедлитель - это вода. Реакторы ВВЭР бывают различных типов. Тип реактора определяется его электрической мощностью. Обычно реакторы маркируются таким образом: ВВЭР-440, ВВЭР-1000. Цифры, идущие за аббревиатурой ВВЭР, указывают электрическую мощность реактора. Тепловая мощность при этом в три раза больше электрической. Реакторы ВВЭР работают на обогащенном U-235 топливе: на ВВЭР-440 обогащение - 3,6%, на ВВЭР-1000 - 4,4%. Масса урана в активной зоне - 41 и 66,3 т соответственно. Теплоноситель радиоактивен как вследствие его облучения нейтронами и гамма-квантами в реакторе, так и за счет попадания радиоактивных веществ (РВ) в теплоноситель (даже при нормальной работе реактора, не говоря уже о случаях повреждения оболочек ТВЭЛов). Схема снятия тепла с реакторов ВВЭР такова. Теплоноситель (вода) прокачивается через активную зону реактора, где и нагревается. Затем вода по главным циркуляционным трубопроводам поступает в парогенераторы и далее направляется обратно в реактор. Эта замкнутая система трубопроводов называется первым контуром. В парогенераторах теплоноситель отдает тепло воде второго контура. Пар, генерируемый в парогенераторах, по главным паропроводам второго контура поступает на турбины и, пройдя цилиндры высокого и низкого давления с промежуточной сепарацией и перегревом, отдает часть своей энергии на вращение турбины, после чего поступает в конденсатор.

Конденсатор, охлаждаемый водой циркуляционного (третьего) контура, обеспечивает сбор и конденсацию отработанного пара. Конденсат, пройдя систему регенеративных подогревателей, подается на подпитку парогенераторов.

1.2. Технические характеристики РБМК

Аббревиатура РБМК расшифровывается как реактор большой мощности канальный (кипящий). Этот реактор существенным образом отличается от ВВЭР. Наиболее принципиальные различия: ВВЭР - корпусной реактор (давление держится корпусом реактора); РБМК - канальный реактор (давление держится независимо в каждом канале); в ВВЭР теплоноситель и замедлитель - одна и та же вода (дополнительный замедлитель не вводится), в РБМК замедлитель - графит, а теплоноситель - вода; в ВВЭР пар образуется во втором контуре парогенератора, в РБМК пар образуется непосредственно в активной зоне реактора (кипящий реактор) и прямо идет на турбину - нет второго контура. Активная зона реактора - вертикальный цилиндр диаметром 11,8 м, высотой 7 м. Графитовая кладка реактора состоит из 2488 вертикальных колонн, собранных из блоков сечением 250x250 мм. По центру блока проходят сквозные отверстия диаметром 114 мм для размещения технологических каналов (ТК) и стержней системы управления защитой (СУЗ). Общее число технологических каналов в активной зоне составляет - 1693. Внутри циркониевого технологического канала располагается тепловыделяющая кассета, состоящая из двух последовательно соединенных тепловыделяющих сборок (ТВС), длина каждой из которых 3,5 м. ТВС содержит 18 стержневых твэлов - трубок наружным диаметром 13,5 мм с толщиной стенки 0,9 мм, заполненных таблетками диаметром 11,5 мм из двуокиси урана (UO₂). Обогащение топлива по U-235 - 2%. Масса урана в одном ТК составляет 114,7 кг. Электрическая мощность реактора РБМК-1000 - 1000 МВт, тепловая - 3200 МВт. Масса загружаемого урана - 192 т.

2. АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ НА АЭС И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ПЕРСОНАЛА И НАСЕЛЕНИЯ

2.1. Общая характеристика радиационных аварий

Выделяют два вида неблагоприятных ситуаций, которые могут привести к переоблучению людей: радиационный инцидент и радиационная авария.

Р а д и а ц и о н н ы й и н ц и д е н т - по содержанию эта ситуация близка к понятию "несчастный случай". При данном событии происходит облучение людей в дозах, превышающих установленные пределы для соответствующих лиц. Указанная ситуация возможна при контакте с утерянным источником ионизирующих излучений (ИИИ), при нарушении техники безопасности обращения с облучательными установками, при транспортировке и т.д.

Р а д и а ц и о н н а я а в а р и я - происходит при нарушении пределов безопасной эксплуатации АЭС и другого оборудования с выходом радионуклидов за предусмотренные границы в количествах, превышающих значения, установленные для нормальной эксплуатации.

Число пострадавших в различной степени, может быть различным, в том числе, как показал опыт ЧАЭС, и очень большим.

К настоящему времени накоплен большой опыт эксплуатации АЭС в условиях ядерной и радиационной безопасности. Имеется также опыт ликвидации радиационных инцидентов и аварий и их последствий.

К 1987 г. в мире было зарегистрировано 284 серьезных аварии на АЭС, сопровождавшиеся выбросом радиоактивных веществ. Наиболее крупные из них были в Северной Англии (Уиндскейл, 1957 г.), в США (Три-Майл-Айленд, 1979 г.) и в СССР (Чернобыльская АЭС, 1986 г.). Но, даже несмотря на то, казалось бы большое количество аварий, атомная энергетика во всем мире относится к отраслям деятельности человека с малой опасностью для жизни, хотя возрастание числа АЭС и участвовавшие в последние годы аварийные ситуации делают эту проблему актуальной.

В 1952 г. в Чолк-Риверской ядерной лаборатории (Канада) произошла авария на исследовательском реакторе (D2O, H2O), радиоактивных веществ выделилось мало, летальных исходов не было.

В 1953 г. в Аргоннской национальной лаборатории (США) экспе-

риментальный реактор был доведён до сверхкритического состояния. Температура резко повысилась, ТВЭЛлы расплавились, произошло бурное парообразование из-за соприкосновения воды замедлителя с раскаленным металлом. В результате произошёл выброс продуктов деления в окружающую среду. Радиоактивные вещества были разбросаны на значительные расстояния, и возникла опасность радиационного поражения населения.

В октябре 1957 г. произошёл пожар в активной зоне ядерного реактора (графит, CO₂) на АЭС в Уиндскейле (Англия). Это привело к неконтролируемому выходу РВ (преимущественно йода) в атмосферу. Существенно загрязнена территория 20x25 км. Погибли 13 человек. Облучение различной степени получили 260 человек. Мощность дозы на территории составила 85 мР/ч. Впоследствии загрязнение было обнаружено в Англии, Уэльсе и некоторых районах Северной Европы. I - 131 был основным радионуклидом в формировании дозы в щитовидной железе и большей части эффективной эквивалентной дозы. Существенный вклад в дозу внесли Po-210 и Cs-137.

В 1961 г. в штате Айдахо (США) произошла авария на испытательной установке экспериментального реактора. Радиоактивных веществ выделилось мало. Имелось два летальных исхода.

В 1970 г. произошла авария на АЭС Индиан-Поинт-1. Образовалась течь в трубе бойлера. Скорость утечки радиоактивных отходов составляла 20 л/час. Прокуратура штата Нью-Йорк потребовала возмещения ущерба в размере 5 млн. долларов за нарушение экологического баланса р.Гудзон, в результате чего дважды в течение зимы 1969-1970 гг. происходила массовая гибель рыбы.

В декабре 1970 г. произошла авария на АЭС в г.Сакстоне. Обнаружена утечка радиоактивных газов. В течение 72 минут было выброшено в окружающую среду $7,289 \times 10^{+11}$ Бк (19,7 Ки) радиоактивных газов. Максимальная концентрация Xe-133 и Xe-135 составила 43,66 Бк/куб.м (1,2 нКи/куб.м).

В марте 1979 г. произошла авария на энергетическом реакторе PWR (ВВЭР) АЭС в Три-Майл-Айленде (США, штат Пенсильвания). Она квалифицировалась как одна из наихудших на протяжении 22-летней истории ядерной энергетики США. Основными причинами аварии были неисправности питающих водяных насосов и систем контроля, ошибки

Примечание: запись $7,289 \times 10^{+11}$ означает $7,289 \times 10^{11}$.

оператора в управлении системой аварийного охлаждения. Произошло расплавление оболочек почти у 50 % ТВЭЛов, около 70 % продуктов деления, накопленных в активной зоне реактора, перешло в теплоноситель первого контура. В результате мощность экспозиционной дозы внутри корпуса, в котором заключены реактор и система 1 контура, достигла 80 Р/ч, во вспомогательных помещениях - 10 Р/ч. Однако система герметизации и очистки послужила барьером, который воспрепятствовал выходу в окружающую среду значительных количеств радиоактивных веществ, представляющих опасность для населения. Произошло 2 выброса в атмосферу. В окружающую среду при аварии было выброшено около 2,5 МКи ($9,25 \times 10^{10}$ МБк) радиоактивных благородных газов и 15 Ки ($5,55 \times 10^{11}$ Бк) радиоактивного иода. В реку Саскуганна было сброшено 185 куб.м слабоактивных вод. В результате суммарная индивидуальная доза, полученная населением, проживающем на расстоянии 7,5; 13 и 80 км, за весь период аварии составила 0,84; 0,71 и 0,01 мЗв (84, 71 и 1 мбэр) соответственно и ни у кого не превысила 100 мбэр. Средняя доза, полученная населением была равна 0,02 мЗв (2 мбэр) при годовом пределе дозы для категории Б - 500 мбэр. Проверка на счетчике излучений всего тела 721 чел. из населения, проживающего в пределах 5 км, не подтвердила инкорпорирования радионуклидов в организм этих лиц. Таким образом, даже вблизи АЭС не была превышена доза облучения, обусловленная естественным радиационным фоном (2,23). Аварию локализовали в течение 1,5 сут. За 3-е сут 1,5 млн человек покинули свое жилье на несколько дней. 1 человек погиб. 100 госпитализировано без последствий.

Аварии на АЭС классифицируются в зависимости от причин отказов оборудования, от механизма развития аварии и масштаба последствий (табл. 2.1).

Различают три типа радиационных аварий на АЭС : локальная, местная и общая.

При локальной аварии радиационные последствия ограничиваются одним зданием или сооружением, где создается повышенный уровень внешнего излучения, радиоактивного загрязнения воздуха в рабочих помещениях, а также наружных поверхностей оборудования.

Радиационные последствия при местной аварии ограничены зданием и территорией АЭС, где возможно облучение персонала в дозах, выше допустимых. Концентрация радиоактивных веществ в воздухе, а

Таблица 2.1

Классификация аварий на АЭС

Причины отказов оборудования АЭС	Механизм развития аварии	Масштабы последствий
1. Неисправность или несовершенство технологического оборудования. 2. Субъективные ошибки в действиях персонала. 3. Внешние стихийные воздействия (землетрясения, ураган, падение самолёта и др.).	1. Течь теплоносителя 1 контура при температуре < 100 град. 2. То же при температуре > 100 град. 3. Разгерметизация оболочек ТВЭЛ. 4. Разрыв трубопровода 1 контура (сокращение и прекращение циркуляции теплоносителя). 5. Оплавление активной зоны ЯЭР, её разгерметизация и последующее разрушение.	1. Локальные (продукты деления не выходят за пределы АЭС, авария ликвидируется силами персонала). 2. Местные (в пределах территории АЭС, привлекаются местные органы). 3. Общие (за пределы АЭС, привлекаются все силы, в том числе и войска).

также уровень радиоактивного загрязнения поверхностей помещений и территории превышает регламентируемый.

К общим относятся аварии, при которых радиоактивные продукты, выбрасываемые из реактора, распространяются за пределы терри-

тории АЭС. В результате возможно облучение населения и радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды (почвы, воздуха, растительности).

В 1990 г. в нашей стране введена Международная шкала событий на АЭС, к которой относятся только события, влияющие на радиационную безопасность (9).

Очень незначительные события, не имеющие значение для радиационной безопасности, классифицируются как события ниже уровня шкалы или нулевого уровня (табл. 2.2).

Шкала разделена на 2 большие части. Нижние 3 класса (1-3) относятся к происшествиям (инцидентам), а верхние классы (4-7) - к авариям.

События рассматриваются по трем критериям:

1. Происшествия, сопровождающиеся ухудшением глубоко эшелонированной защиты АЭС.

Ухудшение глубоко эшелонированной защиты включает происшествия от 1-го по 3-й класс.

2. Внутренние последствия событий. Этот показатель изменяется от 3-го класса, когда может наблюдаться значительное загрязнение поверхностей и облучение персонала, до класса 5, при котором происходит серьезное повреждение активной зоны ядерного реактора.

3. События, которые сопровождаются выбросом радиоактивных продуктов в окружающую среду. Наиболее высокий класс соответствует большей ядерной аварии с обширными последствиями для населения и окружающей среды.

2.2. Возможные гипотетические аварии на ядерных реакторах

Для обеспечения радиационной безопасности персонала и населения на стадии проектирования АЭС рассчитывается набор проектных аварий, в том числе максимальная проектная авария.

Для проектной аварии техническим проектом предусматриваются системы безопасности, обеспечивающие непревышение ПДД облучения персонала и предела дозы населения, на случай таких аварий (17).

Под максимальной проектной аварией понимают проектную аварию с наиболее тяжелым исходным событием, устанавливаемым для каждого

Таблица 2.2

Класс, название	Критерий		
	1. Ухудшение звукового фона эшелонированной защиты	2. Внутренние последствия	3. Внешние последствия
1	2	3	4
7 Глобальная авария	-	-	Большой выброс - значительный ущерб здоровью людей и окружающей среде. Величина выброса по 131 4 I - более 10 ТБк.
6 Тяжелая авария	-	-	Значительный выброс - полная реализация внешнего противаварийного плана на ограниченной территории. Величина выброса по 131 3 4 I от 10 до 10 ТБк.
5 Авария с риском для окружающей среды	-	Значительное повреждение активной зоны	Ограниченный выброс - частичная реализация внешнего противаварийного плана на ограни-

1	2	3	4
			ченной террито- рии. Величина выброса 131 I от 2 3 10 до 10 ТВк.
4 Авария в пределах АЭС		Частичное пов- реждение актив- ной зоны. Острые последствия для здоровья персо- нала.	Небольшой выброс, облучение лиц из населения поряд- ка нескольких мЗв. Применение плана противоза- щитных мероприя- тий маловероятно.
3 Серьезное происшеств- ие	Близко к аварии потеря глубоко эшелонированной защиты.	Большое загряз- нение. Переоблу- чение персонала.	Очень небольшой выброс-облучение населения ниже доли от установ- ленного предела дозы порядка де- сятых долей мЗв.
2 Происшеств- ие сред- ней тяжести	Событие с потен- циальными послед- ствиями для без- опасности.	-	-
1 Незначитель- ное проис- шествие	Отклонение от разрешенных гра- ниц функциониро- вания.	-	-
0 Ниже шкалы	Не влияет на без- опасность.	-	-

типа реактора (9).

При некоторых крайне маловероятных отказах или повреждениях оборудования АЭС, имеющиеся защитные устройства недостаточны для удержания РВ внутри АЭС. В этом случае происходит гипотетическая авария, для которой проектом не предусматриваются технические меры, обеспечивающие радиационную безопасность персонала и населения. Защита персонала и населения в случае гипотетической аварии предусматривается за счет разработки и осуществления на территории АЭС и окружающей территории плана мероприятий по защите населения и персонала, который составляется и согласовывается в установленном порядке дирекцией предприятия до ввода ЯЭР в эксплуатацию. При этом еще на этапе выбора площадки для АЭС предусматривается, что в случае запроектной гипотетической аварии доза внешнего облучения населения на расстоянии 25 км от АЭС не должна превосходить 0,1 Зв в первый год после аварии, а доза внутреннего облучения щитовидной железы детей за счет ингаляции - 0,3 Зв (17).

Для АЭС с реакторами с водой под давлением (ВВЭР) или кипящей водой (РВМК) наиболее тяжелыми могут стать крайне маловероятные гипотетические аварии, связанные с вводом положительной реактивности, ухудшением охлаждения активной зоны, течью теплоносителя первого или второго контура в результате быстрого разрыва наиболее крупных трубопроводов этих контуров и последующим осушением активной зоны, разгерметизацией оболочек всех ТВЭЛов и частичным оплавлением активной зоны (9).

Для этого нужно представить критический случай: исчезла вся вода I контура, т.е. полностью прекратился отвод тепла, вырабатываемого в реакторе в процессе деления. В результате произойдет повышение температуры в активной зоне (АЗ), ТВЭЛы расплавятся и продукты деления поступят в теплоноситель I контура. Повышение температуры приведет к росту давления в реакторе. В конечном итоге корпус реактора может разрушиться, и огромное количество радиоактивных продуктов будет выброшено в атмосферу. Такая авария называется тепловым взрывом реактора. Количественная оценка вероятности возникновения такой аварии показывает, что она сравнима с вероятностью падения крупного метеорита на поверхность Земли и соответствует примерно 10^{-7} (1). Она на два порядка ниже вероятности смерти от воздействия естественных факторов окружающей сре-

ды и на четыре порядка ниже риска смерти в автомобильных катастрофах. В настоящее время в мире наработано свыше 3000 реакторо-лет. Пока не произошло ни одного теплового взрыва на АЭС с реакторами ВВЭР.

Для обеспечения безопасности АЭС все конструктивные элементы ВВЭР, включая АЗ, заключены в прочный корпус. Трубопроводы и другое оборудование I контура размещаются в герметических толстостенных боксах. Для исключения выхода в окружающую среду значительного количества радиоактивных веществ в случае аварии, реактор и все оборудование I контура ВВЭР-1000 заключены в прочный стальной корпус, выдерживающий избыточное давление при полном разрушении реактора. Крупнейшая авария ВВЭР на АЭС Три-Майл-Айленд (штат Пенсильвания, США) в 1979 г. показала надежность системы обеспечения безопасности.

В конце 70-х годов легководные водо-водяные реакторы стали практически использоваться в системах теплоснабжения, на так называемых атомных станциях теплоснабжения (АСТ). В настоящее время строится несколько таких станций вблизи крупных городов (Н.Новгород, Воронеж, Архангельск и др.), что вызывает повышенный интерес к их безопасности.

АСТ в отличие от АЭС приближены к крупным населенным пунктам, так как при расстоянии до города более 15 км АСТ экономически невыгодна. И в то же время теплоноситель АСТ потенциально может содержать радиоактивные загрязнения.

Приближение АСТ к крупным городам на два-три порядка увеличивает риск для населения города подвергнуться радиационному воздействию в случае аварийного выброса значительных количеств радионуклидов. Поэтому в АСТ предусмотрены меры, предотвращающие плавление ТВЭЛов при повреждениях корпуса реактора. Наиболее опасна авария с разгерметизацией I контура. Чтобы исключить обезвоживание активной зоны при таких авариях, на АСТ предусмотрен ряд мероприятий: корпус реактора размещен в герметичной шахте, рассчитанной на давление, которое возникает в момент аварии, используют быстродействующую систему охлаждения активной зоны и т.п. В результате по существующим оценкам выброс радиоактивного йода за пределы первого контура при предельно возможной аварии прогнозируется меньшим по крайней мере в 10000 раз, а радиоактивных бла-

городных газов - в 100 раз по сравнению с аварийными выбросами на традиционных ВВЭР. При таком выбросе дозы облучения щитовидной железы и внешнего облучения критической группы населения на расстоянии 1 км от АСТ будут порядка 0,01 мбэр. В результате других любых аварий на АСТ индивидуальные дозы облучения населения не должны превысить 0,001 мбэр.

Можно добавить, что безопасность населения при использовании сетевой воды обеспечивается трехконтурной схемой с промежуточным контуром. Давление воды в этом контуре меньше, чем в сетевом, что исключает протечки воды промежуточного контура - в сетевой при всех режимах работы АСТ, включая аварийные ситуации.

На АЭС с реактором на быстрых нейтронах типа БН-600, где теплоносителем является натрий, в качестве тяжелой гипотетической аварии рассматривается внезапная разгерметизация первого контура охлаждения реактора, вызванная разрывом трубопровода, что ведет к последующей разгерметизации оболочек ТВЭЛов и плавлению активной зоны (9).

Для гарантии радиационной безопасности реакторов на быстрых нейтронах применяются герметичные кожухи вокруг оборудования и герметичные помещения первого контура, заполненные инертным газом, специальные системы пожаротушения и т.п. Потенциально-возможный выброс радиоактивных веществ во внешнюю среду из дефектных ТВЭЛов для реактора типа БН составляет: РГБ - 30%, цезий-137 - 30%, йод-131 - 2%, барий-140, лантан-140, церий-75 и ниобий-95 - 0,3% (10). Суммарная активность РГБ в газовой системе БН-600 - около 2,5 кКи, что ниже допустимого суточного выброса даже в случае аварийного сброса всего газа из газовой полости.

В реакторах РВМК-1000 отсутствует прочный корпус, рассчитанный на значительное избыточное давление. Система локализации и предотвращения серьезных радиационных последствий аварий для населения основана на системе управления и защиты, аварийном тепловом и охлаждении АЗ при общем обесточивании реактора и разрыве трубопроводов диаметром 300-400 мм и т.д.

В качестве максимально возможной проектной аварии РВМК рассматривается полное обесточивание всех систем управления и контроля за реактором. В этом случае темп падения расхода воды в реакторе выше темпа снижения его тепловой мощности, что приводит к

кратковременному росту паросодержания и уменьшению теплосъема. При реализации такой ситуации предусмотрена немедленная остановка реактора за счет срабатывания аварийной защиты. Реактор надежно расхолаживается при естественной циркуляции воды в контуре. Безопасность подобных режимов была подтверждена на I блоке Курской АЭС в 1980 г., когда произошло полное обесточивание реактора. При других неисправностях в системе РБМК, которые могут привести к аварии, осуществляется полная автоматическая остановка реактора или экстренное снижение его мощности. Таким образом, на РБМК можно локализовать любую из проектных аварий, вплоть до максимально возможной, без опасных радиационных последствий для персонала и населения.

Авария на Чернобыльской АЭС 26.04.1986 г. относилась к категории нереальных. Она оказалась возможной в результате наложения цепи событий, каждое из которых само по себе маловероятно. При этом персоналом были допущены грубые нарушения правил эксплуатации ядерного реактора, что в сочетании с неблагоприятными нейтронно-физическими и техническими свойствами реактора РБМК привело к неконтролируемому росту мощности при продолжающемся снижении расхода воды через АЗ, к интенсивному парообразованию, резкому снижению теплосъема, (следствием чего явились разогрев ядерного топлива, бурное выкипание теплоносителя, в который попали частицы разрушенного топлива), резкому повышению давления в технологических каналах, их разрушению и тепловому взрыву. Был разрушен реактор, часть конструкций здания, и произошел интенсивный выброс радиоактивных продуктов во внешнюю среду (7). Над аварийным IV блоком взлетели какие-то горящие куски и искры, часть из которых упала на крышу машинного зала и вызвала пожар. После аварии на Чернобыльской АЭС был принят и внедрен в практику комплекс мер по повышению безопасности энергетических реакторов РБМК: модернизация системы управления и защиты, введена дополнительная быстродействующая система аварийной защиты, что автоматически снижает мощность реактора при отклонении его от заданного режима работы, внесены изменения в технологический регламент управления оборудованием энергоблока, запрещено проведение нерегламентных испытаний энергоблоков и др.

Разработанный комплекс мероприятий практически гарантирует невозможность повторения аварий, подобных чернобыльской.

2.3. Радиационная обстановка после аварии на Чернобыльской АЭС

В момент теплового взрыва реактора на Чернобыльской АЭС произошел выброс диспергированного ядерного топлива из разрушенного реактора на высоту примерно несколько больше 1 км. Наиболее мощная струя газообразных и аэрозольных радиоактивных продуктов наблюдалась в течение первых 2-3 суток после аварии в северном направлении, где уровень радиации достигал 1000 мР/ч 27.04 и 500 мР/ч 28.04 на удалении 5-10 км от места аварии на высоте 200 м (10). Активность вынесенных из реактора продуктов деления без радиоактивных инертных газов на 26.04.86 г. составила $7,4 \times 10^2 - 8 \times 10^2$ ПБк (20-22 МКи), а в пересчете на 6 мая с учетом распада - $4,4 \times 10^2$ ПБк (12 МКи). Для локализации очага аварии, предотвращения концентрирования расплавленного топлива и создания тем самым потенциальных условий для протекания цепной реакции немедленно с вертолетов начали забрасывать шахту реактора нейтронопоглощающими, теплоотводящими и фильтрующими материалами (соединениями бора, доломитом, свинцом, песком, глиной). В результате принятых мер, способствующих снижению интенсивности горения графита, мощность выброса начала уменьшаться и к 2 мая упала до $1,5 \times 10^2$ ПБк (4,0 МКи) в сутки.

После 2 мая вынос радиоактивных продуктов из аварийного реактора начал нарастать и 3 и 5 мая достиг $1,9 \times 10^3$ и $3,0 \times 10^3$ ПБк (5,0 и 8,0 МКи) в сутки соответственно. Этот подъем выброса объясняется интенсивным тепловыделением из-за разогрева ядерного топлива до температур примерно 1700 С в связи с отсутствием отвода тепла от топлива и графитовой кладки. Благодаря экстренным мерам по охлаждению топлива, графитовой кладки и образования более тугоплавких соединений, 6 мая выброс радиоактивных продуктов резко снизился и составил 3,7 ПБк (0,1 МКи). К 9 мая он уменьшился еще на один порядок, а к концу месяца практически завершился, снизившись до 0,74 ПБк (20 Ки) в сутки.

Состав радионуклидов в аварийном выбросе примерно соответствовал их составу, накопленному в активной зоне реактора за кам-

панию, и отличался от него повышенным содержанием летучих продуктов деления (йода, цезия, инертных газов и в некоторой степени рутения) - таблица 2.3.

Таблица 2.3

Относительное содержание продуктов деления в аварийном выбросе к 6.05.1986 г. (7).

Радионуклид	Содержание продуктов деления, выброшенных из реактора, %	Радионуклид	Содержание продуктов деления выброшенных из реактора, %
Xe-133	Возможно 100	Zr-95	3,2
Kr-85 m	Возможно 100	Ru-103	2,9
Kr-85	Возможно 100	Ru-106	2,9
I-131	20	Ba-140	5,6
Te-132	15	Ce-141	2,3
Cs-134	10	Ce-144	2,8
Cs-137	13	Sr-89	4,0
Mo-99	2,3	Sr-90	4,0

Радиационная обстановка в городе Припяти в течение всего дня 26 апреля была достаточно спокойной. Это было обусловлено тем, что в момент аварии и во время последовавшего за этим пожара ветер сносил радиоактивные продукты мимо города. Тем не менее были приняты меры по снижению возможного облучения. В частности, было рекомендовано сократить время пребывания людей вне помещений, не открывать окна. Занятия на открытом воздухе в школах и детских учреждениях были запрещены. Врачи организовали подворный обход и обеспечили население препаратами для профилактики возможного поступления в организм радиоактивных изотопов йода. К сожалению, в выполнении этих защитных мероприятий не было должной организованности и настойчивости.

В последующем, когда высота подъема выбрасывания продуктов

из аварийного реактора существенно снизилась в результате флуктуации ветра в приземном слое воздуха, радиоактивный факел в некоторые интервалы времени захватывал территорию города, радиационная обстановка 27 апреля стала резко ухудшаться. В результате было принято решение о немедленной эвакуации г. Припяти, которая началась в 14.00 часов. В течение 2,5 часов 50-тысячное население города на 1100 автобусах было вывезено за пределы радиационно опасной зоны. Следует особо отметить высокую организованность этой операции.

На основе данных о разведанных уровнях излучения был сделан прогноз о возможных дозах облучения населения в близлежащих к АЭС населенных пунктах, что позволило принять решение об эвакуации населения из тридцатикилометровой зоны вокруг ЧАЭС. Она была проведена после 2 мая, (когда вновь возросла интенсивность радиоактивного выброса), в течение нескольких дней. В последующем реально сложившаяся радиационная обстановка потребовала эвакуации населения из некоторых населенных пунктов, расположенных вне 30-км зоны в западном и восточном направлениях от АЭС, где уровни радиации превышали 50 мЗв/ч (5 бэр).

Следует отметить, что создание круговой зоны отчуждения определялось не реально сложившейся радиационной обстановкой, а возможными изменениями метеоусловий, а следовательно, изменением направления распространения радиоактивных продуктов. Основные зоны радиоактивного загрязнения местности после аварии сформировались в западном, северо-западном и северо-восточном направлениях, а затем в меньшем масштабе - в южном направлении. В населенных пунктах в пределах 30 км зоны максимальные уровни радиации достигали 10-15 мР/ч. К 5 мая они снизились в 2-3 раза.

За пределами 30-км зоны уровни радиации были значительно ниже. В частности, на 10 мая 1986 года мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в 60 км от АЭС составляла 0,3 мР/ч, в Киеве - 0,33 мР/ч.

На промплощадке и в непосредственной близости к ней уровень излучения в первые дни в результате интенсивного радиоактивного загрязнения составлял несколько сотен миллирентген в час. Оно было обусловлено кусками графита с ядерным топливом, выброшенным из реактора и осевшим на крыше машинного зала и третьего блока, осе-

данием крупнодисперсных радиоактивных аэрозолей из облака.

Поскольку аварийный реактор в течение сравнительно продолжительного времени оставался мощным источником выброса радиоактивных продуктов в атмосферу, картина загрязнения территории как по уровню осевшей активности, так и по радионуклидному составу имела сложный характер, вследствие изменяющихся метеоусловий, высоты и интенсивности выброса. В частности, наблюдалось образование локальных загрязнений отдельных участков территории.

Концентрация радиоактивных веществ в атмосферном воздухе в пределах 30-км зоны на, в основном, сформированном радиоактивном следе была небольшой.

Так, в период с 3 мая по 3 июня концентрация радиоактивных веществ в атмосферном воздухе в пределах 30 км зоны (гг. Припять, Чернобыль и др.) составляла $3,7 \times 10^2$ - $3,7 \times 10^4$ Бк/м³ (10-12 - 10-14 Ки/л) по суммарной бета-активности радионуклидов, т.е. была ниже ДК для отдельных лиц из населения (категория Б) (7).

Суммарный выброс продуктов деления за пределы промплощадки (без радиоактивных инертных газов) составил около $1,9 \times 10^{18}$ Бк (50 МКи), что соответствует примерно, 3,5 % общего количества радионуклидов, накопленных в реакторе на момент аварии. Это привело к значительному радиоактивному загрязнению территорий, прилегающих к АЭС, и потребовало принятий чрезвычайных решений по эвакуации населения из ряда населенных пунктов, ограничения хозяйственного использования земель (7).

На первом этапе обеспечения радиационной безопасности населения особое внимание было обращено на г. Припять, расположенный в 3 км от АЭС, где проживало около 50 тыс. человек, и на близлежащие населенные пункты. Масштаб и объем радиационного контроля для получения основополагающей информации для проведения защитных мероприятий с течением времени возросли.

Первоочередными и важнейшими задачами радиационного контроля являлись:

оценка возможного уровня внешнего и внутреннего облучения персонала ЧАЭС, жителей г. Припяти и эвакуированного затем из 30-км зоны населения в целях выявления лиц, нуждающихся в медицинской помощи;

прогностическая оценка возможных уровней облучения населения

в районах повышенного радиоактивного загрязнения ряда районов вне 30-км зоны для принятия решения о необходимости дополнительной полной или частичной эвакуации или разработке соответствующих временных рекомендаций по режиму питания и жизнедеятельности населения в данном регионе;

исключение распространения контактным путем радиоактивных веществ из загрязненных районов, а также употребления пищевых продуктов с содержанием радионуклидов выше регламентированных пределов.

Для решения указанных задач был осуществлен систематический контроль:

уровня гамма-излучения на всей территории европейской части СССР методами воздушной и наземной радиационной разведки;

концентрации и радионуклидного состава радиоактивных веществ в воздухе в различных точках 30-км зоны, преимущественно в местах проведения работ по ликвидации последствий аварии и дислокации персонала, а также вне 30-км зоны в населенных пунктах, где наблюдались повышенные уровни радиации;

плотности радиоактивного загрязнения почвы и растительности и его радионуклидный состав;

содержания радионуклидов в пищевых продуктах, воде водоемов, в первую очередь, питьевого водоснабжения;

уровни радиоактивного загрязнения спецодежды или личной одежды и обуви, наружных и внутренних поверхностей транспортных средств на границах контролируемых зон (устанавливаемых исходя из характера работ и сложившейся радиационной обстановки), в аэропортах, на железнодорожных и автовокзалах.

В частности, были введены три контролируемые зоны: особая (в основном территория промплощадки), 10- и 30-км (7, 10). В них был организован стойкий дозиметрический контроль и развернуты пункты дезактивации транспорта и санитарной обработки личного состава при необходимости. На границах была организована пересадка людей из одних транспортных средств в другие для уменьшения контактного переноса радиоактивных веществ.

10 мая была составлена карта мощности доз, на основании которой установили зоны радиоактивного загрязнения (8, 12):

1) зона постоянного отселения (запретная зона) - территория,

ограниченная изодозной линией 20 мР/ч на 15-й день после аварии ("Д + 15"). В пределах этой территории дозы облучения за первый год превышали 0,1 Гр;

2) зона временного отселения (зона эвакуации) - территория, расположенная между изодозными линиями 20 - 5 мР/ч на "Д + 15". Не исключалось возвращение населения в эту зону по мере нормализации радиационной обстановки. Прогноз годовых поглощенных доз за счет внешнего гамма-облучения - 0,06 - 0,24 Гр ;

3) зона жесткого контроля - ее территория определялась между изодозными линиями 5 - 2 мР/ч на "Д + 15". Население из этой зоны не эвакуировалось. Исключение составляли дети и беременные женщины, которые в организованном порядке были вывезены на летний оздоровительный отдых до 2 - 3 мес. В этой зоне вводился систематический дозиметрический контроль объектов внешней среды, пищевых продуктов, воды и фуража. Для сельского населения годовая доза не должна превышать 0,06 Гр.

В мае 1986 г. для населения установлена временная предельная суммарная годовая доза внешнего и внутреннего облучения на первый год после аварии - 100 мЗв.

НКРЗ в дальнейшем на последующие годы (до 1989 г.) ежегодно ужесточало пределы: на 1987 г. - 30 мЗв, на 1988 - 1989 гг. - по 25 мЗв. В целом за 44 мес после аварии сумма регламентов составила 173 мЗв.

В конце 1987 г. - начале 1988 г. была изучена радиационно-гигиеническая обстановка на обширной территории СССР и выявлена значительная неравномерность радионуклидных выпадений, возник вопрос о дальнейшей регламентации облучения населения.

НКРЗ было выработано предложение об установлении дозы за 70 лет равной 350 мЗв с учетом уже накопленной до 1.01.90 дозы облучения. Недостижение этого порога обуславливало снятие всех ограничений для нормальной жизнедеятельности населения, а в случаях превышения этой величины было рекомендовано отселение людей, начиная с 1990 г. Причем эта доза рассчитывалась для самых критических групп населения (лица, родившиеся в 1986 г., полеводы, лесники). Эти и другие ограничения обеспечивали реально прогнозируемую индивидуальную дозу облучения людей порядка 100 - 170 мЗв за жизнь.

В апреле 1990 г. в попытке отойти от концепций, связанных с пределами доз, Верховный Совет СССР ввел концепцию поверхностного загрязнения в качестве критерия для переселения и для улучшения условий жизни людей (в целом она соответствовала 35-бэрной концепции). Где уровень поверхностного загрязнения превышал 40 Ки/кв.км (1480 кБк/кв.м) - зона обязательного отселения; 15 - 40 Ки/кв.км (555 - 1480 кБк/кв.м) - зона переселения по желанию, кроме детей и беременных женщин для которых переселение обязательно. В районах с загрязнением от 1 до 15 Ки/кв.км (37 - 555 кБк/кв.м) переселение не предусматривалось, выплачивалась только денежная компенсация.

Концепция НКРЗ вызвала критику со стороны некоторых республиканских академий наук, которые считали неприемлемым уровень вмешательства - 350 мЗв.

В конечном итоге в апреле 1991 г. Правительством утверждена новая "Концепция проживания населения в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС". На всех территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, устанавливается минимальный уровень вмешательства, равный 1 мЗв средней годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения. При этом вводится верхний уровень - 5 мЗв за 1991 г. Непревышение нижнего уровня обеспечивает условия проживания без каких-либо ограничений. В указанном интервале годовых мощностей доз осуществляются защитные мероприятия (улучшенное медицинское обслуживание, обеспечение полноценным питанием, достоверная информация, компенсации, льготы и др.), а жители имеют право на добровольное переселение из этих зон. На территории, где годовая доза в 1991 г. - 0,5 бэр, доза за все последующие 70 лет не превысит 10 бэр, а с учетом ранее полученной дозы (не более 10 бэр) 20 бэр. Доза менее 0,1 бэр/год может быть получена на территории с уровнем загрязнения до 5 Ки/кв.км, а доза менее 0,5 бэр/год - до 40 Ки/кв.км.

Официально установлено, что на территории более 131000 кв.км уровень загрязнения поверхности цезием-137 превышал 1 Ки/кв.км; на территории 25000 кв.км - превышал 5 Ки/кв.км. Из этой площади примерно 14600 кв.км расположены в Белорусии, 8100 кв.км - в России, 2100 кв.км - на Украине.

2.4. Очаги поражений при крупномасштабных авариях. Радиационные факторы, воздействующие на человека

При нахождении личного состава в районе аварийной АЭС необходимо иметь ввиду следующие возможные пути облучения:

1. Внешнее облучение (гамма-, бета-жесткое) и поступление РВ внутрь организма при прохождении первичного газоаэрозольного облака.

При аварии ЧАЭС на южной окраине г. Припять на расстоянии 2 км от АЭС за время прохождения облака доза внешнего облучения составила 12000 рад. Количество РВ, которое поступило бы внутрь организма при открытом расположении людей, составило бы десятки мКи, что также могло привести к гибели людей.

Расчеты показывают, что при 50% выбросе РВ в результате аварии одного реактора РБМК-1000 в течение 10 сут личный состав за счет облучения от облака и поступления РВ внутрь может получить смертельные дозы облучения на удалении до 30 км, а при аварии реактора ВВЭР-1000 - на удалении до 10 км.

Таким образом, с точки зрения возникновения массовых потерь среди населения и личного состава войск, расположенного вне укрытий, распространение первичного газоаэрозольного облака представляет серьезную опасность на удалении до 30 км от аварийного реактора.

2. Внешнее облучение (гамма-) на РЗМ.

Вклад данного фактора в общую дозу облучения на различных этапах после аварии составляет от 30-40% до 80-90%. Внешнее облучение является ведущим при правильном использовании средств индивидуальной защиты (СИЗ), а начиная с 2-3 мес после аварии - и без использования СИЗ.

3. Внутреннее облучение (альфа-, бета-, гамма-) за счет ингаляционного поступления радионуклидов при нахождении на РЗМ.

Вклад данного фактора в общую дозу облучения зависит от степени РЗМ, радионуклидного состава РВ (особенно наличия альфа-излучателей), времени прошедшего после аварии, характера работы личного состава, использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и может составлять до 70% !!! в первый месяц, до 40-50% - во второй, до 20-30% - в третий месяц после аварии.

4. Внутреннее облучение при пероральном поступлении радионуклидов с загрязненными пищевыми продуктами и водой.

При организации питания личного состава привозными продуктами и соблюдении необходимых санитарно-гигиенических правил их транспортировки, хранения и приготовления пищи доза облучения за счет перорального поступления РВ очень мала.

5. Контактное облучение (бета-, гамма-) при загрязнении кожи и одежды, а также дистанционное бета-облучение кожи от РЗМ.

Вклад облучения кожи в эффективную эквивалентную дозу составляет около 10% в первый год после аварии.

Таким образом, наиболее значимым фактором радиационной обстановки является гамма-излучение от РЗМ. Только в первый месяц после аварии, если не используются СИЗ органов дыхания, внешнее облучение уступает по значимости внутреннему за счет ингаляционного поступления РВ.

2.4.1. Радиоактивное загрязнение при аварии на АЭС

При нормальном режиме работы реактора накапливаемые продукты деления удерживаются в ТВЭЛах. При работе реактора температура внутри ТВЭЛа достигает 2000 С, а на их поверхности - 350-500 С. Выход радиоактивных продуктов за пределы оболочек ТВЭЛов (первого защитного барьера) в количестве более установленного может произойти только в случае, когда ядерное топливо сильно перегрето и частично оплавлено.

Характер радиационного воздействия на население при аварии АЭС существенно зависит от состава радиоактивных продуктов, выбрасываемых во внешнюю среду, и закономерностей их распространения.

Ядра U-235 под воздействием нейтронов с наибольшей вероятностью образуют радионуклиды с массовыми числами 90-100 и 135-145. Периоды полураспада различных продуктов деления лежат в очень широком временном интервале: от нескольких долей секунды до нескольких сотен тысяч лет. Так, Kr-94 имеет период полураспада $T_{1/2}$, равный 0,4 с, Rb-93 - 5,9 с, J-131 - 8,1 сут, Sr-90 - 28 лет, Cs-137 - 30,2 года, Ce-142 - 5×10^6 лет и т.д.

В табл. 2.4 приведена относительная активность части основных продуктов деления, накапливаемых в РВМК-1000 после 3-годовой кампании (10). В принципе такой состав должен быть и для ВВЭР за

Таблица 2.4

Относительная активность основных продуктов деления накапливаемых в РБМК-1000 после кампании T=3 года и времени выдержки t=0 и 24 часа

Нуклид	Период полураспада	Относительная активность	
		t=0	t=24
1	2	3	4
Криптон-85m+ +85n	1,83; 4,48 ч	0,78	0
Криптон-87+ +88+89	76,4 мин; 171,6 мин; 3,18 мин	1,1; 1,5; 1,7	0
Стронций-89+ +90	50,5 сут; 28,5 лет	2,0; 0,33	3,2; 0,50
Цирконий-95	63,95 сут	4,3	6,6
Ниобий-95	35,15 сут	4,5	6,9
Молибден-99	66,02 ч	4,8	5,8
Рутений-103+ +106	39,95 сут; 368,2 сут	4,6; 2,4	7,0; 3,7
Йод-131+133	8,1 сут; 20,8 ч	2,7; 5,4	3,9; 3,8
Теллур-132	78,2 ч	3,8	4,8
Ксенон-133+ +135+138	5,2 сут; 9,1 ч; 14,1 мин	5,4; 1,1; 4,5	8,1; 1,9; 0
Цезий-134+137	2,1 г; 30,2 лет	0,66; 0,47	1,0; 0,73
Барий-140	12,8 сут	4,6	6,7
Лантан-140	40,2 ч	4,8	7,2
Церий-141+144	32,5 сут; 284,3 сут	4,3; 4,1	6,5; 6,4
Прозеодим-143+ 144	13,6 сут; 17,3 мин	3,8; 4,2	5,9; 6,4
Прометий-147	2,6 г	0,7	1,1

тот же промежуток времени, поскольку в реакторах обоих типов деление ядер U-235 происходит под воздействием тепловых нейтронов.

Данные табл. 2.4 характеризуют удельный вклад каждого радионуклида в суммарную активность продуктов деления в месте их образования, т.е. непосредственно в ТВЭЛах. В общем случае при аварии ядерного реактора во внешнюю среду может поступить практически весь набор радионуклидов, образовавшихся в активной зоне. Однако их соотношение изменится, поскольку выход конкретного радионуклида из ТВЭЛа будет определяться его физико-химическими свойствами, т.е. будет наблюдаться процесс фракционирования. Очевидно, что наибольшей подвижностью обладают газообразные продукты деления, к которым относятся изотопы инертных радиоактивных газов - криптона и ксенона. К этой группе примыкает и йод, который возгоняется при сравнительно низких температурах. Поэтому при аварии наиболее значительную роль в формировании радиационной обстановки вокруг АЭС будут играть инертные радиоактивные газы и изотопы йода.

В случае аварии во внешней среде в заметных количествах могут регистрироваться продукты деления, являющиеся изотопами таких легкоплавких элементов, как цезий, рутений, теллур, поскольку при нарушении теплосъема температура ТВЭЛов может достигать нескольких тысяч градусов и более (7). Наименьшей подвижностью обладают тугоплавкие элементы, поэтому роль радиоактивных изотопов серебра, европия, бария и др. в формировании радиационной обстановки при аварии на АЭС невелика.

Радиоактивные вещества, выброшенные из реактора в атмосферу, распространяются по направлению ветра. С течением времени они оседают из облака на поверхность земли, образуя так называемый радиоактивный след. Характер распространения радиоактивного облака и интенсивность загрязнения территории определяются высотой выброса продуктов, т.е. масштабами аварии, и метеорологическими условиями.

В формировании радиоактивного загрязнения окружающей среды можно выделить три фазы:

- 1- кратковременная за счет преимущественно инертных радиоактивных благородных газов с периодом полураспада секунды-минуты;
- 2- газоаэрозольная за счет, в основном, гамма-бета-активных радионуклидов (йод, цезий, стронций и т.д.) и очень небольшого количества альфа-активного плутония;

3- стабильное загрязнение местности, в основном, гамма-бета-активными радионуклидами, где ведущее значение имеет цезий.

Характерной особенностью для следа облака при авариях на АЭС является пятнистость загрязнения по различным причинам, что потребует проведения тщательной подворной радиационной разведки и приведёт к разной степени облучения населения даже в пределах одного населённого пункта.

Основные различия между радиоактивным загрязнением при ядерном наземном взрыве и разрушении АЭС представлены в табл. 2.5.

2.4.2. Дозы облучения лиц, находящихся на радиоактивно загрязненной местности после аварии на АЭС

Ведущим фактором радиационного воздействия для лиц, живущих и работающих на загрязненной территории, достаточно удаленной от аварийной АЭС, является внешнее облучение фотонным излучением, испускаемым продуктами деления, осевшими на поверхности земли. При потреблении продуктов питания местного производства возможно и внутреннее облучение вследствие поступления радиоактивных веществ, содержащихся в этих продуктах. Безусловно, нельзя сбрасывать со счета и ингаляционный путь поступления радиоактивных веществ во время прохождения облака или в результате вторичного пылеобразования.

Для оценки возможного уровня внешнего облучения населения наиболее существенным параметром является закономерность изменения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на загрязненной территории, зависящая от радионуклидного состава, который при аварии на ЧАЭС был неоднородным. Проведенные исследования позволили построить наиболее типичную экстраполяционную кривую уменьшения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, создаваемой в воздухе на высоте 1 м от поверхности земли, отнесенной к мощности экспозиционной дозы излучения гамма-излучения на 15 сутки после аварии, т.е. когда практически полностью прекратился вынос радиоактивных продуктов из реактора (рис.2.1)

Таблица 2.5

Сравнимые показатели	Ядерный взрыв	Разрушение АЭС
Зоны загрязнения	А, Б, В и Г	А, Б, В, иногда-Г для мирного времени - зона М
Основные документы для оценки обстановки и последствий для личного состава	Приказ МО СССР N 310 - 1983 г. Справочник по поражающему действию ядерного оружия, часть II.- М., 1986 г.	НРБ и ОСП, приказ МО СССР N 285 - 1983 г. в мирное время или Приказ МО СССР N 310-1983 г. - в военное время; Справочник: "Выявление и оценка радиационной обстановки при авариях на АЭС", М., 1989 г.
Характеристика радиоактивных продуктов	Крупнодисперсные аэрозоли, оплавленные частицы, из них 90-95% - нерастворимы; бета-, гамма-излучатели; 90% короткоживущих РВ, быстрый спад активности. Дезактивация проводится сравнительно легко - простейшими методами: вытряхивание, выколачивание и т.п. Фильтрация удаляет из воды до 98% РВ, отстаивание - до 70%.	Мелкодисперсные аэрозоли и газы, легко прилипающие частицы, многие из них - растворимы; альфа-, бета-, гамма излучатели; 90% долгоживущих РВ, медленный спад активности. Дезактивация проводится с большим трудом - нужны специальные сорбенты. Оценка пригодности воды в военное время по приказу МО N 310-1983 г. , в мирное время - N 285-1983 г. (НРБ, ОСП !)

Рис.2.1. Зависимость $\dot{X}(t) / \dot{X}(D+15)$ от времени выдержки t .

$\dot{X}(t)$ и $\dot{X}(D+15)$ мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в данный момент времени t и на 15 сутки после аварии соответственно.

На основе данных о мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в данный момент времени можно экстраполировать её значение на прошедшее и будущее время (рис. 2.1). Так, если измеренная доза гамма-излучения на 15-е сутки равна 3мР/ч, то в 1-е сутки после аварии она составляла 9 мР/ч, через 3 месяца она снизится до 0,66 мР/ч, а через 1 год - до 0,22 мР/ч.

Установленно, что мощность экспозиционной дозы гамма-излучения 1 мР/ч на высоте 1 м от земли примерно соответствует плотности поверхностного загрязнения несепарированными продуктами деления, равной $3,7 \times 10^{12}$ Бк/км² (100 Ки/км²). Это соотношение остается справедливым независимо от возраста продуктов деления, если не происходит существенного изменения радионуклидного состава.

Из рис. 2.1 получена интегральная кривая, характеризующая экспозиционную дозу гамма-излучения в воздухе $X(t)$, создаваемую на данные сутки после аварии при мощности экспозиционной дозы на 15-е сутки равной 1 мР/ч (рис. 2.2).

Видно, что на загрязненной территории, где $X(D+15)=1$ мР/ч, суммарная экспозиционная доза гамма-излучения в воздухе за 1-е сутки после аварии составит 0,43 Р, за 7 суток - 0,72 Р, за 3 месяца - 1,7 Р, за первый год - около 3,3 Р.

Рис. 2.2. Экспозиционная доза гамма-излучения $X(t)$, создаваемая на t -е сутки после аварии при $X(D+15)=1\text{мР/ч}$.

Согласно предложениям рабочей группы НКРЗ по расчетам и оценке уровней облучения населения, учитывается не только характер изменения уровня излучения на загрязненной территории, но и экранирующий эффект зданий, а также время пребывания на открытой местности. Принималось, что сельское население примерно 50% времени в течение суток находится вне помещений, а городское - около 30%, коэффициент экранирования для деревянного дома равен 2, а для кирпичного - 10. Таким образом, прогнозируемая поглощенная доза внешнего облучения $D(t)$ при проживании на загрязненной территории t суток после аварии

для сельских жителей:

$$D(t) = 0,87 \times 0,75 X(t) = 0,65 X(t), \quad (1);$$

для городского населения :

$$D(t) = 0,87 \times 0,4 X(t) = 0,34 X(t), \quad (2).$$

Здесь $X(t)$ - экспозиционная доза гамма-излучения, создаваемая на загрязненной территории за t суток после аварии, а $0,87$ - коэффициент перехода от единицы экспозиционной дозы в воздухе, измеренной в рентгенах, к единице поглощенной дозы в ткани, измеренной в радах. Для длительного прогноза в эти формулы следует вводить коэффициент $0,7$, учитывающий экранирование излучения снежным покровом.

Проведенные в ряде населенных пунктов района ЧАЭС систематические реальные измерения значения мощности экспозиционной дозы и

определенное по ним $X(t)$ достаточно хорошо согласуются с прогнозируемым по рис. 2.1 и рис 2.2.

В качестве примера можно оценить возможный уровень внешнего облучения жителей Киева на основе данных о мощности экспозиционной дозы, равной 0,33 мР/ч на 10 мая, т.е. на 14-15 сутки после аварии. Из рис. 2.2 следует, что за первый год $X(t)=3,3$ Р. Тогда экспозиционная доза за год на местности, где мощность экспозиционной дозы на 15-е сут равна 0,33 мР/ч, будет равна:

$$X(t) = \frac{0,33 \text{ мР/ч}}{1,0 \text{ мР/ч}} \times 3,3 \text{ Р} = 1,09 \text{ Р}$$

Поглощенная доза за год для городских жителей согласно формуле (2) составит:

$$D(t) = 0,34 \times 1,09 = 0,37 \text{ рад}$$

При этом здесь не учтен эффект смыва радиоактивных веществ с осадками и при поливе улиц. Таковы реальные опасности дополнительных дозовых нагрузок за счет внешнего облучения для жителей Киева.

Что касается внутреннего облучения, то на первом этапе после аварии (примерно 2 мес.) ведущими дозообразующими радионуклидами являются радиоизотопы йода и в первую очередь йод-131, поступающие в организм, в основном, с молоком молочно-продуктивного скота, выпасаемого на пастбищах, загрязненных радиоактивными продуктами, а также ингаляционным путем. Так как йод, поступивший в организм, накапливается в щитовидной железе, внутреннее облучение людей в первый период после аварии определяется дозами излучения, создаваемыми радиоизотопами йода, накопившимися в этом органе. Особое внимание следует обращать на детей, относящихся к группе повышенного риска, так как доля молочных продуктов в рационе детей существенно выше, а масса щитовидной железы меньше, чем у взрослого человека (15).

Экспрессная оценка содержания йода в щитовидной железе определяется путем измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения у поверхности шеи. Для этих целей используется серийные радиометры СРП-68 и ДРГ-3-01 или их перспективные модификации. Датчик прибора располагают вплотную к основанию шеи (между долями щитовидной железы). Для этих приборов коэффициент

перехода от измеренной мощности экспозиционной дозы гамма-излучения к содержанию йода в щитовидной железе K равен 10 мкКи на 1 мкР/с для взрослого человека. Это значит, что при зарегистрированной мощности дозы 1 мкР/с содержание йода в щитовидной железе на момент измерения равно 10 мкКи. Для детей в возрасте менее 3 лет $K=5$ мкКи/ (мкР/с) а в возрасте 3-10 лет - 6,7 мкКи/ (мкР/с).

Следует учитывать, что на основе данных о содержании радиоактивного йода в щитовидной железе ожидаемую дозу облучения можно корректно определить лишь в том случае, если известен темп и путь (ингаляционный, с молоком, с овощами) поступления радионуклида в организм. Это затруднение можно преодолеть путем персонального опроса о режиме поведения и местах проживания каждого контролируемого лица с начала аварии до момента измерения и последующего сопоставления с изменением радиационной обстановки в данной местности. Соответствующие формулы для расчета дозовых нагрузок на щитовидную железу при различных путях поступления радиоактивного йода в организм, методология проведения таких расчетов приведена в (16). Там же представлен табличный материал, позволяющий проводить экспресс оценки дозы облучения щитовидной железы на любой момент времени.

2.4.3. Оценка радиационной обстановки при авариях на АЭС

Радиационная обстановка представляет собой совокупность условий, возникающих в результате загрязнения местности, приземного слоя воздуха и водоемов, оказывающих влияние на действия войск, аварийно-спасательные работы и жизнедеятельность населения.

Характер и масштабы последствий радиационных аварий в значительной степени зависят от типа ЯЭР, степени его разрушения (% выброшенных продуктов деления), времени работы реактора после пуска, а также метеоусловий в момент выброса РВ.

Оценка наземной радиационной обстановки предусматривает определение масштабов и степени РЗМ и приземного слоя атмосферы с целью определения степени их влияния на действия войск и выбора оптимального режима их деятельности.

Радиационная обстановка может быть выявлена и оценена как по

результатам прогнозирования последствий разрушения АЭС, так и по данным радиационной разведки.

При решении задач по оценке радиационной обстановки в большинстве случаев предусматривается отображение на карте (схеме) прогнозируемых или фактических стандартных зон радиоактивного загрязнения местности, радиационные характеристики которых приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6
Радиационные характеристики зон радиоактивного загрязнения местности при авариях на АЭС

Наименование зоны	Индекс зоны	Доза излучения за первый год после аварии			Мощность дозы излучения через 1 час после аварии	
		На внешней границе	На внутренней границе	В центре зоны	На внешней границе	На внутренней границе
Радиационно-опасности	М	5 рад	50 рад	16 рад	14мрад/ч	140мрад/ч
Умеренного загрязнения	А	50 рад	500 рад	160 рад	140 мрад/ч	1400 мрад/ч
Сильного загрязнения	Б	500 рад	1500 рад	866 рад	1,4 рад/ч	4,2 рад/ч
Опасного загрязнения	В	1500 рад	5000 рад	2740 рад	4,2 рад/ч	14 рад/ч
Чрезвычайно опасного загрязнения	Г	5000 рад	-	9000 рад	14 рад/ч	-

Внешняя зона на следе называется зоной радиационной опасности (обозначается индексом М) и представляет собой участок загрязненной местности, в пределах которого доза излучения при открытом расположении будет составлять от 5 до 50 рад за год.

В мирное время в пределах зоны М необходимо максимально ограничить пребывание личного состава, не привлекаемого непосредственно к работам по ликвидации последствий радиационной аварии.

В военное время зона М на картах не отображается.

При проведении аварийно-спасательных работ в зоне М и, тем более, во всех других зонах РЗМ, должны выполняться основные мероприятия радиационной безопасности: радиационный и дозиметрический контроль, защита органов дыхания респираторами, профилактический прием йодсодержащих препаратов, санитарная обработка личного состава, дезактивация обмундирования и военной техники.

Зона умеренного радиоактивного загрязнения (обозначается индексом А), представляет собой участок загрязненной местности, в пределах которого доза излучения за год составит от 50 до 500 рад.

В пределах зоны А в военное время, исходя из условий боевой обстановки, необходимо стремиться к сокращению времени пребывания личного состава на открытой местности.

В зоне сильного радиоактивного загрязнения (обозначается индексом В) дозы излучения на местности составляют от 500 до 1500 рад за год.

Действия войск в зонах А и В целесообразно проводить в бронированных объектах военной техники с обязательной защитой органов дыхания.

Зона опасного радиоактивного загрязнения (обозначается индексом В) характеризуется дозой за год от 1500 до 5000 рад.

Военные действия в этой зоне возможны только в сильно защищенных объектах военной техники и по возможности должны быть ограничены несколькими часами. Аварийно-спасательные работы необходимо проводить с привлечением радиоуправляемой специальной техники.

В зоне чрезвычайно опасного радиоактивного загрязнения (обозначается индексом Г) дозы излучения будут составлять более 5000 рад за год. В этой зоне недопустимо пребывание личного состава.

Необходимо отметить, что указанные дозы облучения в зонах РЗМ относятся только к внешнему гамма-облучению и не учитывают внутреннего облучения ингаляционным и пероральным путем, а также контактного бета-облучения кожных покровов.

Для выявления и оценки радиационной обстановки при авариях на АЭС в Военной академии химической защиты разработано учебное пособие, предназначенное для решения войсковых и инженерных задач (3). Оно рассчитано на использование специалистами-химиками и требует значительной специальной подготовки для усвоения.

Как показывает опыт, офицеры медицинской службы начинают достаточно осознанно оценивать обстановку после длительной работы с указанным справочником (3). Кроме того, в справочнике имеется ряд задач непосредственно не требующихся офицеру медицинской службы, многие задачи для решения сложны ввиду значительного количества математических действий, что увеличивает время их решения и не позволяет оперативно оценивать радиационную обстановку.

В целях преодоления указанных затруднений нами разработана методика оперативного прогноза радиационной обстановки при авариях на АЭС (приложение 1).

2.5. Мероприятия по защите персонала и населения

2.5.1. Медицинские мероприятия при авариях без выброса радионуклидов за пределы территории АЭС

В этих условиях облучается только персонал.

Этап 1 - до 15 мин после аварии.

Действует персонал смены на рабочем месте. Медицинская помощь пострадавшим оказывается в порядке само- и взаимопомощи. Эвакуация пострадавших на здравпункт проводится по заранее определенным путям. Для оказания помощи используются аптечка и носилки.

Уточняется характер аварии. Обученный персонал локализует зо-

ну аварии и открывает пути к эвакуации. Вступает в действие схема оповещения об аварии, захватывающая медицинские учреждения и медперсонал.

Этап 2 - 15-30 мин.

Проходит на ближайшем здравпункте. Неотложная помощь оказывается фельдшером.

Проводится сортировка пораженных с выделением по клиническим признакам 2 групп - нуждающихся в неотложной медицинской помощи и не нуждающихся в таковой. Как второстепенное мероприятие осуществляется сортировка по данным физической дозиметрии с выделением пораженных в дозе до 600 рад, более 1200 рад (порог радиационного ожога) и промежуточных.

Проводится сортировка по загрязненности одежды и кожных покровов для последующей более рациональной эвакуации двумя потоками - с большим и меньшим радиоактивным загрязнением; частичная санитарная обработка.

Из специальных мероприятий неотложной медпомощи следует иметь ввиду следующие:

купирование первичной реакции (неукротимой рвоты) диксафеном (1 мл - в/м), церукалом (1-2 мл - в/в, в/м), атропином (0,1% - 1 мл в/м);

йодную профилактику;

введение с лечебной целью препарата РС-II 0,05% - 1 мл на глюкозе в/в медленно (дает до 30% побочных эффектов);

при ингаляционном поступлении плутония проводится ингаляция комплексона - пентацина 5% - 5 мл или в/в введение 5% раствора пентацина до 30 мл (первая доза);

при поступлении полония вводится комплексон - унитиол 5% - 5-10 мл в/м (1 мл/10 кг массы тела) или оксатиол 5% до 30 мл в/в капельно.

Персоналу, идущему на ликвидацию аварии, даются радиопротекторы:

препарат В - 100 мг в/м за 5-30 мин до облучения;

препарат В-190 - 3 табл. по 150 мг за 10-15 мин до облучения, препарат действует в течение 1 часа, после чего необходим повторный прием.

В пределах получаса после аварии должна прибыть скорая по-

мощь, персонал которой включается в оказание неотложной помощи и эвакуацию пострадавших.

Одежда и личные вещи пострадавших должны быть сохранены и в последующем отправлены в специализированную лабораторию для исследования наведенной активности.

3 этап - 30 мин-3 часа - этап действий в приемном покое, желательно специально оборудованном и оснащённом.

В принципе спецприемное отделение должно иметь:

раздевалку с комнатой для упаковки в целлофан "грязных" предметов;

помещение (пост) для первичной радиометрии;

душевую для санитарной обработки, желательно на несколько кабин и со столом для обработки лежачих больных;

помещение (пост) для повторной радиометрии;

комнату для врачебного обследования и оказания неотложной помощи.

Санитарная обработка проводится полная или частичная в соответствии с масштабами загрязнения тела. Для частичной санобработки используются тазы, чтобы избежать разноса радионуклидов по коже. С этой же целью голову должен мыть санитар, откинув её назад, для мытья в тазу. Для уменьшения всасывания РВ следует использовать не горячую, а теплую воду (32-34 С), кожные покровы мыть губкой и не применять мочалки и щетки во избежание микротравматизации кожи.

Эффективны первые 1-3 санитарные обработки, последующие уже эффект дезактивации не увеличивают.

При проведении санобработки следует использовать мыло (лучше хозяйственное), стиральные порошки и специальные средства (защита -7, деконтамин, паста 11 (11В) (табл. 2.7).

При загрязнении плутонием-239 или -240 (альфа-излучатель), наряду с указанными моющими средствами, необходима локальная помывка 5% раствором пентамина, а для отмывки полония (альфа-излучатель) - 5% раствором оксатиола или унитиола.

В приемном отделении, наряду с санитарной обработкой, проводится комплекс мероприятий по снижению всасывания и ускорению выведения радиоактивных веществ, а также более полноценному обс-

Таблица 2.7

Эффективность очистки кожи
при загрязнении смесью продуктов деления урана

Средство	Остаточная активность, %	
	после 2-х отмывок	после 3-х отмывок
Защита-7	4,7	1,2
Паста - II (IIB)	4,3	1,6
Мыло хозяйственное	18	15,3
Деконтамин	4,2	1,5
(смесь: вода -800,0; мыло ОП-7 -50,0; по- ликомплексон-150,0)		

ледованию больного:

1. Собираются для последующего биофизического исследования первые порции мочи, рвотные массы, жидкость после прополаскивания полости рта.

2. Как можно раньше промывается желудок, но эта процедура эффективна до 12 часов после поступления радионуклидов. Есть данные, что рвотные средства (1% - 1,0 апоморфина) даже более эффективны для очищения от радионуклидов, чем промывание желудка.

3. Даются адсорбенты: адсобар (прокаленный BaSO₄) - 25,0 внутрь, АСВ (равноценно адсобару) - 40,0 внутрь, полисурьмин - 2,0-4,0 - внутрь (снижает резорбцию стронция на 95-99%). Эти средства эффективны для смеси продуктов деления урана и их ингредиентов: стронция, цезия, йода (табл.2.8 и табл. 2.9). Можно применять и другие сорбенты, используемые для энтеро- и гемосорбции, но нужно помнить, что активированный уголь и белая глина в данной ситуации неэффективны.

При поступлении в организм цезия высокоэффективен ферроцин (берлинская лазурь) внутрь по 1,0 - 2-3 раза в сутки в течение 2-3 недель.

Таблица 2.8

Сравнительная эффективность сорбентов

Резорбция стронция от поступления, % (из ЖКТ в кровь)	В контроле	При даче BaSO ₄	При даче адсобара или АСВ
	30	14	1,5-2

Таблица 2.9

Эффективность ферроцина при попадании радиоактивного цезия внутрь организма

Условия опыта	Степень депонирования цезия, %		% выведения
	на 7 сутки	на 35 сутки	
Контроль (только цезий)	64,8	33,8	
2,0 ферроцина+цезий	0,19	0,11	99,8
0,5 ферроцина+цезий	0,57	0,51	99,4 - 99,5

Для выведения из организма плутония-239 применяется пентацин.

4. После дачи адсорбентов снова промывают желудок. При этом промывание желудка показано и при преимущественно ингаляционном пути поступления радионуклидов, так как до 50-80% задержавшихся в верхних дыхательных путях радиоактивных веществ оказываются в желудке.

5. Повторная дача сорбентов.

6. Ставится высокая очистительная клизма, дается солевое слабительное (MgSO₄ - 30,0), мочегонное средство (фурасемид).

Если не проведена йодная профилактика, то она обязательна на

этапе приемного отделения. Лучше всего проводить йодную профилактику накануне или в первый час появления радиойода в воздухе. Это дает 95-97% эффективности по его замещению в щитовидной железе. Проведение йодной профилактики через 2 часа после поступления радиойода снижает её эффективность до 70%, через 3 часа - до 50%, а позднее 6 часов - эффект и совсем незначительный.

Оптимальной дозой КJ сейчас считается 0,125 г 1 раз в день в течение 7-10 сут. Детям до 2-х лет доза уменьшается в 3 раза. Беременным вместе с КJ нужно давать 0,75 перхлората калия, чтобы уменьшить токсическое действие йода на плод.

Йодную профилактику можно проводить сайодином - 0,5 в таблетке (по 1/4 таблетки), 5 % настойкой йода или раствором Люголя с молоком, киселем или водой. Настойку йода дают 3 раза в день по 3-5 капель, т.к. больше выпить очень трудно, а раствор Люголя - по 10-20 капель 3 раза в день. Продолжительность приема - 7-10 дней.

В крайнем случае, йодную профилактику можно проводить смазыванием настойкой йода ограниченных участков кожи (примерно 5-10 кв.см).

Этап IV - этап квалифицированной врачебной помощи - 3 часа - 1 сутки - нахождение больного в палате.

В этот период уточняется доза воздействия общего и локального облучения по клиническим данным (первичная реакция, число лейкоцитов, температура), в основном, определяется степень тяжести поражения.

По сумме данных проводится первичная сортировка больных в стационаре на группы для последующего дифференцированного лечения:

а) острая лучевая болезнь I-II степени тяжести - больные остаются для лечения на месте;

б) острая лучевая болезнь III-IV степени тяжести - больные нуждаются в отдельных палатах и отправке в специализированные центры.

Лечение в первые сутки проводится по показаниям, в том числе продолжают обоснованные мероприятия по уменьшению всасывания радионуклидов.

При обработке ран, загрязненных радионуклидами, следует пом-

нить, что при первичной хирургической обработке удаляется до 90% находящихся в ране нуклидов, из которых реально опасны альфа-активные плутоний и полоний.

При большом поступлении РВ в организм проводится гемо- или плазмосорбция (предпочтительнее), гемодиализ (в отношении радия и плутония малоэффективен).

Этап V - специализированное лечение в стационаре - 2-7 сут.

Идет дифференцированное лечение в соответствии со степенью тяжести острой лучевой болезни и индивидуальными особенностями поражения (радиационные и термические ожоги, травмы и т.д.).

В этот период решаются 2 основных вопроса:

о ранних ампутациях при глубоких местных радиационных поражениях, дающих интоксикацию и истощающих организм. Крупные хирургические вмешательства необходимо выполнить до периода разгара острой лучевой болезни;

о пересадке костного мозга.

Собираются силы и средства для ведения больных в период разгара.

Этап VI - специализированное лечение в центре - 8-е сутки - 2-4 месяца (в зависимости от тяжести лучевой болезни).

Стационарное лечение с интенсивной дифференцированной терапией общих и местных процессов.

В конце периода - экспертиза трудоспособности и выписка больных желательна в реабилитационное учреждение.

Этап VII - медицинская реабилитация, лечение последствий.

Проводятся медицинские и социальные реабилитационные мероприятия, повторное общее лечение в стационаре, трудоустройство.

2.5.2. Медицинские мероприятия при аварии с выходом радионуклидов за пределы территории АЭС

Поскольку для гипотетических аварий в проекте не предусмотрены технические средства их локализации, радиационная безопасность персонала АЭС и населения обеспечивается заранее планируемыми на каждой станции организационными мероприятиями (9,17).

Составляются два взаимосвязанных самостоятельных документа.

1. План мероприятий по защите персонала, разрабатываемый дирекцией АЭС.

2. План мероприятий по защите населения. Разрабатывается штабом гражданской обороны соответствующего района до пуска станции.

В этих документах должны быть отражены следующие вопросы:

1. Расчет сил и средств, привлекаемых на ликвидацию аварии.
2. Организация оповещения учреждений и лиц, в том числе медицинской службы, привлекаемых для ликвидации аварии.
3. Организация управления силами ликвидаторов и их взаимодействия.
4. Организация радиационной разведки и контроля облучения людей.
5. Организация противорадиационных мероприятий (применение средств медицинской защиты, СИЗ органов дыхания и кожи, санитарная обработка людей, контроль зараженности воды и продуктов питания, перевод скота на особые условия содержания и т.д.).
6. Организация медицинского обеспечения персонала АЭС, ликвидаторов и населения в зоне аварии.
7. Организация эвакуационных мероприятий (критерии эвакуации, место эвакуации, маршруты движения, транспорт, питание, одежда и т.д.).
8. Порядок ликвидации последствий аварии и нормализации обстановки (с указанием в отношении обращения с радиоактивными отходами).
9. Оценка последствий аварии (возможностей аварийного объекта, количество пострадавших, критерии нормализации обстановки и перехода к обычным условиям жизни и деятельности).

На медицинскую службу возлагается участие в оценке радиационной обстановки, экстренной оценке аварийных доз облучения, проведение профилактических и лечебно-эвакуационных мероприятий, активное выявление переоблученных лиц, радиационный контроль воды и продуктов питания, разработка рекомендаций по медицинской защите людей, при их участии в ликвидационных мероприятиях (15,18,19). Очень важна санитарно-просветительная работа с персоналом и населением по вопросам радиационной безопасности и защиты от ионизирующих излучений, а также специальная подготовка медицинского персонала.

При прогнозе радиационных последствий и планировании мер по защите населения следует выделять три фазы протекания аварии.

Ранняя фаза – от начала аварии до момента прекращения выброса РВ в атмосферу и окончания формирования радиоактивного следа на местности. Продолжительность этой фазы в зависимости от характера и масштаба аварии может длиться от нескольких часов до нескольких суток. В этой фазе доза внешнего облучения формируется гамма- и бета-излучением РВ, содержащихся в облаке. Внутреннее облучение обусловлено ингаляционным поступлением в организм радиоактивных продуктов из облака.

Средняя фаза – от момента завершения формирования радиоактивного следа до принятия всех мер защиты населения. Длительность может быть от нескольких дней до года после возникновения аварии. Источником внешнего облучения являются РВ, осевшие из облака на поверхность земли, зданий и сформировавшие радиоактивный след. Внутрь организма РВ поступают в основном пероральным путем при употреблении загрязненных продуктов и воды.

Поздняя фаза – длится до прекращения необходимости в выполнении защитных мер. Фаза заканчивается одновременно с отменой всех ограничений на жизнедеятельность населения загрязненной территории и переходом к обычному санитарно-дозиметрическому контролю радиационной обстановки. Источники облучения те же, что и на средней фазе.

В зависимости от складывающейся радиационной обстановки защита населения обеспечивается выполнением следующих мер:

ограничение пребывания населения на открытой местности путем временного укрытия в домах и убежищах с герметизацией жилых и служебных помещений (отключение вентиляции при отсутствии фильтров, плотное закрытие дверей, окон, дымоходов и вентиляционных отверстий) на время рассеивания радиоактивного загрязнения в воздухе;

предупреждение накопления радиоioda в щитовидной железе путем применения (приема внутрь) лекарственных препаратов стабильного йода (йодная профилактика);

эвакуация населения;

исключение или ограничение потребления с пищей загрязненных продуктов питания;

переселение;

регулирование доступа в район загрязнения, ограничение передвижения автотранспорта по загрязненной территории;

деактивация людей посредством их санитарной обработки;

простейшая обработка продуктов питания, поверхностно загрязненных радиоактивными веществами (обмыв, удаление поверхностного слоя и пр.);

защита органов дыхания подручными средствами, желательно увлажненными (носовые платки, полотенца, бумажные салфетки и пр.);

неотложная медицинская помощь оказывается по общим правилам - по клиническим показаниям;

перевод сельскохозяйственных животных на незагрязненные пастбища или на незагрязненные фуражные корма;

деактивация загрязненной местности.

План мероприятий по защите населения должен предусматривать три этапа, зависящие от сроков их реализации (9).

Первый этап - ранний, до 24 часов от момента аварии. Основная задача: экстренная оценка радиационной обстановки и ожидаемого масштаба аварии для определения и проведения мероприятий, направленных на защиту населения. Этап включает в себя:

экстренную оценку масштабов аварии и складывающейся радиационной обстановки силами всех подразделений АЭС и медслужбы, имеющими соответствующее оснащение, с определением примерного количества выброшенных радионуклидов, их состава, продолжительности выброса, метеоусловий, а также количества выпавших конкретных радионуклидов на местность на разных расстояниях и направлениях от АЭС;

информирование местных органов власти, гражданской обороны и медицинских учреждений о случившемся;

проведение мероприятий по ликвидации аварии; - своевременное оповещение населения о правилах поведения, о начале йодной профилактики, о подготовке к возможной эвакуации либо предполагаемых перспективах действий населения.

На основании расчетных данных и результатов радиометрических исследований на местности принимаются меры по защите населения (9).

При этом нужно помнить, что население может подвергаться

различному радиационному воздействию:

внешнему гамма-бета облучению при прохождении радиоактивного облака;

внешнему гамма-бета облучению от радиоактивно-загрязненных поверхностей;

внешнему контактному бета-гамма облучению кожных покровов;

внутреннему ингаляционному бета-гамма облучению (в том числе облучению щитовидной железы).

Решение о мерах защиты населения от радиоактивного облучения на ранней и средней фазах должны приниматься на основании сравнения прогнозируемых при развитии аварии доз с приведенными в таблице 2.10 критериями для нижнего и верхнего уровня радиационного воздействия.

Если прогнозируемое облучение не превосходит нижний уровень, то не требуется проводить перечисленных в таблице мер; если превосходит нижний уровень, но не достигает верхнего, то решение по проведению мер, перечисленных в табл. 2.10, может быть отсрочено и должно приниматься с учетом конкретной радиационной обстановки и местных условий.

Если прогнозируемое облучение достигает или превосходит верхний уровень, то проведение мер, является обязательным.

В первые сутки после аварии, за исключением срочных мероприятий, диктуемых неотложными клиническими или радиометрическими показаниями (опасные для жизни уровни, требующие немедленного вывода людей из опасной зоны), проводится срочное ориентировочное определение радиационной обстановки в значительном по площади регионе (мощности доз гамма-излучения, размеры и распределение выброса). Среди персонала аварийной смены и взрослого населения ближайшей зоны выделяют группы с различным прогнозом формирования суммарных дозовых нагрузок от общего внешнего гамма- и бета-излучения менее 0,05 Зв (5 бэр) и более 0,5 Зв (50 бэр) и поступления радиоактивного йода с дозой на щитовидную железу менее 0,5 Зв (50 бэр) и более 5 Зв (500 бэр) соответственно. При этом учитывают, что основная часть дозы формируется за короткий срок (несколько часов, суток). Верхние пределы доз являются показанием к эвакуации. При прогнозе суммарных доз нижнего диапазона эвакуация не рекомендуется.

На этом же этапе проводится срочная сортировка непосредственных участников аварии (персонала АЭС и случайных лиц, находившихся поблизости). После их обмыва, оказания неотложной помощи, общего направленного осмотра, анализа крови (лейкоциты, формула) и получения сведений о первичной общей и местной (кожа, слизистые оболочки) реакции выделяют для срочной госпитали-

Таблица 2.10

Критерии для принятия решения о мерах защиты населения в случае аварии ядерного реактора (Утверждены 16.05.90 г. N 06-9/154-90)

I. На ранней фазе развития аварии

Защитные меры	Дозовые критерии (доза, прогноз за первые 10 суток), мЗв			
	все тело		! отдельные органы	
	нижний уровень	! верхний уровень	! нижний уровень	! верхний уровень
Укрытие, защита органов дыхания и кожных покровов	5	50	50	500
Йодная профилактика:			щитовидная железа	
- взрослые	-	-	50	500
- дети, беременные	-	-	50	250
Эвакуация:				
- взрослых	50	500	500	5000
- детей, беременных женщин	10	50	200	300

II. На средней фазе развития аварии

Защитные меры	Дозовые критерии (доза, прогноз за первый год), мЗв			
	все тело		! отдельные органы	
	нижний уровень	! верхний уровень	! нижний уровень	! верхний уровень
Ограничение потребления загрязненных продуктов питания и питьевой воды	5	50	50	500
Переселение или эвакуация	50	500	Не устанавливается	

зации группу лиц с предположением о развитии у них ОЛБ II - IV степеней тяжести или радиационных и комбинированных поражений кожи, а также практически здоровых лиц или лиц, помощь которым может быть отсрочена.

Люди с уровнем доз, не вызывающих ОЛБ, нуждаются не в лечебных, а в предупредительных мерах, предотвращающих дальнейшее возрастание радиационной нагрузки и, по возможности, способствующих полному прекращению облучения. Этого достигают путём:

укрытия;

эвакуации;

ограничения пользования загрязнёнными продуктами, особенно молоком - в первую очередь у детей;

введения в организм с целью блокирования щитовидной железы стабильного йода.

На втором этапе, длящемся до 7 сут после прекращения выбросов, проводится уточнение уровня доз от различных радиационных факторов, тех же, что и на первом этапе, более строго определяют

границы отдельных зон загрязнения и контингенты, нуждающиеся в различном объеме лечебно-профилактических мероприятий. Проводят повторный контроль излучения от тела человека. Значительная часть дозы от внешнего облучения к этому сроку сформирована. Поступление радиоактивных веществ (йода, цезия и др. нуклидов) в эти сроки происходит не столько за счет ингаляции, сколько по пищевым цепочкам, более постепенно в течение длительного периода времени. Для его оценки, помимо характеристики выпавшей активности, изучается структура рациона и основные источники поступления РВ, что позволяет принять адекватные организационные решения:

ограничение пользования продуктами местного производства;

запрет на отдельные виды продукции;

назначение препаратов, уменьшающих отложение РВ.

К этому времени должны быть четко очерчены регионы с различными уровнями облучения и могут быть обосновано выделены лица, нуждающиеся в повторном радиометрическом контроле для целей последующего наблюдения. Показаниями к госпитализации в эти сроки, помимо уточнения данных по внутреннему облучению, являются сведения о дозах от общего внешнего облучения (более 1 Гр) и клинические данные о каких-либо осложняющих общесоматических и особенно инфекционных заболеваниях.

На третьем - переходном этапе от аварийной ситуации к нормальной - медицинские мероприятия в основном заключаются в завершении экспертно-диагностической и лечебной работы в отношении пострадавших, а также в определении рационального режима работы персонала и регламентации жизни и хозяйственной деятельности населения на загрязненной территории на предстоящий период.

В первые два месяца после аварии доза внутреннего облучения населения, проживающего на сформированном следе, обусловлена радионуклидами йода. Ведущей мерой на данном этапе, позволяющей существенно снизить радиационное воздействие за счет потребления молока и молочных продуктов от скота, выпасаемого на РЗМ, является перевод молочнопродуктивного скота на стойловое содержание.

В более поздние сроки основную роль в формировании дозы внутреннего облучения начинают играть долгоживущие радионуклиды, прежде всего цезий-134 и цезий-137. Другими радионуклидами, кото-

рые могут быть в некоторых ситуациях существенны для контроля загрязнения продуктов питания, являются стронций-89, стронций-90, цирконий-95, рутений-106, церий-144. Основными на данном этапе являются меры по ограничению поступления в организм долгоживущих радионуклидов (главным образом с молоком, мясом, растительными продуктами местного производства). Это достигается установлением допустимых уровней загрязнения пищевых продуктов, контролем за их потреблением, снабжением населения привозными продуктами, агротехническими мерами по снижению перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию, изменением структуры сельскохозяйственного производства.

.

3. МЕДИЦИНСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
ЛИЧНОГО СОСТАВА, УЧАСТВУЮЩЕГО В ЛИКВИДАЦИИ
ПОСЛЕДСТВИЙ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ

Учитывая вклад в дозу облучения различных дозообразующих факторов целесообразно выделять несколько периодов в ликвидации последствий аварии (ЛПА) на атомной электростанции.

П е р в ы й п е р и о д - с момента аварии до прекращения выброса РВ во внешнюю среду. Продолжительность - от нескольких минут до дней и недель. Период характеризуется значительными дозами за счет всех видов и путей облучения. Уровни радиации за счет продолжающегося выброса сохраняются высокими. Деятельность личного состава направлена на локализацию источника выброса.

В т о р о й п е р и о д - начальный этап ЛПА продолжительностью 1.5 - 2 мес. Основными дозообразующими радионуклидами являются короткоживущие, в первую очередь йод-131. Основные пути облучения: в начале периода - преимущественно ингаляционное поступление йода-131; внешнее бета-, гамма-облучение. Существенное значение имеет внутреннее облучение. Вклад внешнего облучения 30 - 40%, внутреннего - 50 - 70%, облучения кожи - около 5%. К концу периода в результате распада короткоживущих радионуклидов наблюдается падение уровней радиации в несколько раз. В начале периода проводятся организационные мероприятия в ходе которых уточняются радиационная обстановка, объем и масштабы работ, определяются силы и средства для ЛПА, места их размещения, проводятся первоочередные мероприятия, направленные на локализацию и удаление наиболее активных ИИИ. К концу периода начинается планомерная деятельность по ЛПА. В этом периоде возможно превышение установленных ПДД при выполнении наиболее радиационно опасных работ.

Т р е т и й п е р и о д - относительно стабилизировавшейся радиационной обстановки продолжительностью 6 - 12 мес. Период характеризуется дальнейшим, но более пологим снижением уровней радиации за счет распада короткоживущих радионуклидов (церий-141, рутений-103, цирконий-95, ниобий-95). К концу периода следует ожидать снижения уровней радиации в 5 - 10 раз. Выпавшие на почву РВ прочно сорбируются, в результате чего уменьшается поступление радионуклидов в воздух, а следовательно, снижается значимость

внутреннего облучения за счет ингаляционного пути. Основным дозообразующим фактором является внешнее гамма-облучение в местах работ, вклад облучения кожи - около 10%, внутреннего облучения по ингаляционному пути - до 5%. Работы по ЛПА проводятся планомерно на наиболее загрязненных объектах и участках.

Ч е т в е р т ы й п е р и о д - практически стабилизировавшейся радиационной обстановки. Продолжительность - 1 - 3 года. Снижение уровней радиации происходит очень медленно за счет распада среднеживущих радионуклидов (церий-144, рутений-106, цезий - 134). Основным дозообразующим фактором остается внешнее гамма-облучение. Незначительный вклад вносит внутреннее облучение за счет поступления в организм местных продуктов питания.

П я т ы й п е р и о д - стабилизировавшейся радиационной обстановки. Радиационную обстановку определяют долгоживущие радионуклиды (цезий-137, стронций-90, плутоний -239). Снижение уровней радиации очень медленное. Из дозообразующих факторов на первое место выходит внутреннее облучение за счет поступления в организм продуктов местного производства.

В целях сохранения здоровья личного состава и максимального ослабления неблагоприятного действия ионизирующих излучений во время работ по ликвидации последствий аварии на АЭС медицинской службе частей и учреждений рекомендуется проводить мероприятия, которые вытекают из требований нормативных документов по вопросам санитарного надзора и радиационной безопасности. Ведущую роль в организации и выполнении мероприятий по защите от ионизирующих излучений занимают специалисты-радиологи военно-медицинской службы (5,21).

Под радиационной безопасностью понимают комплекс мероприятий (организационных, технических, санитарно-гигиенических и др.), ограничивающих облучение и радиоактивные загрязнения лиц из персонала и населения и окружающей среды до наиболее низких значений, достигаемых средствами, приемлемыми для общества (9).

В условиях крупномасштабных радиационных аварий мероприятия по обеспечению радиационной безопасности личного состава должны включать:

- допуск личного состава к работам;
- установление режимно-ограничительных мероприятий;

использование спецодежды и СИЗ;
санитарную обработку;
деактивацию техники, оборудования, сбор, хранение и удаление отходов;

контроль за радиационной обстановкой, дозами внешнего бета-, гамма-облучения, содержанием РВ в организме;

контроль за состоянием здоровья личного состава.

В деятельности специалиста-радиолога по обеспечению радиационной безопасности личного состава войск, ликвидирующих аварию на АЭС, и медицинских частей и учреждений можно весьма условно выделить организационные и профилактические мероприятия.

К организационным мероприятиям относятся:

1. Контроль за выполнением требований руководящих документов по радиационной безопасности личного состава:

наличия приказа по части о мерах обеспечения радиационной безопасности личного состава;

наличия и правильности ведения документации по учету доз облучения личного состава;

проверка обеспеченности личного состава индивидуальными средствами защиты и дозиметрами.

Допуск личного состава к проведению опасных в радиационном отношении работ должен предусматривать предварительное медицинское освидетельствование военнослужащих ВВК. Следует ограничить участие в этих работах лиц с нарушением целостности кожных покровов, препятствующим проведению санитарной обработки, не способных использовать СИЗ органов дыхания и кожи вследствие заболеваний и поражений. При допуске к работам следует учитывать ранее полученные дозы облучения.

При прочих равных условиях предпочтение в назначении на радиационно опасные работы должны отдаваться лицам из резерва 3 и 2 очереди, так как они отличаются более устойчивым поведением в экстремальных условиях в течение длительного времени, меньше риск генетических последствий у потомства.

Непосредственно к работам в опасной зоне личный состав должен допускаться после медосмотра, вводного инструктажа и проверки наличия средств дозиметрического контроля и СИЗ.

Дозиметрический контроль заключается в измерении, расчете,

регистрации и учете индивидуальных доз облучения личного состава. При уровнях внешнего гамма-излучения более 0,5 Р/ч предпочтителен дозиметрический контроль с помощью прямопоказывающих индивидуальных дозиметров типа ИД-11 (10 - 1500 рад), ДПГ-03 (0,005 - 1000 Р) из комплекта термолюминесцентных дозиметров КДТ-02. Они способны накапливать дозу за весь период работ. Прямопоказывающие дозиметры целесообразно выдавать для оперативного контроля только командному составу.

В местах постоянной дислокации, при выполнении работ в местах с уровнями радиации 10 мР/ч и менее целесообразно использовать дозиметры типа Д-2 (0,005 - 2 Р). Допускается коллективная оценка доз облучения расчетным путем. При этом должна учитываться степень защищенности личного состава в жилищах или убежищах.

Важен контроль за внутренним облучением личного состава. В случае высокого содержания РВ в организме необходимо уменьшить допустимые дозы внешнего облучения.

2. Участие в выборе площадок для развертывания лагерей воинских частей и медицинских учреждений, а также пунктов специальной обработки.

Не рекомендуется развертывать лагеря в лесу, учитывая способность листвы сорбировать РВ. Предпочтительнее размещение на открытой местности при необходимости со снятием дерна в местах установки палаток. Следует проводить тщательную радиационную разведку в месте развертывания лагеря ввиду пятнистости РЗМ при авариях на АЭС.

Пункты специальной обработки должны быть удалены от мест водозабора, приготовления пищи, жилых городков и т.п.

3. Определение порядка взаимодействия медицинской и химической служб по вопросам радиационной разведки, оценки радиационной обстановки, регистрации и анализа доз облучения, мерам снижения лучевых нагрузок.

4. Организация отбора проб воды из источников питьевого водоснабжения, продовольствия и исследование содержания радионуклидов в них 1-2 раза в неделю, либо немедленно при выявлении обстоятельств, способствующих загрязнению.

5. Участие в разработке инструкций по мерам радиационной безопасности при проведении работ на РЗМ.

6. Согласование с соответствующим органом медицинской службы сроков амбулаторного, в том числе гематологического, обследования личного состава и организация его проведения силами лечебных учреждений.

7. Руководство работой радиологических лабораторий и групп, обеспечивающих войска, ликвидирующие аварию на АЭС.

8. Организация взаимодействия с другими тыловыми службами (продовольственной, вещевой, ветеринарной) по вопросам радиационной безопасности личного состава.

К профилактическим мерам в деятельности специалиста-радиолога относятся:

1. Мероприятия санитарного надзора за размещением, организацией питания и водоснабжения личного состава в полевых условиях, в том числе контроль за:

борьбой с пылеобразованием и запыленностью личных вещей, жилых и служебных помещений;

дезактивацией растительности и территории вокруг палаток жилой зоны, пунктов питания, санитарных пропускников;

оборудованием в палатках высоких нар ($H = 40-50$ см); - постоянным увлажнением матов и решеток у входов в помещения;

влажной 1-2 разовой уборкой спальных помещений с вытряхиванием постельных принадлежностей и обмундирования;

укрытием продуктов питания на продскладах, при перевозках, на пунктах питания и в столовых;

оборудованием, содержанием и организацией работы пунктов питьевого водоснабжения.

2. Участие в контроле за радиационной обстановкой в лагере, в том числе в жилых и служебных помещениях, на местах обслуживания и ремонта загрязненной радиоактивными веществами техники, с обоснованием предложений командованию по её улучшению.

3. Проведение контроля за использованием СИЗ кожи и органов дыхания при нахождении личного состава на РЗМ.

Использование изолирующих СИЗ кожи (комплекты КЗМ-1, ОЗК, Л-1, КЗП) может быть рекомендовано на участках с уровнями радиации порядка десятков Р/ч и более, при прохождении первичного газоаэрозольного облака, при проведении работ на ПуСО. Во всех других случаях в качестве СИЗ кожи, как правило, может использоваться

хорошо подогнанное повседневное обмундирование с дополнительным применением перчаток, бахилл и подшлемников для защиты кожи головы.

Защита органов дыхания на РЗМ представляет серьезную проблему. Выбор СИЗ органов дыхания должен осуществляться на основе данных радиометрического контроля за загрязнением воздуха альфа- и бета-активными аэрозолями.

Табельные респираторы Р-2 имеют плохую obturation, вызывают потение и мацерацию кожи лица, не рассчитаны на длительное использование в условиях высокой концентрации РВ в воздухе, не защищают от паро- и газообразных РВ (йод-131).

Рекомендуется использовать респираторы разового пользования типа ШБ-1, "Лепесток-200", в том числе с угольным наполнителем для защиты от паро- и газообразных РВ.

В начальном периоде ЛПА, особенно при прохождении первичного газоаэрозольного облака, а также вблизи аварийного реактора требуется использование фильтрующих противогазов.

На период прохождения первичного газоаэрозольного облака для защиты от внешнего излучения и поступления РВ внутрь организма предпочтительно заблаговременное укрытие личного состава в заглубленных объектах, подвалах каменных домов с максимальной герметизацией помещений.

Опыт ЛПА на ЧАЭС показал, что автомобильная и бронетанковая техника не должна рассматриваться в качестве средства защиты от внешнего излучения на РЗМ, так как уровни радиации внутри техники из-за загрязнения часто выше, чем на открытой местности.

4. Выделение среди личного состава групп "риска" (разведчики-дозиметристы, лица, работающие на ПуСО и в зонах строгого режима) и организация их ежедневного врачебного осмотра, а также контроль за получением ими дозы облучения за одну рабочую смену не выше 1-2 бэр. При работе в особо загрязненных зонах вблизи аварийного реактора разовая доза облучения может приближаться к максимальной - 25 бэр. Такие условия работы требуют особо тщательного радиологического контроля.

5. Контроль подготовки личного состава к приему пищи (мытьё рук, полоскание полости рта).

6. Контроль за работой ПуСО (санпропускника).

Деактивация техники связана с воздействием высоких уровней внешнего излучения и опасностью поступления РВ внутрь организма. Высокие уровни излучения могут формироваться вблизи погложающих котлованов сточных вод за счет концентрирования РВ. Поэтому на ПуСО необходим тщательный контроль:

организации поточного технологического цикла с дозиметрическим контролем на выходе;

организации сменности в работе обслуживающего персонала;

условий размещения, отдыха и питания свободных смен;

загрязненности поверхности тела, белья и одежды после работы;

загрязненности сточных вод, воздуха, почвы и растительности вокруг ПуСО;

за организацией медицинских осмотров персонала;

соблюдения техники безопасности.

7. Контроль за санитарной обработкой личного состава, работающего на РЗМ, с особым вниманием на загрязнение повседневного обмундирования и смену белья.

Санитарная обработка личного состава проводится для удаления РВ с кожных покровов в целях прекращения воздействия их бета-, гамма-излучения и предотвращения возможности попадания РВ в организм.

Эффективность санитарной обработки зависит от срока её проведения. При невозможности проведения полной санитарной обработки следует предусмотреть организацию в ранние сроки частичной санитарной обработки путем обмывания (обтирания влажной салфеткой) открытых участков тела и прополаскивания водой рта. В местах постоянной дислокации проводится полная санитарная обработка в определенной последовательности: снятие СИЗ и спецодежды; мытье рук; полоскание рта; помывка с мылом под душем при температуре воды не более 37 С с помощью губок без применения мочалок для предотвращения всасывания РВ; радиометрический контроль кожных покровов; при необходимости повторная до трех раз помывка, промывание глаз, стрижка волос и ногтей; замена загрязненного обмундирования.

Полную санитарную обработку целесообразно осуществлять на стационарных или подвижных пунктах специальной обработки, при их отсутствии в бытовых банях, где предусматривается четкое разделе-

ние помещений на грязную и чистую половины.

Дезактивация одежды и белья должна осуществляться в специальных прачечных с предварительной сортировкой по степени радиоактивного загрязнения.

8. Проведение специальной подготовки медицинского персонала по вопросам радиационной безопасности и радиационной медицины, а также санитарно-просветительной работы с личным составом, живущим и работающим на РЗМ.

9. Организация проведения анализов крови прибывающему личному составу, а также военнослужащим групп "риска" и другим, получившим дозы облучения 5, 10, 15 и 20 бэр соответственно.

10. Выявление военнослужащих, получивших дозы от 20 до 24 бэр, ограничение их работы на РЗМ с высоким уровнем излучения (выше 20 мР/ч) и своевременная замена.

11. Направление личного состава, получившего предельно допустимую дозу облучения 25 бэр и выше, на стационарное медицинское обследование.

12. Организация приема личным составом радиопротекторов по показаниям на особо радиационноопасных участках, где дозы облучения могут превысить 50-100 бэр за рабочую смену (Б-190, РС-1), а также медицинских средств, повышающих радиорезистентность организма (рибоксин, витамины, актопротекторы и т.д.).

13. Организация медицинской помощи лицам с радиационными поражениями в военных лечебных учреждениях, а также функционирования этих учреждений в режиме соблюдения мероприятий по радиационной безопасности персонала и больных.

При проведении медицинских мероприятий по обеспечению радиационной безопасности специалист-радиолог должен руководствоваться как нормативными документами по вопросам защиты личного состава от ионизирующих излучений (13,21), так и временными нормативными документами, применяемыми к конкретной аварийной ситуации, типа временных уровней допустимого радиоактивного загрязнения кожных покровов, белья, одежды, обуви, транспортных средств, механизмов, СИЗ, почвы, дорог, наружных и внутренних поверхностей. Радиологический надзор за продуктами питания и питьевой водой осуществляется в соответствии с временными допустимыми уровнями содержания в них радиоактивных веществ. Нормирование облучения личного сос-

тава при ликвидации аварий АЭС проводиться по (13,21), т.е. 5 ПДД максимально, а также регламентируется специальными приказами. При этом для конкретных условий нормативы могут быть установлены и более низкими, например, 5 бэр при проведении работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1989 году (22).

Работа специалиста-радиолога в войсках, ликвидирующих аварию на АЭС и её последствий, очень многообразна и динамична.

В различные периоды ликвидации аварии значимость разных сторон деятельности может существенно меняться. Конкретные должностные обязанности также предполагают внимание к различным сторонам деятельности. Так, руководитель радиологической группы или радиологической лаборатории больше внимания уделяет лабораторному радиометрическому контролю содержания радионуклидов в продуктах питания, воде, в биологических средах, в окружающей среде. Радиолог, работающий в составе руководства медицинской службой войск, ликвидирующих радиационную аварию, естественно основное внимание уделяет организационным вопросам, анализу радиационной обстановки, лучевых нагрузок, проведению мероприятий по защите от ионизирующих излучений. В остром периоде радиационной аварии, когда люди работают вблизи аварийного реактора при высоких уровнях излучений чаще возможны радиационные поражения и внимание специалиста-радиолога может быть сконцентрировано на специальных лечебных мероприятиях. В какое-то время очень важна организация и проведение йодной профилактики поражения щитовидной железы радиоактивным йодом и т.д.

Поэтому, содержание и организация работы специалиста-радиолога по ликвидации радиационной аварии на объектах ядерной энергетики и атомной промышленности требуют творческого подхода, хорошей специальной подготовки и высокого морального духа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров А.П. Атомная энергетика и научно-исследовательский прогресс.- М.:Наука, 1976.
2. Булдаков Л.А. и др. Радиационная безопасность в атомной энергетике.- М:ЭАИ, 1981.
3. Выявление и оценка радиационной обстановки при авариях на атомных электростанциях / ВАХЗ.- М., 1989.
4. Егоров Ю.А., Носков А.А. Радиационная безопасность на АЭС.- М.:ЭАИ, 1986.
5. Защита от оружия массового поражения.- М.:Воениздат, 1989.
6. Израэль Ю.А. и др. Радиоактивное загрязнение природных сред в зоне аварии на Чернобыльской атомной станции // Метеорология и гидрология.- 1987.- N2.- С.5-18.
7. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствия, подготовленная для МАГАТЭ // Атомная энергия.- 1986.- Т.61, N5.- С.301-320.
8. Ильин Л.А. Регламенты радиационного воздействия, лучевые нагрузки на население и медицинские последствия Чернобыльской аварии // Медицинская радиология.- 1991.- Т.36, N12.- С.9-18.
9. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности.- М.: ЭАИ, 1991.
10. Маргулис У.Я. Атомная энергия и радиационная безопасность.-М.:ЭАИ, 1988.
11. Медицинские и радиобиологические основы управления послеаварийной ситуацией // Реф. журнал биологии.- 1988, N9.- С.159.
12. Международный чернобыльский проект. Оценка радиологических последствий и защитных мер. Доклад Международного консультативного комитета.- М.:ИздАТ, 1991.
13. Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87 и Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87 / МЗ СССР .- М.:ЭАИ, 1988.
14. Радиационные аварии. Ч.1. Обзор // Реф. журнал биологии.- 1989, N7.- С.109.
15. Руководство по организации медицинской помощи при радиационных авариях / А.К.Гуськова и др.- М.:ЭАИ, 1989.

16. Руководство по оценке доз облучения щитовидной железы при поступлении радиоактивных изотопов иода в организм человека.- М.:ЭАИ, 1988.

17. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-88).- М.: МЗ СССР, 1989.

18. Сборник нормативных документов по организации медицинской помощи при радиационных авариях / МЗ СССР.- М., 1986.

19. Сборник нормативных и методических материалов по радиационной медицине.Т.1 и Т.2 / МЗ СССР.- М., 1990.

20. Приказ МО СССР N310 - 1983 г.

21. Приказ МО СССР N285 - 1983 г.

22. Приказ МО СССР N125 - 1989 г.

23. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда / А.С.Бабаев и др.- М.:ЭАИ, 1981.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение 1

МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ
ПРИ АВАРИЯХ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

ВВЕДЕНИЕ

Методика разработана на основе справочника ВАХЗ им. С.К.Тимошенко "Выявление и оценка радиационной обстановки при авариях на атомных электростанциях", М., 1989 г.

При аварии (разрушении) ядерного энергетического реактора (ЯЭР) необходимо учитывать следующие возможные пути влияния ионизирующих излучений на личный состав войск:

1. Внешнее облучение людей от первичного газоаэрозольного облака.
2. Внутреннее облучение в результате ингаляционного поступления РВ во время продолжающегося выброса.
3. Внешнее облучение людей при нахождении на радиоактивно загрязненной местности (РЗМ).
4. Местное (контактное) облучение кожных покровов в результате загрязнения РВ.
5. Внутреннее облучение в результате поступления РВ с водой и продуктами питания.
6. Внутреннее облучение в результате ингаляционного поступления РВ при вторичном пылеобразовании на РЗМ.

Первый и второй пути облучения в данной методике учтены вместе в задаче 2. При этом предполагается, что после разрушения ЯЭР, выброс продолжается в течение 10 сут, а, следовательно, указанные пути облучения полностью реализуются за этот срок (240 ч).

Третий путь облучения учтен в задаче 3.

Четвертый путь облучения - в задаче 6.

Пятый путь облучения при строгом санитарно-гигиеническом контроле не оказывает существенного влияния на бое- и трудоспособность. При его оценке следует руководствоваться наиболее жесткими требованиями табл. 15 приказа МО СССР N310 - 1983 г.

Шестой путь облучения при использовании для защиты органов дыхания респираторов не оказывает влияния на бое- и трудоспособность.

Порядок нанесения прогнозируемых зон РЗМ представлен в задаче 1.

Определение допустимой продолжительности пребывания войск на РЗМ следует проводить по задаче 4.

Вероятность потери боеспособности в результате действия первого, второго и третьего путей облучения определяется согласно задаче 5.

1.СХЕМА ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ЗОН ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕСТНОСТИ НА СЛЕДЕ ОБЛАКА

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АЭС:

Тип ЯЭР (РБМК, ВВЭР)
Электрическая мощность ЯЭР, МВт..... (W)
Количество аварийных ЯЭР..... (n)
Координаты АЭС..... (x, y)
Астрономическое время аварии, сут, час..... (T ав)
Доля выброшенных из ЯЭР РВ, %..... (h)

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Скорость ветра на высоте 10 м, м/с (V10)
Направление ветра на высоте 10 м, град. (H10)
Состояние облачного покрова.... (отсутствует, средний, сплошной)

ОПРЕДЕЛИТЬ:

Размеры прогнозируемых зон загрязнения местности и отобразить их на карте прогнозируемой радиационной обстановки

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ:

1.1. По табл.1 определяется категория устойчивости атмосферы, соответствующая погодным условиям и заданному времени суток.

1.2. По табл.2 определяется средняя скорость ветра в слое распространения радиоактивного облака ($V_{ср}$).

1.3. На карте обозначается положение аварийного ЯЭР и, в соответствии с заданным направлением ветра, наносится ось прогнозируемого следа.

1.4. Оценивается табличная доля РВ (h табл.), выброшенных при аварии из ЯЭР, которая будет использована для оценки размеров зон загрязнения местности:

$$h \text{ табл} = h \times 0.001 \times W \times n$$

1.4.1. В тех случаях, когда доля РВ, выброшенных при аварии из ЯЭР неизвестна, рекомендуется:

провести измерение мощности дозы излучения на оси следа на удалении 10 км от ЯЭР;

по табл.3 для соответствующего типа ЯЭР, состояния атмосферы, скорости среднего ветра, времени измерения и значения мощности дозы излучения оценивается h табл.

1.4.2. В тех случаях, когда измерение мощности дозы на загрязненной местности провести невозможно, доля выброшенных РВ (h) принимается при производственных авариях равной 10 %, а при разрушении АЭС в результате боевых действий - 50 %.

1.5. По табл. 4 для заданного типа ЯЭР и h табл определяются размеры прогнозируемых зон загрязнения местности.

1.6. Используя найденные размеры зон, в масштабе карты в виде правильных эллипсов отображаются внешние границы зон загрязнения местности:

зона М - красным цветом;

зона А - синим цветом;

зона Б - зеленым цветом;

зона В - коричневым цветом;

зона Г - черным цветом.

Размер ширины зоны наносится на середине табличной длины соответствующей зоны.

.

2. ДОЗА ИЗЛУЧЕНИЯ НА МЕСТНОСТИ ОТ ПРОХОДЯЩЕГО
ОБЛАКА И ИНГАЛЯЦИОННОГО ПОСТУПЛЕНИЯ РВ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АЭС:

Тип ЯЭР (РВМК, ВВЭР)
Электрическая мощность ЯЭР, МВт..... (W)
Количество аварийных ЯЭР..... (n)
Координаты АЭС..... (x, y)
Астрономическое время аварии, сут, час..... (T ав)
Доля выброшенных из ЯЭР РВ, %..... (h)

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Скорость ветра на высоте 10 м, м/с (V10)
Направление ветра на высоте 10 м, град. (H10)
Состояние облачного покрова.... (отсутствует, средний, сплошной)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Координаты заданной точки..... (x, y)
Время начала действий (работ)..... (T нач)
Продолжительность действий (работ)..... (t раб)

ОПРЕДЕЛИТЬ:

Прогнозируемое значение дозы излучения, получаемой личным составом на местности от проходящего облака и ингаляционного поступления РВ (D обл+инг).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ:

- 2.1. По табл.1 определяется категория устойчивости атмосферы, соответствующая погодным условиям и заданному времени суток.
- 2.2. По табл.2 определяется средняя скорость ветра в слое

распространения радиоактивного облака ($V_{ср}$).

2.3. На карте обозначается положение аварийного ЯЭР и, в соответствии с заданным направлением ветра, наносится ось прогнозируемого следа.

2.4. По карте измеряется расстояние по оси от ЯЭР до заданной точки (x) и удаление ее от оси (y).

2.5. Определяется приведенное время начала действий (время начала работ после аварии):

$$t_{нач} = T_{нач} - T_{ав}$$

2.6. Для найденного расстояния от ЯЭР (x), по табл. 5 определяется время начала формирования следа ($t_{ф}$) после аварии.

2.7. Уточняется продолжительность пребывания личного состава ($t_{раб}$) в период формирования следа, час:

1) для $t_{нач} < t_{ф}$:

- если $t_{нач} + t_{раб} > t_{ф} + 240$, то $t_{обл} = 240$;

- если $t_{нач} + t_{раб} < t_{ф} + 240$, то $t_{обл} = t_{нач} + t_{раб} - t_{ф}$

2) для $t_{нач} > t_{ф}$:

- если $t_{нач} + t_{раб} > t_{ф} + 240$, то $t_{обл} = t_{ф} + 240 - t_{нач}$;

- если $t_{нач} + t_{раб} < t_{ф} + 240$, то $t_{обл} = t_{раб}$

2.8. Вычисляется коэффициент $K_{обл}$:

$$K_{обл} = \frac{t_{обл}}{240}$$

2.9. По табл. 6 для заданного типа ЯЭР, состояния атмосферы, скорости среднего ветра и расстояния (x), определяется табличное значение дозы излучения от проходящего облака и ингаляционного поступления РВ (D^*). В таблице заложены условия работы личного состава со средней физической нагрузкой.

2.10. По табл. 7.1 - 7.3 для измеренных по карте расстояний x и y определяется значение коэффициента K_y .

Примечание: на оси следа $K_y = 1$.

2.11. Вычисляется коэффициент (K_w), учитывающий электрическую мощность ЯЭР (W) и долю РВ, выброшенных из ЯЭР при аварии (h):

$$K_w = 0.00002 \times n \times W \times h$$

Примечание: для реактора мощностью 1000 МВт и $h = 50\%$ $K_w = 1$

2.12. Доза излучения на местности от проходящего облака и ингаляционного поступления РВ вычисляется по формуле:

$$D_{обл+инг} = D^* \times K_{обл} \times K_y \times K_w$$

3. ПРОГНОЗИРУЕМАЯ ДОЗА ИЗЛУЧЕНИЯ
ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ НА СЛЕДЕ ОБЛАКА

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АЭС:

Тип ЯЭР (РВМК, ВВЭР)
Электрическая мощность ЯЭР, МВт..... (W)
Количество аварийных ЯЭР..... (n)
Координаты АЭС..... (x, y)
Астрономическое время аварии, сут, час..... (T ав)
Доля выброшенных из ЯЭР РВ, %..... (h)

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Скорость ветра на высоте 10 м, м/с (V10)
Направление ветра на высоте 10 м, град. (H10)
Состояние облачного покрова.... (отсутствует, средний, сплошной)

ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ДЕЙСТВИЙ ВОЙСК:

Координаты района расположения (действий).....(x, y)
Время начала действий (работ).....(T нач)
Продолжительность действий (работ).....(t раб)
Кратность ослабления мощности дозы излучения.....(K осл)

ОПРЕДЕЛИТЬ:

Прогнозируемое значение дозы внешнего излучения от РЗМ, получаемой личным составом за время действий в районе расположения (D местн).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ:

3.1. По табл.1 определяется категория устойчивости атмосферы, соответствующая погодным условиям и заданному времени суток.

3.2. По табл.2 определяется средняя скорость ветра в слое распространения радиоактивного облака ($V_{ср}$).

3.3. На карте обозначается положение аварийного ЯЭР и, в соответствии с заданным направлением ветра, наносится ось прогнозируемого следа.

3.4. Оценивается табличная доля РВ ($h_{табл}$), выброшенных при аварии из ЯЭР, которая будет использована для оценки размеров зон загрязнения местности:

$$h_{табл} = h \times 0.001 \times W \times n$$

3.4.1. В тех случаях, когда доля РВ, выброшенных при аварии из ЯЭР неизвестна, см. пп. 1.4.1 - 1.4.2.

3.5. По табл. 4 для заданного типа ЯЭР и $h_{табл}$ определяются размеры прогнозируемых зон загрязнения местности.

3.6. Используя найденные размеры зон, в масштабе карты в виде правильных эллипсов отображаются прогнозируемые зоны загрязнения местности.

3.7. По карте, с нанесенными на ней прогнозируемыми зонами загрязнения местности, определяются наименование (индекс) зоны, в которой действуют войска (выполняется работа) и удаление района расположения (x) войск от аварийного ЯЭР.

3.8. По табл. 5 определяется время начала формирования следа радиоактивного облака (t_{ϕ}).

3.9. Вычисляется приведенное время начала действий войск в заданном районе:

$$t_{нач} = T_{нач} - T_{ав}$$

3.10. Уточняется время начала ($t_{нач обл}$) и продолжительность облучения ($t_{обл}$) личного состава.

1) Для $t_{нач} < t_{\phi}$:

- если $t_{нач} + t_{раб} > t_{\phi}$, то

$$t_{нач обл} = t_{\phi},$$

$$t_{обл} = t_{нач} + t_{раб} - t_{\phi}$$

- если $t_{нач} + t_{раб} < t_{\phi}$, то $D_{местн} = 0$

2) Для $t_{нач} > t_{\phi}$:

$$t_{нач обл} = t_{нач},$$

$$t_{обл} = t_{раб}$$

3.11. По табл. 8 для зоны А загрязнения местности определяется доза излучения (D_a) при условии открытого расположения личного состава в середине зоны.

3.11.1. Дозы, получаемые личным составом в середине других зон загрязнения местности, вычисляются по формуле:

$$D_{\text{зоны}} = D_a \times F$$

Коэффициент	З о н а				
	М	А	Б	В	Г
F	0.1	1.0	5.48	17.35	57

3.12. Доза излучения на внутренних границах зон загрязнения примерно в Z раз больше, а на внешних - в Z раз меньше, чем в середине зон:

Коэффициент	З о н а				
	М	А	Б	В	Г
Z	3.2	3.2	1.7	1.8	1.8

3.13. Доза, которую получит личный состав за время действий в заданном районе, будет равна:

$$D_{\text{местн}} = \frac{D_{\text{зоны}}}{K_{\text{осл}}} \quad (\text{х или : Z})$$

4. ДОПУСТИМАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ (РАБОТ) НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ МЕСТНОСТИ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АЭС:

Тип ЯЭР (РВМК, ВВЭР)
Астрономическое время аварии, сут, час..... (Т ав)

.

ДАННЫЕ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ:

Измеренное значение мощности дозы излучения, рад/час.. (D изм)
Время измерения мощности дозы излучения..... (T изм)

ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ДЕЙСТВИЙ ВОЙСК:

Время начала действий (работ)..... (T нач)
Заданная доза излучения, более которой не должен
получить личный состав..... (D зад)
Кратность ослабления мощности дозы излучения..... (K осл)

ОПРЕДЕЛИТЬ:

Допустимую продолжительность действий (работ) на загряз-
ненной местности (t раб), чтобы доза излучения не превысила
заданную.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ:

4.1. Вычисляется приведенное время измерения мощности дозы:
 $t_{\text{изм}} = T_{\text{изм}} - T_{\text{ав}}$

4.2. По табл. 9 находятся значения мощностей доз излучения
на внешних границах зон загрязнения на время t изм и определяет-
ся наименование зоны загрязнения в которой будут проводиться
работы.

4.3. Вычисляется приведенное значение времени начала работы:
 $t_{\text{нач}} = T_{\text{нач}} - T_{\text{ав}}$

4.3.1. Если $t_{\text{нач}} < 1$, то принять $t_{\text{нач}} = 1$.

4.4. Вычисляется допустимая доза излучения для условия отк-
рытого расположения личного состава в середине соответствующей
зоны загрязнения:

$$D (м, а, б, в, г) = D_{\text{зад}} \times K_{\text{осл}} (x \text{ или } : Z)$$

Примечание: значения коэффициента Z см. в п.3.12.

4.5. Полученное значение D_m (D_b, D_v, D_r) пересчитывается на соответствующее значение для D_a :

$$D_a = \frac{D_m \text{ (или } D_b, D_v, D_r \text{)}}{F_m \text{ (или } F_b, F_v, F_r \text{)}}$$

Примечание: значения коэффициента F см. в п.3.11.1.

4.6. По табл. 8 определяется допустимая продолжительность действий личного состава.

5. РАДИАЦИОННЫЙ УЩЕРБ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ И ВНУТРЕННЕГО ПОСТУПЛЕНИЯ РВ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Доза излучения от проходящего облака
и ингаляционного поступления РВ, рад..... ($D_{обл+инг}$)
Доза излучения от загрязненной местности, рад..... ($D_{местн}$)
Продолжительность облучения, сут..... ($t_{обл}$)

ОПРЕДЕЛИТЬ:

Радиационный ущерб (вероятность утраты бое- и трудоспособности личным составом), $\Pi, \%$.
местности ($t_{раб}$), чтобы доза излучения не превысила заданную.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ:

5.1. Рассчитывается доза эквивалентного воздействия внешнего облучения и ингаляционного поступления РВ:

$$D_{л/с} = D_{обл+инг} + D_{местн}$$

5.2. По табл.10 для рассчитанного значения дозы излучения и продолжительности облучения определяется радиационный ущерб.

6. РАДИАЦИОННЫЙ УЩЕРБ В РЕЗУЛЬТАТЕ АППЛИКАЦИИ
ЗАГРЯЗНЕННОГО ОБМУНДИРОВАНИЯ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Мощность дозы излучения .
от загрязненного обмундирования, рад/ч..... (D обм)
Время использования (ношения) загрязненного
обмундирования, час..... (t раб)

ОПРЕДЕЛИТЬ:

Радиационный ущерб (вероятность утраты бое- и трудоспособ-
ности личным составом), в результате использования (аппликации)
обмундирования, загрязненного РВ, П, %.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ:

6.1. По табл.11 для заданного значения мощности дозы от заг-
рязненного обмундирования и времени его ношения 10 - 20 часов оп-
ределяется радиационный ущерб.

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Таблица 1

Категории устойчивости атмосферы

Скорость (V10)! ветра на вы- соте 10м м/с	Время суток				
	!	День	!	Ночь	
	Наличие облачности				
!-----					
отсутств.средн.сплошн. отсутств. сплошная					
V10 < 2	A	A	A	A	A
2 < V10 < 3	A	A	D	F	F
3 < V10 < 5	A	D	D	D	F
5 < V10 6	D	D	D	D	D
V10 > 6	D	D	D	D	D

Примечания: А - сильно неустойчивая (конвекция),
 D - нейтральная (изотермия),
 F - очень неустойчивая (инверсия).

Таблица 2

Средняя скорость ветра (V_{ср}) в слое от поверхности земли до высоты перемещения центра облака, м/с

Категория устойчивости атмосферы	Скорость ветра на высоте 10 м (V10), м/с					
	менее 2	2	3	4	5	более 6
A	2	2	3	-	-	-
D	-	-	5	5	5	10
F	-	5	10	10	-	-

Примечание: при указанной скорости ветра на высоте 10 м, соответствующая категория устойчивости не наблюдается (-).

Таблица 3

Мощность дозы излучения на оси следа
на удалении 10 км от АЭС, рад/ч

Время измер. после авар.	Сос. тоя ние атм	РБМК-1000, % выброса				ВВЭР-1000, % выброса			
		3	10	30	50	3	10	30	50
1 час	A2	0.19	0.64	1.93	3.22	0.22	0.72	2.17	3.62
	D5	0.79	2.62	7.86	13.1	0.14	0.47	1.4	2.33
	D10	0.48	1.6	4.8	8.0	0.09	0.285	0.86	1.43
	F5	6.3E-3	0.021	0.06	0.11	1.1E-3	3.7E-3	0.01	0.02
	F10	4.1E-3	0.014	0.04	0.07	7.1E-4	2.4E-3	7.1E-3	0.012
	A2	0.12	0.41	1.24	2.06	0.14	0.46	1.37	2.28
5 час	D5	0.51	1.68	5.03	8.38	0.09	0.29	0.88	1.47
	D10	0.31	1.02	3.07	5.12	0.05	0.18	0.54	0.9
	F5	0.004	0.01	0.04	0.07	7.0E-4	2.3E-3	0.007	0.012
	F10	2.6E-3	0.009	0.03	0.045	4.5E-4	1.5E-3	4.5E-3	7.6E-3
	A2	0.07	0.24	0.72	1.2	0.08	0.25	0.76	1.27
	1 сут	D5	0.29	0.97	2.9	4.85	0.05	0.16	0.49
D10		0.18	0.59	1.77	2.95	0.03	0.1	0.3	0.5
F5		2.3E-3	7.8E-3	0.02	0.04	3.9E-4	1.3E-3	3.9E-3	6.5E-3
F10		1.6E-3	5.2E-3	0.02	0.03	2.5E-4	8.4E-4	2.5E-3	4.2E-3
A2		0.02	0.08	0.25	0.42	0.03	0.09	0.26	0.43
10сут		D5	0.1	0.34	1.02	1.7	0.016	0.056	0.17
	D10	0.06	0.21	0.62	1.04	0.01	0.034	0.1	0.17
	F5	8.2E-4	0.003	0.008	0.01	1.3E-4	4.4E-4	1.3E-3	2.2E-3
	F10	5.5E-4	0.002	5.5E-3	0.009	8.6E-5	2.9E-4	8.6E-4	1.4E-3
	A2	0.013	0.045	0.13	0.22	0.013	0.043	0.13	0.22
	1 мес	D5	0.055	0.18	0.55	0.92	8.5E-3	0.028	0.085
D10		0.034	0.11	0.34	0.56	0.005	0.017	0.05	0.086
F5		4.4E-4	1.5E-3	4.4E-3	7.4E-3	6.7E-5	2.2E-4	6.7E-4	1.1E-3
F10		2.9E-4	9.8E-4	2.9E-3	0.005	4.3E-5	1.4E-4	4.3E-4	7.2E-4

Примечание: 1. Запись 5E-2 означает: $5 \times 10^{-2} = 0.05$

2. Запись A2 означает: конвекция, $V_{ср} = 2$ м/с.

Таблица 4

Размеры прогнозируемых зон загрязнения местности на следе облака при аварии АЭС, км

%	З	Категория устойчивости атмосферы										
		А		Д				Ф				
Р	о	Средняя скорость ветра ($V_{ср}$), м/с										
		2		5		10		5		10		
с	а	РБМК	ВВЭР	РБМК	ВВЭР	РБМК	ВВЭР	РБМК	ВВЭР	РБМК	ВВЭР	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	М	63	83	145	75	135	53	126	17	115		
	А	12	16	8.4	4	6	2	3.6	0.6	3.1		
10	М	14.1	13	34	10	26	5.3					
	А	2.8	2.2	1.8	0.3	1	0.1					
30	М	140	185	270	155	272	110	241	76	239	73	
	А	30	40	18.2	9	14	5.4	8	2.6	7	2.1	
10	М	28	39	75	30	60	19	52		42		
	А	6	6.8	4	1.2	2.5	0.6	1.8		1.2		
30	М	6.9		17.4		11						
	А	0.9		0.7		0.32						
30	М			5.8								
	А			0.11								
30	М	249	338	418	284	482	274	430	172	441	162	
	А	62	83	32	19	28	13	14	5.1	12	4.4	
30	М	63	83	145	75	135	53	126	17	115		
	А	12	15.5	8.5	3.5	6	1.9	3.7	0.6	3.1		
30	М	14	17	34	10	25	5					
	А	2.7	2.5	1.7	0.3	1	0.9					
30	М	7		17.6		12						
	А	0.9		0.7		0.33						

Продолжение табл.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		324	438	583	379	619	367	561	204	579	224
	М	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		82	111	43	25	37	19	18	7	17	6.3
		88	123	191	100	184	79	168	47	156	33
	А	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		18	25	12	5,3	8.7	3.3	5	1.5	4.3	0.95
		18	20	47	17	36	10	15			
50	Б	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		3.6	3.7	2.4	0.62	1.5	0.3	0.4			
		9.2	8.9	23.7		17					
	В	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		1.6	1.1	1.1		0.6					
				9.4							
	Г	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
				0.3							

Примечание: в числителе показана длина зоны,
в знаменателе - ширина.

Таблица 5

Время начала формирования следа (тф) после аварии ЯЭР

Расстояние от АЭС, км	Категория устойчивости атмосферы				
	А		D		Ф
	Средняя скорость ветра, м/с				
	2	5	10	5	10
5	0.5 час	0.3 час	0.1 час	0.3 час	0.1 час
10	1.0 час	0.5 час	0.3 час	0.5 час	0.3 час
20	2.0 час	1.0 час	0.5 час	1.0 час	0.5 час
30	3.0 час	1.5 час	0.8 час	1.5 час	0.8 час
40	4.0 час	2.0 час	1.0 час	2.0 час	1.0 час
50	5.0 час	2.5 час	1.2 час	2.5 час	1.3 час
60	6.5 час	3.0 час	1.5 час	3.0 час	1.5 час
70	7.5 час	3.5 час	1.8 час	3.5 час	1.8 час
80	8.0 час	4.0 час	2.0 час	4.0 час	2.0 час
90	8.5 час	4.5 час	2.2 час	4.5 час	2.5 час
100	9.5 час	5.0 час	2.5 час	5.0 час	3.0 час
150	14 час	7.5 час	3.5 час	8.0 час	4.0 час
200	19 час	10 час	5.0 час	10 час	5.0 час
250	23 час	12 час	6.0 час	13 час	6.5 час
300	28 час	15 час	7.5 час	16 час	8.0 час
350	32 час	17 час	9.0 час	18 час	9.0 час
400	37 час	19 час	10 час	21 час	11 час
450	41 час	22 час	11 час	23 час	12 час
500	46 час	24 час	12 час	26 час	13 час
600	2.2 сут	29 час	15 час	31 час	16 час
700	2.6 сут	34 час	17 час	36 час	18 час
800	3.0 сут	38 час	20 час	41 час	20 час
900	3.4 сут	43 час	22 час	46 час	23 час
1000	3.7 сут	2.0 сут	24 час	2.1 сут	26 час

Таблица 6

Доза облучения от проходящего облака и от ингаляционного поступления РВ (D^*), рад

Расстояние от АЭС, км	Категория устойчивости атмосферы									
	А		Д				Ф			
	Средняя скорость ветра ($V_{ср}$), м/с									
	2		5		10		5		10	
	РБМК	ВВЭР	РБМК	ВВЭР	РБМК	ВВЭР	РБМК	ВВЭР	РБМК	ВВЭР
5	1443	876	4119	720	2775	485	149	26	106	19
10	429	448	2101	367	1465	256	76	13	55	10
20	123	156	712	130	514	93	172	30	130	23
30	66	87	356	81	264	59	208	37	166	29
40	43	58	216	61	165	45	193	34	160	29
50	31	42	151	44	119	33	150	27	129	23
60	23	32	111	32	91	25	107	19	96	17
70	18	25	85	25	72	20	79	14	74	13
80	14	21	67	21	58	17	58	10	59	11
100	9.8	15	45	14	41	12	42	8	40	7
150	4.7	7	20	7	20	6	19	3.3	18	3.2
200	2.6		11	4	12	4	11	1.9	11	1.9
300	1.1		4.6		5.5		4.5		5	
400	0.5		2.2		3		2.5		2.8	
500	0.3		1.3		1.6		1.6		1.8	

Таблица 7.1

Коэффициент К у для определения мощности дозы излучения в стороне от оси следа. Неустойчивая атмосфера - категория А

Удаление от оси следа, км	Х , км											
	5	7	10	12	14	16	18	20	25	30	50	70
0.5	0.86	0.92	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
1	0.56	0.72	0.83	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.96	0.97	0.98	0.99
2	0.10	0.27	0.49	0.59	0.67	0.72	0.77	0.80	0.86	0.89	0.95	0.97
4			0.06	0.12	0.20	0.28	0.35	0.42	0.55	0.64	0.83	0.90
6					0.02	0.05	0.09	0.14	0.26	0.37	0.66	0.79
8							0.01	0.03	0.09	0.17	0.48	0.66
10									0.02	0.06	0.32	0.52
15											0.07	0.23
20											0.01	0.07
25												0.01

Таблица 7.2

Коэффициент К у для определения мощности дозы излучения в стороне от оси следа. Нейтральная атмосфера - категория Д

Удаление от оси следа, км	Х , км											
	5	7	10	12	14	16	18	20	25	30	50	70
0.5	0.17	0.38	0.60	0.69	0.75	0.80	0.83	0.86	0.90	0.93	0.97	0.98
1		0.02	0.13	0.23	0.32	0.41	0.49	0.55	0.67	0.75	0.89	0.93
2					0.01	0.03	0.05	0.09	0.20	0.31	0.63	0.77
3									0.02	0.07	0.35	0.56
4										0.01	0.15	0.36
5											0.05	0.20
6											0.01	0.10
7												0.04
8												0.01

Таблица 7.3

Коэффициент К у для определения мощности дозы излучения в стороне от оси следа. Устойчивая атмосфера - категория F

Удаление от оси следа, км	Х , км											
	5	7	10	12	14	16	18	20	25	30	50	70
0.5		0.01	0.12	0.21	0.31	0.40	0.47	0.54	0.66	0.74	0.88	0.93
1						0.02	0.05	0.08	0.19	0.30	0.61	0.76
1.5									0.02	0.06	0.33	0.55
2											0.14	0.34
2.5											0.04	0.19
3											0.01	0.09
3.5												0.03
4												0.01

Таблица 8

Доза излучения, получаемая личным составом при открытом
расположении в середине зоны загрязнения (D а), рад
зона А

Продолжи- тельность пребывания в зоне (t обл)		Время начала облучения после аварии (t нач обл)									
		ч а с ы									
		1	2	3	5	6	7	9	12	15	18
ч а с ы	1	0.40	0.35	0.32	0.28	0.26	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
	2	0.76	0.67	0.62	0.54	0.52	0.49	0.46	0.42	0.39	0.36
	3	1.08	0.97	0.96	0.80	0.76	0.73	0.68	0.62	0.58	0.54
	5	1.66	1.52	1.42	1.28	1.22	1.18	1.10	1.02	0.95	0.89
	6	1.93	1.77	1.66	1.51	1.45	1.39	1.31	1.21	1.13	1.07
	7	2.18	2.02	1.90	1.73	1.66	1.60	1.51	1.39	1.31	1.23
	9	2.66	2.48	2.35	2.15	2.07	2.00	1.89	1.76	1.65	1.56
	12	3.32	3.13	2.97	2.75	2.66	2.58	2.44	2.28	2.15	2.04
	15	3.94	3.72	3.56	3.31	3.21	3.12	2.96	2.77	2.62	2.50
18	4.51	4.28	4.11	3.84	3.73	3.63	3.46	3.25	3.08	2.94	
с у т к и	1	5.56	5.32	5.13	4.82	4.70	4.59	4.39	4.15	3.95	3.78
	1,5	7.41	7.14	6.93	6.59	6.44	6.31	6.08	5.79	5.54	5.33
	2	9.03	8.75	8.52	8.15	7.99	7.85	7.59	7.26	6.99	6.74
	3	11.8	11.5	11.3	10.8	10.7	10.5	10.2	9.88	9.56	9.27
	5	16.4	16.1	15.8	15.4	15.2	15.0	14.7	14.2	13.9	13.5
	10	25.1	24.8	24.5	24.0	23.8	23.6	23.2	22.7	22.3	21.9
м е с я	1	47.0	46.7	46.3	45.8	45.5	45.3	44.9	44.3	43,8	43.3
	2	67.8	67.4	67.1	66.5	66.2	66.0	65.5	64.9	64.4	63.9
	6	115	115	114	114	114	113	113	112	112	111
ц ы	12	158	158	157	157	156	156	156	155	154	154

Продолжение табл. 8

Продолжи- тельность пребывания в зоне (t обл)	Время начала облучения после аварии (t нач обл)										
	с у т к и						! м е с я ц ы				
	1	2	3	5	10	15 !	1	2	6	12	
ч	1	0.16	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.01	-
	2	0.33	0.25	0.21	0.17	0.12	0.10	0.07	0.04	0.02	0.01
а	3	0.49	0.38	0.32	0.25	0.18	0.15	0.10	0.07	0.03	0.02
	5	0.81	0.63	0.53	0.43	0.31	0.25	0.17	0.12	0.06	0.03
с	6	0.97	0.75	0.64	0.51	0.37	0.30	0.21	0.14	0.07	0.04
	7	1.12	0.87	0.74	0.60	0.43	0.35	0.24	0.16	0.08	0.05
ы	9	1.43	1.11	0.95	0.76	0.55	0.45	0.31	0.21	0.11	0.06
	12	1.87	1.47	1.26	1.01	0.74	0.60	0.42	0.28	0.14	0.09
	15	2.30	1.82	1.56	1.26	0.92	0.75	0.53	0.36	0.18	0.11
	18	2.71	2.16	1.86	1.51	1.10	0.98	0.63	0.43	0.22	0.13
с	1	3.51	2.83	2.44	1.99	1.46	1.20	0.84	0.57	0.29	0.18
	1,5	4.98	4.09	3.57	2.93	2.17	1.79	1.26	0.86	0.44	0.27
т	2	6.34	5.28	4.63	3.84	2.87	2.37	1.67	1.14	0.59	0.37
	3	8.79	7.47	6.63	5.57	4.21	3.51	2.49	1.70	0.88	0.55
и	5	12.9	11.3	10.2	8.74	6.76	5.68	4.08	2.82	1.46	0.92
	10	21.1	19.0	17.5	15.5	12.4	10.6	7.86	5.52	2.91	1.84
	15	27.6	25.3	23.6	21.1	17.4	15.1	11.3	8.11	4.33	2.76
м	1	42.4	39.8	37.7	34.7	29.7	26.5	20.7	15.3	8.46	5.45
	2	62.9	60.8	57.7	54.2	48.2	44.8	36.0	27.7	16.1	10.6
с	6	110	107	104	100	93.4	88.1	77.1	64.0	41.8	29.1
	12	153	149	147	143	135	129	116	101	71.9	52.7
ц											
ы											

.

Таблица 9

Среднее значение мощности дозы излучения на внешних границах зон загрязнения местности, рад/час

Время после аварии	Индекс зоны загрязнения				
	М	А	Б	В	Г
1	0.014	0.14	1.42	4.2	14.2
Ч 2	0.011	0.12	1.19	3.6	11.9
А 5	0.009	0.09	0.92	2.7	9.2
С 7	0.008	0.08	0.82	2.5	8.2
Ы 9	0.007	0.07	0.76	2.3	7.6
1	0.005	0.05	0.54	1.6	5.4
С 2	0.004	0.04	0.41	1.2	4.1
У 3	0.003	0.03	0.34	1.0	3.4
Т 5	0.003	0.03	0.27	0.82	2.7
К 10	0.002	0.02	0.20	0.59	2.0
И 15	0.002	0.016	0.16	0.49	1.6
М 1	0.001	0.011	0.11	0.34	1.1
Е 2	--	0.008	0.08	0.23	0.8
С 3	--	0.006	0.06	0.18	0.6
. 6	--	0.004	0.04	0.12	0.4

Таблица 10

Вероятность (в процентах) потери бое- и трудоспособности при внешнем облучении

Доза излучения (рад)	Длительность облучения (сутки)			
	7	15	30	60
200	0	0	0	0
300	70	60	43	10
400	100	86	60	10
500	100	87	68	30
600	100	92	78	50
700	100	96	87	70
800	100	97	91	80
900	100	100	100	100

Таблица 11

Вероятность (в процентах) потери бое- и трудоспособности при попадании РВ на обмундирование и сроки выхода из строя пораженных (при времени контакта с РВ 10-20 часов)

Мощность дозы излучения, рад/час	Вероятность потери бое- и трудоспособности, %	Сроки выхода из строя, сут
1.0 - 1.5	до 10	10 - 14
1.5 - 2.5	до 50	7 - 10
> 2.5	до 100	4 - 7

"Утверждаю"

Приложение 2

П Л А Н
МЕРОПРИЯТИЙ МЕДИЦИНСКОЙ СЛУЖБЫ
ПО ЛИКВИДАЦИИ КРУПНОМАСШТАБНОЙ АВАРИИ НА АЭС
(вариант)

NN пп	Наименование мероприятий	Срок вып.	Ответств. за вып.	Отметка о вып.
1	2	3	4	5

I. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

1. Постоянный сбор информации об изменениях радиационной обстановки
2. Работа в составе оперативной группы штаба округа по руководству медицинской службой
3. Участие в рекогносцировке по выбору районов размещения войск
4. Рекогносцировка районов размещения медицинских частей и учреждений. Организация постоянного радиационного наблюдения
5. Контроль за работой мед.частей и учреждений, участвующих в ликвидации последствий аварии, оказание помощи в организации работы в особом режиме и защиты от ИИ
6. Обеспечение личного состава войск, мед.частей и учреждений методическими указаниями, разработками, памятками
7. Анализ и обобщение полученного материала

II. ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ
МЕРОПРИЯТИЯ

1. Мероприятия по профилактике радиационных поражений:
 - военно-медицинская подготовка;
 - контроль за дозиметрией личного состава;
 - медицинское обследование и осмотры личного состава;
 - гигиеническое воспитание;

-выдача витаминов,
радиопротекторов, адсорбентов;
-применение психотропных веществ;
-обработка кожных покровов
комплексным препаратом "Защита"

2. Выявление лиц с противопоказаниями к работе с ИИИ и отстранение их от работы
3. Выявление пораженных и больных, оказание медицинской помощи, лечение и эвакуация по назначению
4. Организация работы ОМедБ, гарнизонного госпиталя по приему, медицинской сортировке, оказанию помощи и лечению пораженных и больных
5. Гематологическое обследование личного состава, участвующего в ликвидации последствий аварии

III. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

1. Санитарно-гигиенический контроль за размещением, организацией питания и водоснабжения личного состава, привлеченного к ликвидации последствий аварии на АЭС
2. Санитарно-гигиенический контроль за банно-прачечным обеспечением и вещевым снабжением личного состава
3. Контроль за обеспеченностью личного состава средствами индивидуальной защиты и их использованием
4. Контроль за местами работ личного состава с выделением особо опасных объектов
5. Проведение мероприятий по недопущению возникновения и распространения инфекционных заболеваний среди личного состава
6. Дезинфекция, дезинсекция, дератизация

IV. МЕДИЦИНСКОЕ СНАБЖЕНИЕ

1. Расчет потребности в медицинском имуществе, представление заявок

2. Постоянное пополнение запасов индивидуальных средств медицинской защиты, медикаментов, реактивов и др.
3. Обеспечение личного состава медицинских частей и учреждений методическими указаниями, разработками, памятками

V.УПРАВЛЕНИЕ И СВЯЗЬ

1. Поддержание постоянной связи с медицинскими частями и учреждениями
2. Организация медицинского учета и отчетности