ВОЕННО-КОСМИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ
имени А.Ф. Можайского

РАДИАЦИОННАЯ, ХИМИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА

Под редакцией профессора **С.Б. ВАРЮЩЕНКО**,
профессора **С.В. КОСЫРЕВА**

2-е издание, переработанное и дополненное

Рекомендуется государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования – Общевойсковой академией Вооруженных Сил Российской Федерации в качестве учебника для курсантов Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, обучающихся по всем специальностям



Санкт-Петербург
2010

УДК 355.581.6 (075.8)
Р153

Авторы:
С.Б.Варющенко, П.Р.Гильванов, Д.Г.Колесов, А.А.Коротин, С.В.Косырев, И.А.Матысик, А.Ф.Найданов, И.В.Свитнев, Л.Н.Сорокин

Рецензенты:
доктор технических наук, профессор **В.И. Гуменюк**;
доктор технических наук, профессор **В.А. Ибадулаев**;
Общевойсковая академия Вооруженных Сил РФ,
регистрационный номер рецензии 873 от 21 декабря 2009 г.
ГУК МО РФ

Р153 **Радиационная, химическая и биологическая защита**: учебник / С.Б.Варющенко, П.Р.Гильванов, Д.Г.Колесов и др.; под ред. С.Б.Варющенко, С.В.Косырева. – 2-е изд., переработанное и дополненное. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2010. – 570 с.

Учебник подготовлен в соответствии с действующими учебным планом и программой изучения дисциплины «Радиационная, химическая и биологическая защита» для курсантов всех специальностей ВКА имени А.Ф. Можайского и может быть использован офицерами штабов и управлений Космических войск.

В учебнике рассматриваются теоретические основы и содержание радиационной, химической и биологической защиты частей наземной группировки и объектов орбитальной группировки Космических войск при воздействии современных и перспективных видов оружия, а также в условиях аварий (разрушений) на радиационно, химически и биологически опасных объектах.

Рассматриваются организационные основы, содержание, вооружение и средства радиационной, химической и биологической защиты в рамках решаемых ею задач и структуры мероприятий.

Второе издание существенно переработано и дополнено новыми материалами по всем разделам учебника.

УДК 355.581.6 (075.8)

© ВКА им. А.Ф. Можайского, 2010

Подписано к печ. 18.10.2010 Печ. л. 71 Уч.-изд. л. 35,25
Заказ 2057 Бесплатно

Типография ВКА им. А.Ф. Можайского

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список условных сокращений…… 13
Предисловие…...…….. 19
Введение…...…… 21
РАЗДЕЛ I. ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ…… 29
Г л а в а 1. Физико-технические основы ядерного оружия, его современное состояние и перспективы развития ……. 29
1.1. Цепная реакция деления и ее использование в ядерных боеприпасах…… 29
1.1.1. Реакция деления, продукты реакции…… 29
1.1.2. Коэффициент развития цепной реакции деления, понятие критичности……... 33
1.1.3. Взрывная цепная реакция деления……. 35
1.2. Термоядерные реакции и их использование в термоядерных боеприпасах…… 36
1.3. Ядерные боеприпасы, их основные характеристики и принципы устройства…… 41
1.3.1. Основные характеристики ядерных боеприпасов. 41
1.3.2. Принципы устройства ядерных боеприпасов…… 44
1.4. Современное состояние и направления развития ядерного оружия…… 48
Г л а в а 2. Развитие воздушного (наземного) ядерного взрыва и формирование поражающих факторов…… 53
2.1. Общая характеристика ядерного взрыва…… 53
2.2. Развитие воздушного ядерного взрыва и формирование поражающих факторов…….. 55
2.3. Особенности развития наземного ядерного взрыва…... 60
Г л а в а 3. Ударная волна и световое излучение…… 62
3.1. Ударная волна…… 62
3.1.1. Основные параметры воздушной ударной волны.. 62

3.1.2. Влияние различных факторов на параметры воздушной ударной волны. Закон подобия…… 66
3.1.3. Отражение воздушной ударной волны от поверхностей…… 68
3.1.4. Местное действие наземного взрыва и сейсмовзрывные волны……... 73
3.1.5. Поражающее действие воздушных ударных и сейсмовзрывных волн…….. 76
3.1.6. Защита от воздействия воздушных ударных и сейсмовзрывных волн…….. 79
3.2. Световое излучение……... 84
3.2.1. Формирование светового излучения ядерного взрыва…… 84
3.2.2. Параметры светового излучения…… 86
3.2.3. Поражающее действие светового излучения…… 90
3.2.4. Защита от воздействия светового излучения…… 97
Г л а в а 4. Общие свойства ионизирующих излучений ядерного взрыва…… 101
4.1. Источники и виды ионизирующих излучений при ядерном взрыве…….. 101
4.2. Общая характеристика источников ионизирующих излучений ядерного взрыва и их поля……. 103
4.3. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом……... 105
4.3.1. Понятие сечения взаимодействия……. 105
4.3.2. Взаимодействие заряженных частиц с веществом…… 109
4.3.3. Взаимодействие рентгеновского и гамма-излучения с веществом…… 111
4.3.4. Взаимодействие нейтронов с веществом…….. 116
4.4. Основные дозовые величины……... 120
4.5. Биологическое действие ионизирующих излучений…. 126
4.6. Воздействие ионизирующих излучений на материалы и радиоэлектронную аппаратуру……. 131
4.7. Защита от воздействия ионизирующих излучений…… 135

Г л а в а 5. Проникающая радиация и радиоактивное заражение местности..... 140
5.1. Общая характеристика источников проникающей радиации..... 140
5.2. Особенности поражающего действия проникающей радиации..... 146
5.3. Защита от воздействия проникающей радиации..... 149
5.4. Общая характеристика радиоактивного заражения местности при ядерных взрывах..... 153
5.5. Особенности поражающего действия радиоактивно зараженной местности..... 160
5.6. Защита на радиоактивно зараженной местности..... 162
Г л а в а 6. Электромагнитный импульс ядерного взрыва..... 166
6.1. Механизм образования и основные параметры электромагнитного импульса воздушного и наземного ядерных взрывов..... 167
6.2. Поражающее действие электромагнитного импульса... 173
6.3. Защита от воздействия электромагнитного импульса воздушного (наземного) ядерного взрыва..... 178
Г л а в а 7. Развитие космического (высотного) ядерного взрыва и формирование поражающих факторов..... 184
7.1. Краткая характеристика околоземного космического пространства..... 184
7.2. Формирование поражающих факторов..... 186
Г л а в а 8. Радиационные поражающие факторы космического ядерного взрыва..... 190
8.1. Особенности проникающей радиации космического ядерного взрыва..... 190
8.2. Защита радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата от проникающей радиации..... 193
8.3. Рентгеновское излучение космического ядерного взрыва..... 195

8.3.1. Образование рентгеновского излучения и его основные параметры..... 195
8.3.2. Поражающее действие мягкого рентгеновского излучения..... 197
8.3.3. Поражающее действие жесткого рентгеновского излучения..... 200
8.3.4. Защита космического аппарата от воздействия рентгеновского излучения..... 203
8.4. Искусственный радиационный пояс Земли..... 205
8.4.1. Образование искусственного радиационного пояса..... 206
8.4.2. Основные характеристики искусственного радиационного пояса..... 213
8.4.3. Поражающее действие искусственного радиационного пояса..... 216
8.4.4. Защита от воздействия электронов искусственного радиационного пояса..... 218
Г л а в а 9. Электромагнитные поражающие факторы космического ядерного взрыва..... 220
9.1. Области повышенной ионизации..... 221
9.1.1. Образование и основные параметры областей повышенной ионизации..... 221
9.1.2. Воздействие областей повышенной ионизации на космические радиолинии..... 226
9.1.3. Защита от воздействия областей повышенной ионизации..... 228
9.2. Электромагнитный импульс космического ядерного взрыва..... 228
9.2.1. Механизм образования и основные параметры электромагнитного импульса в нижней области повышенной ионизации..... 229
9.2.2. Механизм образования и основные параметры вторичного электромагнитного импульса..... 231

9.2.3. Поражающее действие электромагнитного импульса…… 234
9.2.4. Защита от воздействия электромагнитного импульса…… 236
РАЗДЕЛ II. ОРУЖИЕ НА НОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ…… 243
Г л а в а 10. Общая характеристика и классификация оружия на новых физических принципах. 243
Г л а в а 11. Лучевое оружие……... 246
11.1. Общие свойства лучевого оружия…… 246
11.2. Лазерное оружие…….. 249
11.3. Радиочастотное оружие……... 254
11.4. Ускорительное (пучковое) оружие…… 257
11.5. Инфразвуковое оружие……... 259
Г л а в а 12. Геофизическое оружие……... 261
РАЗДЕЛ III. ХИМИЧЕСКОЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ…… 264
Г л а в а 13. Современное состояние химического оружия…… 264
13.1. Назначение химического оружия и его особенности... 264
13.2. Боевые токсичные химические вещества…….. 266
13.2.1. Отравляющие вещества, их классификация и боевые свойства……... 266
13.2.2. Токсины…… 275
13.2.3. Фитотоксиканты……... 277
13.3. Средства и способы применения боевых токсичных химических веществ…… 278
13.4. Основы защиты от химического оружия……... 283
13.5. Конвенция по химическому оружию…… 285
13.6. Химическое оружие несмертельного действия…… 287
Г л а в а 14. Современное состояние биологического оружия…… 290
14.1. Назначение биологического оружия и его особенности 290
14.2. Биологические поражающие агенты…… 292

14.3. Средства и способы применения биологического оружия…….. 295
14.4. Основы защиты от биологического оружия…… 298
14.5. Конвенция по биологическому оружию…… 299
14.6. Биологическое оружие несмертельного действия…… 301
РАЗДЕЛ IV. ЗАЖИГАТЕЛЬНОЕ ОРУЖИЕ…… 303
Г л а в а 15. Общая характеристика зажигательного оружия…… 303
15.1. Назначение зажигательного оружия и его особенности 303
15.2. Зажигательные вещества и смеси…….. 304
15.3. Средства и способы боевого применения зажигательных веществ и смесей…….. 306
Г л а в а 16. Поражающее действие и защита от зажигательного оружия…… 309
16.1. Поражающее действие зажигательного оружия…….. 309
16.2. Защита от зажигательного оружия…… 310
РАЗДЕЛ V. РАДИАЦИОННО, ХИМИЧЕСКИ И БИОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫЕ ОБЪЕКТЫ……... 314
Г л а в а 17. Радиационно опасные объекты, последствия аварий (разрушений) на них…….. 314
17.1. Общая характеристика радиационно опасных объектов…… 314
17.2. Нормирование факторов радиационной опасности…. 318
17.3. Радиационный фон в земных условиях…… 321
17.4. Радиационные факторы при эксплуатации атомных электростанций…… 328
17.4.1. Принцип работы и устройство ядерного реактора…… 329
17.4.2. Радиационные факторы при нормальной эксплуатации атомных электростанций…….. 334
17.4.3. Радиационные факторы при аварийных ситуациях на атомных электростанциях…… 339

17.5. Радиационные факторы при эксплуатации космических ядерных энергетических установок…….. 346
17.5.1. Устройство и основные характеристики космических ядерных энергетических установок… 346
17.5.2. Радиационные факторы при нормальном функционировании ядерных энергетических установок космического назначения…….. 349
17.5.3. Аварийные ситуации с ядерными энергетическими установками космических аппаратов и их последствия…….. 353
Глава 18. Химически опасные объекты, последствия аварий (разрушений) на них…….. 360
18.1. Источники химического загрязнения техногенного происхождения…… 360
18.2. Аварийно химически опасные вещества……... 365
18.3. Общая характеристика химически опасных объектов. 370
18.4. Аварии на химически опасных объектах и их последствия…….. 372
Глава 19. Биологически опасные объекты, последствия аварий (разрушений) на них…….. 375
19.1. Общая характеристика биологически опасных объектов…….. 375
19.2. Последствия аварий на биологически опасных объектах…….. 377
РАЗДЕЛ VI. РАДИАЦИОННАЯ, ХИМИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА…… 380
Глава 20. Основы радиационной, химической и биологической защиты…… 380
20.1. Роль радиационной, химической и биологической защиты на современном этапе и принципы ее обеспечения…… 380
20.2. Задачи и мероприятия радиационной, химической и биологической защиты…… 382

20.3. Силы и средства радиационной, химической и биологической защиты частей Космических войск…….. 386
Глава 21. Содержание мероприятий радиационной, химической и биологической защиты…... 392
21.1. Засечка ядерных взрывов, обнаружение фактов аварий (разрушений) на потенциально опасных объектах 392
21.1.1. Засечка ядерных взрывов…… 392
21.1.2. Обнаружение фактов аварий (разрушений) на потенциально опасных объектах…… 397
21.2. Радиационная, химическая и биологическая разведка 398
21.2.1. Цель, задачи и содержание радиационной, химической и биологической разведки…… 398
21.2.2. Технические средства радиационной, химической и биологической разведки…….. 402
21.3. Радиационный, химический и биологический контроль…….. 412
21.3.1. Радиационный контроль…….. 412
21.3.2. Химический контроль…….. 420
21.3.3. Биологический контроль…… 422
21.4. Сбор, обработка и передача данных о ядерных взрывах и радиационной, химической и биологической обстановке…… 424
21.4.1. Задачи и организационная структура Единой системы выявления и оценки масштабов и последствий применения ОМП, аварий (разрушений) на радиационно, химически и биологически опасных объектах…….. 424
21.4.2. Прогнозирование радиационной, химической и биологической обстановки и оценка ее фактического состояния…… 427
21.5. Оповещение частей (подразделений) о радиоактивном, химическом и биологическом заражении…… 431
21.6. Использование средств индивидуальной и коллективной защиты, защитных свойств местности, вооружения, военной техники и других объектов…… 432

21.6.1. Использование средств индивидуальной защиты…….. 433
21.6.2. Использование средств коллективной защиты. 444
21.6.3. Использование защитных свойств местности, вооружения, военной техники и других объектов…….. 451
21.7. Специальная обработка частей (подразделений). Обеззараживание участков местности, дорог, военных объектов и сооружений…….. 454
21.7.1. Цели и задачи специальной обработки…….. 454
21.7.2. Растворы (рецептуры) для проведения специальной обработки…… 456
21.7.3. Технические средства специальной обработки. 458
21.7.4. Порядок проведения специальной обработки… 462
21.8. Ликвидация последствий аварий (разрушений) на радиационно и химически опасных объектах Космических войск…… 466
21.9. Снижение заметности войск и объектов…….. 468
21.9.1. Аэрозольное противодействие средствам разведки и управления оружием противника……. 468
21.9.2. Применение радиопоглощающих материалов и пен…….. 472
Г л а в а 22. Организация и выполнение задач радиационной, химической и биологической защиты в частях Космических войск…… 476
22.1. Основы организации радиационной, химической и биологической защиты…… 476
22.2. Организация и выполнение задач радиационной, химической и биологической защиты в частях запуска 478
22.3. Организация и выполнение задач радиационной, химической и биологической защиты в частях управления…… 484

22.4. Порядок работы командира подразделения по организации и выполнению задач радиационной, химической и биологической защиты…… 491
Г л а в а 23. Содержание вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты в готовности к применению…… 493
23.1. Порядок учета, хранения и обслуживания вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты в подразделении…… 493
23.2. Виды технического обслуживания и ремонта вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты…….. 496
23.3. Подгонка и техническая проверка средств индивидуальной защиты…… 506
23.4. Обязанности должностных лиц по поддержанию вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты подразделения в готовности к применению…….. 509
Г л а в а 24. Подготовка подразделений к действиям в условиях радиоактивного, химического и биологического заражения……... 511
24.1. Методика обучения и тренировки специально подготовленных отделений (расчетов, экипажей), предназначенных для ведения радиационного, химического и биологического наблюдения (разведки)…… 511
24.2. Подготовка и проведение в подразделении дня радиационной, химической и биологической защиты… 522
24.3. Порядок подготовки и методика проведения тактико-строевого занятия с ротой охраны по теме: «Действия роты в условиях применения оружия массового поражения»……... 527
Основные термины и определения…… 538
Список литературы……... 568

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АЗ – активная зона
АК – азотная кислота
АТ – азотный тетраксид
АТЦ – атомный топливный цикл
АФУ – антенно-фидерное устройство
АХОВ – аварийно химически опасные вещества
АэЗ – аэрозольная завеса
АэП – аэрозольное противодействие
АЭС – атомная электростанция
БН – быстрые нейтроны
БО – биологическое оружие
БОО – биологически опасный объект
БПА – биологические поражающие агенты
БР – биологическая рецептура
БС – биологические средства
БТХВ – боевые токсичные химические вещества
БЦВК – бортовой цифровой вычислительный комплекс
ВАП – выливной авиационный прибор
ВВ – взрывчатое вещество
ВВТ – вооружение и военная техника
ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор
ВЗУ – взрывозащитное устройство
ВиС – вооружение и средства
ВМГ – взрывомагнитный генератор
ВПП – взлетно-посадочная полоса
ВТО – высокоточное оружие
ВТС – военно-техническая система
ВУВ – воздушная ударная волна
ВЭМИ – вторичный электромагнитный импульс
ГеО – геофизическое оружие
ГИК – государственный испытательный космодром
ГИЦИУ – Главный испытательный центр испытаний и управления космическими аппаратами

ГММ – генетически модифицированные микроорганизмы
ГС – газовый счетчик
ГЧ – головная часть
ДОА – допустимая среднегодовая объемная активность
ДРГ – диверсионно-разведывательная группа
ДРХБР – дозор радиационной, химической и биологической разведки
ДУА – допустимая удельная среднегодовая активность
ЕСВОП – Единая система выявления и оценки масштабов и последствий применения оружия массового поражения, аварий (разрушений) на радиационно, химически и биологически опасных объектах
ЕТО – ежедневное техническое обслуживание
ЖРИ – жесткое рентгеновское излучение
ЗВ – зажигательные вещества
ЗЖО – зажигательное оружие
ЗС – зажигательная смесь
ЗУ – защитное устройство
ЗХЗ – зона химического загрязнения
ЗЯВ – засечка ядерных взрывов
ИД – измеритель дозы
ИЗО – инфразвуковое оружие
ИИ – ионизирующее излучение
ИК – инфракрасный
ИКа – ионизационная камера
ИМС – интегральная микросхема
ИПр – измерительный преобразователь
ИРЛ – импульсный рентгеновский лазер
ИРПЗ – искусственный радиационный пояс Земли
ИС – интегральная схема
ИТ – индикаторная трубка
КА – космический аппарат
КБТО – Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия, и об их уничтожении
КК – коэффициент качества

КлО – климатическое оружие
КП – командный пункт
КР – капитальный ремонт
КРВ – комплект регенерации воздуха
КРП – контрольно-распределительный пост
КРТ – компоненты ракетного топлива
КХО – Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления, применения химического оружия, и его уничтожении
КЯВ – космический ядерный взрыв
МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии
МБР – межконтинентальная баллистическая ракета
МГА – механический генератор аэрозолей
МГД – магнитогидродинамический генератор
МетО – метеорологическое оружие
МКРЗ – Международный комитет экспертов ООН по радиационной защите
МПА – максимальная проектная авария
МПП – маскирующее пенное покрытие
МРИ – мягкое рентгеновское излучение
НДМГ – несимметричный диметилгидразин
НОПИ – нижняя область повышенной ионизации
НРБ-99/2009 – Нормы радиационной безопасности, НРБ-99/2009
НС РХБ защиты – начальник службы радиационной, химической и биологической защиты
НУРС – неуправляемый ракетный снаряд
ОблВ – область взрыва
ОБЭ – относительная биологическая эффективность
ОВ – отравляющие вещества
ОзО – озонное оружие
ОЗХО – Организация по запрещению химического оружия
ОИИЧ – отдельная инженерная испытательная часть
ОКИК – отдельный командно-измерительный комплекс
ОКП – околоземное космическое пространство
ОМП – оружие массового поражения
ОНД – оружие несмертельного действия
ОНПЭ – оружие направленной передачи энергии

ОНФП – оружие на новых физических принципах
ОПИ – область повышенной ионизации
ОПС – окружающая природная среда
ПВО – противовоздушная оборона
ПГП – предел годового поступления
ПД – предел дозы
ПДВ – предельно-допустимый выброс
ПДК – предельно-допустимая концентрация
ПКО – противокосмическая оборона
ПН КИП – подвижный наземный командно-измерительный пункт
ППД – полупроводниковый детектор
ППП – полупроводниковый прибор
ПРО – противоракетная оборона
ПрР – проникающая радиация
ПРХБН – пост радиационного, химического и биологического наблюдения
ПУ – пункт управления
ПуСО – пункт специальной обработки
ПФ – поражающий фактор
РБ – радиационная безопасность
РБГ – радиоактивные благородные газы
РБМК – реактор большой мощности канальный
РБО – радиационно безопасная орбита
РВ – радиоактивные вещества
РЗМ – радиоактивное заражение (загрязнение) местности
РИ – рентгеновское излучение
РЛС – радиолокационная станция
РНП – радиационно наведенный потенциал
РОО – радиационно опасный объект
РП – регенеративный патрон
РПМ – радиопоглощающий материал
РПП – радиопоглощающее покрытие
РПУ – радиоприемное устройство
РПФ – радиационный поражающий фактор
РР – регламентированный ремонт
РС – радиационная стойкость

РСО – район специальной обработки
РТГ – радиоизотопный термоэлектрический (термоэмиссионный) генератор
РФЛ – радиофотолюминесценция
РХБ защита – радиационная, химическая и биологическая защита
РХБ наблюдение – радиационное, химическое и биологическое наблюдение
РХБ разведка – радиационная, химическая и биологическая разведка
РХБОО – радиационно, химически и биологически опасные объекты
РХ контроль – радиационный и химический контроль
РХОО – радиационно и химически опасные объекты
РХ разведка – радиационная и химическая разведка
РЭА – радиоэлектронная аппаратура
РЭБ – радиоэлектронная борьба
СВЧ оружие – сверхвысокочастотное оружие
СДП – самодегазирующее покрытие
СЗК – средства защиты кожи
СЗОД – средства защиты органов дыхания
СИЗ – средства индивидуальной защиты
СИКЗ – средства индивидуальной и коллективной защиты
СИЯВ – световое излучение ядерного взрыва
СКЗ – средства коллективной защиты
СО – специальная обработка
СОПИ – сопряженные области повышенной ионизации
СП – стартовая позиция
СПАЭС-88 – Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных электростанций
СР – средний ремонт
СУЗ – система управления и защиты
СФС – специальные фортификационные сооружения
СЭС – система электроснабжения
ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент
ТП – техническая позиция
ТР – текущий ремонт

ТЯР – термоядерная реакция
ФАВ – физиологически активные вещества
ФАТ – фактор активации тромбоцитов
ФОВ – фосфорорганические отравляющие вещества
ФП – фильтрующий противогаз
ФПС – фильтрующе-поглощающая система
ФЭУ – фотоэлектронный умножитель
ХБ – химический боеприпас
ХБП – химический боевой прибор
ХБЧР – химическая боевая часть тактической ракеты
ХИ – холодильник-излучатель
ХО – химическое оружие
ХОО – химически опасный объект
ЦНС – центральная нервная система
ЦПУ – центральный пункт управления
ЦРД – цепная реакция деления
ЧС – чрезвычайная ситуация
ЧСО – частичная специальная обработка
ЭБ – элементная база
ЭМИ – электромагнитный импульс
ЭМИ ГС – электромагнитный импульс, генерируемый в системе
ЭОД – эффективная остаточная доза
ЭРИ – электрорадиоизделие
ЭСЗ – электростатическая защита
ЯБП – ядерный боеприпас
ЯВ – ядерный взрыв
ЯВВ – ядерное взрывчатое вещество
ЯЗ – ядерный заряд
ЯО – ядерное оружие
ЯР – ядерный реактор
ЯРХБ – ядерная, радиационная и химическая безопасность
ЯХБО – ядерное, химическое и биологическое оружие
ЯЭУ – ядерная энергетическая установка

ПРЕДИСЛОВИЕ

Необходимость решения проблем защиты от современных и перспективных видов оружия возникла и существует одновременно с их появлением и развитием. Так, применение ядерного, химического и биологического оружия обусловило появление, соответственно, радиационных, химических и биологических поражающих факторов. Потенциальная опасность радиационных, химических и биологических объектов заставила задуматься о последствиях их воздействия на войска, прежде всего, в мирное время в случае возникновения масштабных аварий на этих объектах.

Возможное появление оружия на новых физических принципах делает актуальными вопросы защиты от воздействия его различных видов как в земных условиях, так и в космическом пространстве. Поэтому проблема защиты, которой занимаются многие военные учреждения и военно-учебные заведения, в широком плане превратилась в одну из важнейших проблем обеспечения требуемой живучести войск.

В учебнике в систематизированном виде излагаются как вопросы воздействия радиационных, химических и биологических поражающих факторов, так и различные аспекты защиты от них.

Учебник предназначен для курсантов Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Его основной целью является обеспечение подготовки выпускников академии к их практической деятельности по руководству подразделениями при выполнении поставленных задач в сложных условиях. С учетом специфики подготовки главное внимание уделено в нем боевым свойствам современных и перспективных видов оружия, способного оказать поражающее воздействие на личный состав и объекты наземной и орбитальной группировок Космических войск, а также принципам, способам и методам радиационной, химической и

биологической защиты войск и объектов в объеме, необходимом для понимания их теоретической и практической значимости и обеспечения живучести наземной и орбитальной группировок.

Авторы учебника попытались представить излагаемый материал по вопросам радиационной, химической и биологической защиты в виде, сочетающем современный уровень теоретических исследований защиты и его выраженную практическую направленность, необходимую для выпускника академии.

Учебник написан коллективом кафедры радиационной, химической и биологической защиты академии в составе: доктора военных наук профессора С.Б. Варющенко (общая редакция; введение; гл. 1 – 5; 7; 10 – 12); кандидата технических наук доцента П.Р. Гильванова (гл. 6 п.6.1, 6.3; гл. 9 п.9.2.1, 9.2.2); Д.Г. Колесова (гл. 22); кандидата технических наук А.А. Коротина (гл. 8; гл. 17 п.17.5); доктора военных наук профессора С.В. Косырева (общая редакция; введение; гл. 13 – 16; 20; 21; 23; 24); кандидата технических наук И.А. Матысика (гл. 17 – 19); кандидата технических наук А.Ф. Найданова (гл. 9 п.9.1.1 – 9.1.3); кандидата военных наук доцента И.В. Свитнева (гл. 3 п.3.1.3 – 3.1.6; гл. 21 п.21.9); доктора технических наук Л.Н. Сорокина (гл. 6 п.6.2; гл. 9 п.9.2.3, 9.2.4; гл. 11 п.11.3).

Авторы выражают глубокую благодарность заведующему кафедрой управления и защиты в чрезвычайных ситуациях ГОУ СПбГПУ доктору технических наук профессору В.И. Гуменюку; ведущему научному сотруднику военного учебно-научного центра ВМФ доктору технических наук профессору В.А. Ибадулаеву; коллективу кафедры радиационной, химической и биологической защиты Военной академии связи за их труд по рецензированию рукописи и ценные советы и замечания, которые были учтены при переиздании учебника; сотруднице кафедры радиационной, химической и биологической защиты ВКА имени А.Ф. Можайского Л.В. Ивановой за неоценимую помощь, оказанную ею при подготовке рукописи учебника к изданию.

ВВЕДЕНИЕ

Мировое развитие на современном этапе характеризуется ослаблением идеологической конфронтации, снижением уровня экономического, политического и военного влияния государств и союзов, многополярностью и глобализацией разнообразных процессов.

Однако, даже при общем положительном развитии международной обстановки существует ряд негативных факторов, влияние которых может привести к ее дестабилизации в отдельных регионах и в мире в целом. К числу таких факторов, создающих военную опасность для Российской Федерации, можно отнести:

– стремление наделить силовой потенциал НАТО глобальными функциями и приблизить его военную инфраструктуру к границам РФ, в том числе, путем расширения блока;

– попытки дестабилизировать обстановку в отдельных государствах и регионах с целью подрыва стратегической стабильности;

– создание и развертывание систем стратегической противоракетной обороны, подрывающих глобальную стабильность и нарушающих сложившийся паритет в ракетно-ядерной сфере, а также милитаризация космического пространства, развертывание стратегических неядерных систем высокоточного оружия;

– наличие (возникновение) очагов и эскалация вооруженных конфликтов на территориях государств, сопредельных с РФ и ее союзниками;

– рост сепаратизма и насильственного (религиозного) экстремизма в отдельных регионах, распространение международного терроризма.

При определенных условиях эти факторы могут явиться почвой для возникновения военных конфликтов с неизбежным вовлечением в них ведущих государств.

Сценарии развития подобных конфликтов не исключают возможности ограниченного или неограниченного применения ядерного оружия, что объясняется постоянным влиянием двух обстоятельств.

Первое из них определяется сохраняющимся в мире крупным арсеналом ядерных вооружений, остающихся в России и США основным средством вооруженной борьбы.

Второе обстоятельство связано с ростом числа государств, обладающих или стремящихся получить доступ к ядерному и ракетному оружию. Особую угрозу региональной и стратегической стабильности представляет возможность появления ядерного оружия в странах третьего мира, особенно с радикальными режимами, что создает предпосылки для возникновения и распространения ядерного терроризма. Так, уже создано или может быть создано в ближайшее время ядерное оружие в таких странах, как Израиль, Индия, Пакистан, Иран, Северная Корея.

Значение ядерного оружия на современном этапе обуславливают, по крайней мере, две причины.

1. Ядерное оружие остается мощным средством военно-политического давления, с одной стороны, и сдерживания, с другой, т.е. превращается в «гибкий» и «контролируемый» внешнеполитический инструмент.

Понимание роли ядерного оружия эволюционировало от обычного содержания, заключенного в слове «оружие», до понимания его как «оружие сдерживания противника от применения им аналогичного оружия». Основным назначением ядерного оружия в настоящее время является не ведение при помощи него войны, а предотвращение ее путем обеспечения возможности нанесения неприемлемого ущерба любому агрессору даже в самых сложных условиях ответных действий. При этом количественный уровень стратегических ядерных сил ограничивается сверху принципом оборонной достаточности, т.е. сдерживанием от развязывания ядерной войны (ядерный паритет), а снизу – возможностью нанесения противнику неприемлемого ущерба.

2. Стратегические ядерные силы являются показателем военно-технических возможностей государства, олицетворением его военной мощи.

Само по себе устройство ядерного оружия не представляет большого секрета, но для его изготовления (особенно в значитель-

ных количествах) необходимы не только огромные материальные ресурсы, но и соответствующий интеллектуальный уровень производства, а также новые, недоступные пока большинству стран, наукоемкие технологии. В то же время именно ядерное оружие способствовало быстрому научно-техническому прогрессу в таких областях как вычислительная техника и системы управления, сверхчистые материалы, технология высоких давлений и температур и т.д.

Именно по этим причинам не претерпели существенных изменений основные директивные документы по строительству вооруженных сил и стратегические концепции США, в которых попрежнему делается ставка на ядерное оружие. Взгляды военно-политического руководства США отражены в «Обзоре ядерной политики США», принятом Конгрессом США в 2002 г. В обзоре излагаются основы ядерной стратегии США на очередное десятилетие. Согласно новой ядерной политике, практически нет такой военной ситуации, в которой при необходимости США не смогли бы использовать ядерное оружие.

В России ядерное оружие как фактор обеспечения безопасности государства продолжает играть важную роль в политике и военной стратегии, что подтверждает утвержденная в феврале 2010 г. «Военная доктрина РФ». Согласно этому документу, ядерное оружие будет оставаться важным фактором предотвращения ядерных военных конфликтов и военных конфликтов с применением обычных средств поражения (региональной или крупномасштабной войн). В последнем случае, если под угрозу поставлен суверенитет государства, обладающего ядерным оружием, конфликт с применением обычных средств поражения может перерасти в ядерный военный конфликт.

Все вышесказанное предопределяет актуальность, роль и значимость ядерного оружия на современном этапе как наиболее мощного средства поражения. Оно было, есть и будет оставаться важнейшим фактором, определяющим военно-политическую обстановку в мире, несмотря на значительное сокращение его состава.

Рано сбрасывать со счетов и другие виды оружия массового поражения.

Несмотря на заключение договора о запрете и уничтожении химического оружия (1993), остается еще достаточно много нерешенных проблем.

Это, во-первых, материально-технические сложности, связанные с уничтожением запасов химического оружия; их ликвидация требует огромного количества финансовых средств и материальных ресурсов, так как производство отравляющих веществ намного дешевле уничтожения.

Во-вторых, большие трудности вызывает построение системы надежного контроля над производством отравляющих веществ, так как современные технологии создания бинарных боеприпасов предполагают использование для получения отравляющих веществ на этапе боевого применения нетоксичных компонентов, являющихся продуктами обычных химических производств.

И, наконец, вследствие своей относительной дешевизны и высокой боевой эффективности, химическое оружие привлекает самое пристальное внимание со стороны стран третьего мира. Его окрестили оружием «бедных». Поэтому, в отличие от ядерного, химическое оружие получило гораздо большее распространение. В настоящее время им обладает около 20 стран.

В 1972 г. большинством стран мира была подписана Конвенция о запрещении разработки, испытаний и производства биологического и токсинного оружия. Однако исследования в этой области продолжались, в том числе, и в странах «третьего мира». Биологическое оружие привлекает лидеров ряда стран, а также некоторых крупных международных террористических организаций своей дешевизной, относительной доступностью, простотой разработок и в то же время – высоким поражающим и сильным психологическим воздействием, о чем наглядно свидетельствуют события в США, произошедшие осенью 2001 г. (ажиотаж вокруг рассылки корреспонденции со спорами сибирской язвы).

Кроме того, как отмечено в «Военной доктрине РФ», военные действия в будущем могут характеризоваться возрастающим значением оружия на новых физических принципах (электромагнитного, лазерного, инфразвукового).

Развитие атомной энергетики и химической промышленности создает угрозу возникновения радиоактивного и химического заражения обширных территорий не только в случае применения оружия массового поражения, но и при возникновении крупномасштабных аварий: на предприятиях атомного топливного цикла (прежде всего на атомных электростанциях), предприятиях (объектах) химической и биологической промышленности в мирное время или разрушении их при ведении войны обычными средствами поражения. Именно по этой причине подобные предприятия выделены сейчас в особый класс – радиационно, химически и биологически опасных объектов. Результаты массовых преднамеренных разрушений этих объектов могут рассматриваться как альтернатива применения оружия массового поражения. Война по применяемым средствам будет считаться обычной, но складывающаяся радиационная, химическая и биологическая обстановка окажется ближе к обстановке, возникающей при применении оружия массового поражения.

Таким образом, появился новый оперативно-тактический фактор – радиоактивное, химическое и биологическое заражение местности при авариях (разрушениях) на потенциально опасных объектах, который в состоянии оказывать влияние на боеспособность войск как при ведении войны обычными средствами, так и в мирное время. Противодействие этому фактору и призвана обеспечить радиационная, химическая и биологическая защита, которая приобрела самостоятельное значение, выполняя двойную функцию:

– защиты в зонах радиоактивного, химического и биологического заражения при применении оружия массового поражения (традиционная функция в рамках общей защиты от оружия массового поражения);

– защиты в зонах загрязнения при авариях (разрушениях) на потенциально опасных объектах в мирное и военное время (новая и основная функция защиты в этих условиях).

Кроме того, одной из важных функций защиты на современном этапе является ликвидация последствий актов радиационного, химического и биологического терроризма.

Именно это обусловило выделение радиационной, химической и биологической защиты в новый, самостоятельный вид боевого обеспечения деятельности войск.

В руководящих документах МО РФ указывается, что Вооруженные силы должны быть способны выполнять поставленные задачи в любой обстановке, в том числе и в условиях применения оружия массового поражения, других современных средств поражения, а также аварий (разрушений) на потенциально опасных объектах. Особое внимание обращается на всестороннее боевое обеспечение войск, освоение новых способов повышения живучести военно-технических систем и объектов различного назначения.

Выпускники академии имени А.Ф. Можайского в войсках являются непосредственными организаторами подготовки подразделений к действиям и обеспечения выполнения поставленных задач в сложных условиях. Умение оценивать обстановку и принимать адекватное решение в любых ее условиях является одним из основных требований, предъявляемых к командирам (начальникам) всех степеней, и составляет основу их организаторской деятельности. Творческое решение организаторских задач по защите войск, безусловное и точное соблюдение требований уставов, наставлений и других боевых нормативных документов должны опираться на глубокие теоретические знания в области боевых свойств современных и перспективных видов оружия, методов и способов защиты от них и твердые практические навыки, обусловленные требованиями войск. Формирование этих знаний и привитие навыков и достигается при изучении дисциплины «Радиационная, химическая и биологическая защита».

Таким образом, **объектом** дисциплины является *боевая деятельность частей (подразделений)* Космических войск в условиях применения противником современных средств поражения или при возникновении экстремальных ситуаций, связанных с авариями (разрушениями) на радиационно, химически и биологически

опасных объектах. **Предметом** дисциплины являются *закономерности*, раскрывающие характер влияния оружия массового поражения, других видов оружия, аварий (разрушений) на потенциально опасных объектах на боевую деятельность войск и роль радиационной, химической и биологической защиты при обеспечении требуемого уровня боеспособности частей (подразделений), учитываемые в управленческой деятельности командиров (начальников) всех степеней.

Следовательно, основной **целью** изучения дисциплины является *подготовка командно-инженерных кадров для квалифицированного руководства организацией* и *осуществлением радиационной, химической и биологической защиты войск* как в мирное время, так и в боевой обстановке.

В соответствии с целевым назначением дисциплины настоящий учебник предназначен для углубленного и систематизированного ее изучения курсантами академии имени А.Ф. Можайского.

Учебник написан на основе обобщения опыта преподавания дисциплины, результатов научно-исследовательских работ, выполненных сотрудниками кафедры, требований приказов, наставлений и руководств, а также опыта организации и осуществления радиационной, химической и биологической защиты в частях Космических войск.

Учебник состоит из шести разделов.

Первый раздел посвящен изложению физико-технических основ ядерного оружия и его боевых свойств, определяющих воздействие на наземную и орбитальную группировки Космических войск.

Во *втором разделе* рассматриваются отдельные типы потенциальных средств поражения, предназначенных для воздействия на объекты (в земных условиях и в космическом пространстве) и относящихся к оружию на новых физических принципах.

В *третьем разделе* раскрывается современное состояние химического и биологического оружия с учетом заключенных международных соглашений по запрещению и уничтожению этих

видов оружия, а также перспективы создания и применения оружия несмертельного действия на основе химических и биологических рецептур.

В *четвертом разделе* приводятся общие сведения о зажигательном оружии, средствах и способах его боевого применения и о методах защиты от него.

В *пятом разделе* дана общая характеристика радиационно, химически и биологически опасных объектов, в том числе, радиационно и химически опасных объектов Космических войск; описывается характер масштабов и последствий аварий (разрушений) на них.

В *шестом разделе* излагаются в систематизированном виде вопросы, связанные с организацией и осуществлением радиационной, химической и биологической защиты в частях (подразделениях) Космических войск. Раскрываются цели, задачи и содержание мероприятий защиты с последовательным переходом к конкретике выполнения этих мероприятий. Раздел носит ярко выраженную практическую направленность.

Авторы учебника не претендуют на исчерпывающее изложение всех вопросов, знание которых необходимо для организации и осуществления мероприятий защиты в подразделении. Поэтому командиры подразделений в своей работе должны использовать дополнительную литературу по вопросам боевых свойств оружия массового поражения, зажигательного и новых видов оружия, по средствам и способам защиты в условиях радиоактивного, химического и биологического заражения.

Данное издание рекомендуется государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования – Общевойсковой академией Вооруженных Сил Российской Федерации в качестве учебника для курсантов Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, обучающихся по всем специальностям. Регистрационный номер рецензии 873 от 21 декабря 2009 г. ГУК МО РФ.



Проведение ядерных учений «Снежок» на Тоцком полигоне

РАЗДЕЛ I. ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ

Глава 1
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ, ЕГО СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Ядерное оружие (ЯО) – это оружие, поражающее действие которого обусловлено энергией, выделяющейся в результате взрывных ядерных реакций деления, синтеза или их комбинации.

Для понимания принципа действия ядерных боеприпасов и процессов формирования поражающих факторов ядерного взрыва необходимо изучить основные закономерности, определяющие условия практической реализации взрывных ядерных реакций.

1.1. Цепная реакция деления и ее использование в ядерных боеприпасах

1.1.1. Реакция деления, продукты реакции

Для осуществления реакции деления используют ядра сверхтяжелых элементов – некоторые изотопы урана ($_{92}U^{235}$, $_{92}U^{233}$, $_{92}U^{238}$) или плутония ($_{94}Pu^{239}$).

Деление – это распад сверхтяжелого ядра под действием нейтронов на два «осколка», которые являются ядрами более легких элементов, расположенных в средней части таблицы Д.И.Менделеева.

Теоретической основой реакции деления является капельная модель ядра. Основные предпосылки модели заключаются в следующем (рис.1.1).

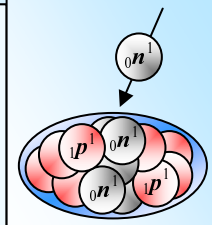
1 **Ядро в нормальном состоянии – (Я)**

Силы внутриядерного притяжения превышают силы кулоновского отталкивания протонов ($_1p^1$), входящих в состав ядра.



2 **Ядро в возбужденном состоянии – (Я*)**

Проникновение нейтрона ($_0n^1$) в ядро.
Возбуждение ядра
(изменение его формы: из сферы в эллипсоид).
Энергия возбуждения $E^* = E_{кин} + \varepsilon$,
где $E_{кин}$ – кинетическая энергия внешнего (падающего) нейтрона;
ε – энергия связи нейтронов в ядре.



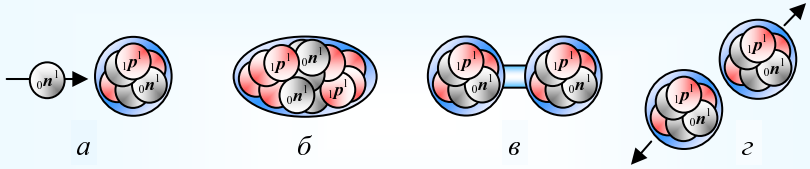
Далее процесс может развиваться по двум направлениям (3а, 3б):

3а $E^* < E_д$, где $E_д$ – ядерная константа (порог деления)

Деление возбужденного ядра не происходит
(обратимая деформация)



3б $E^* > E_д$, необратимая деформация (деление)



На стадии «*в*» кулоновские силы разрывают «перетяжку» между образовавшимися ядрами-осколками

Рис.1.1. Стадии процесса деления ядра

Ядра $_{92}U^{235}$, $_{92}U^{238}$, $_{92}Pu^{239}$ являются основными для практического осуществления реакции деления. Два из них ($_{92}U^{235}$, $_{92}U^{238}$) встречаются в природе (природный уран: $_{92}U^{238}$ – 99,3 %, $_{92}U^{235}$ – 0,7 %), а $_{94}Pu^{239}$ получают путем переработки $_{92}U^{238}$ в ядерных реакторах.

Для $_{92}U^{235}$ и $_{94}Pu^{239}$ энергия связи нейтрона в ядре $\varepsilon > E_д$, и эти ядра делятся при любой кинетической энергии нейтрона. Для природного урана $_{92}U^{238}$ $\varepsilon < E_д$, и он делится только быстрыми нейтронами ($E_{кин} > 1$ МэВ).

В общем виде реакцию деления записывают следующим образом:

$$U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow (U^{236})^* \rightarrow Я_1(A_1, Z_1) + Я_2(A_2, Z_2) + 2{}_0n^1 + \gamma + E_{дел},$$

где A_i, Z_i – массовое число и заряд i-го ядра-осколка, соответственно, i = 1,2.

Так как ядра-осколки имеют меньшую общую массу, чем исходное ядро урана или плутония, то реакция сопровождается выделением свободной энергии, эквивалентной дефекту массы и равной $E_{дел} \approx 200$ **МэВ/дел**. Эта величина называется **энергетическим эффектом (выходом)** реакции деления.

Продуктами реакции деления являются два ядра-осколка, мгновенные нейтроны и γ-кванты.

Ядра-осколки. При делении образуется более тридцати различных пар осколков преимущественно разной массы. Между заряженными положительно осколками возникает электростатическое отталкивание, и потенциальная энергия кулонова поля переходит в кинетическую энергию осколков. Они уносят около 85 % от $E_{дел}$, т.е. примерно 170 МэВ. Двигаясь в веществе ядерного заряда с огромной скоростью (v = 12000 км/с), осколки тратят свою энергию на ионизацию этого вещества, и их кинетическая энергия превращается в тепловую энергию среды.

После торможения (длина пробега – 6…10 мкм) осколки превращаются в нейтральные атомы, ядра которых наделены избытком нейтронов. Поэтому осколки претерпевают последовательно 3…6 β-распадов, сопровождающихся испусканием осколочного β-, γ-излучения; при этом изменяется состав продуктов деления по химическим элементам (рис.1.2).

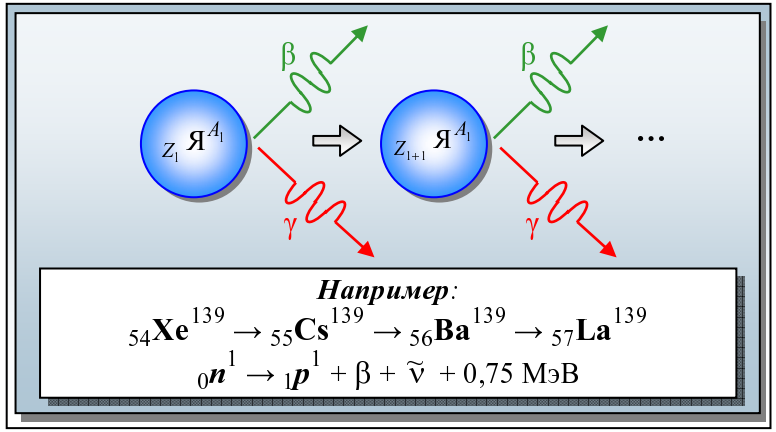


Рис.1.2. Бета-распад осколков деления

Выделяемая энергия распределяется между кинетической энергией β-частиц и энергией осколочных γ-квантов (около 8,5 % от 200 МэВ).

Мгновенные нейтроны и γ-кванты. Они испускаются в процессе реакции деления (через 10^{-14} секунд после деления ядра) и покидают зону реакции.

Важнейшим параметром, определяющим возможность последующих делений, является $\bar{\nu}$ – **среднее число нейтронов на одну реакцию**. Этот параметр зависит от типа ядер и для $_{92}U^{235}$ равен в среднем 2,5 дел$^{-1}$, для $_{94}Pu^{239}$ – 3,05 дел$^{-1}$.

Мгновенное излучение уносит около 6,5 % от $E_{дел}$.

Таким образом, энергия, высвобождаемая при делении, расходуется на кинетическую энергию **осколков** (85 %) и на энергию **ионизирующих излучений** (15 %). В дальнейшем в результате преобразования этой энергии образуются основные поражающие факторы ядерного взрыва.

1.1.2. Коэффициент развития цепной реакции деления, понятие критичности

Самоподдерживающая ядерная реакция деления, идущая без внешнего воздействия, называется **цепной реакцией деления** (ЦРД). Необходимое условие ее осуществления: $\bar{\nu} \geq 1$.

Схематически реакция изображается в виде разветвленной цепи (рис.1.3).

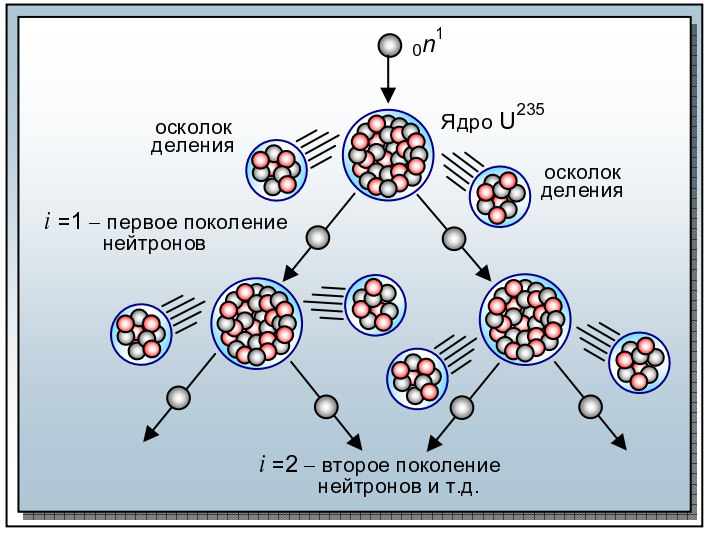


Рис.1.3. Развитие цепной реакции деления

Так как каждая новая цепь начинается одним нейтроном, то размножение цепей есть размножение нейтронов. Поэтому возможность протекания ЦРД характеризуется ***коэффициентом развития реакции*** (***коэффициентом размножения нейтронов***) $\boldsymbol{k}$, численно равным отношению количества свободных нейтронов n_i любого последующего поколения к количеству нейтронов предшествующего поколения во всем объеме делящегося вещества: $\boldsymbol{k = n_i / n_{i-1}}$.

Изменение числа нейтронов в процессе цепной реакции деления во времени в зависимости от величины k показано на рис.1.4.

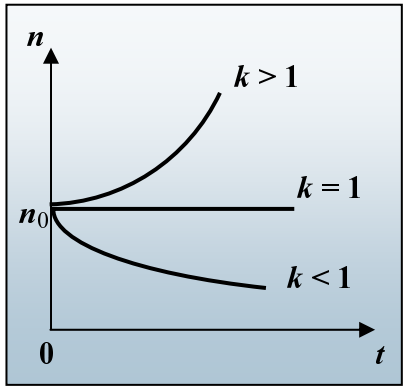


Рис.1.4. Изменение числа нейтронов во времени в процессе ЦРД

При $k = 1$ состояние вещества называется **критическим**, ЦРД идет с постоянной скоростью, при $k < 1$ – **подкритическим**, ЦРД быстро затухает. В **надкритическом** состоянии $k > 1$ и ЦРД лавинообразно нарастает. Так как свободные нейтроны космического фона всегда присутствуют в среде, а, кроме того, тяжелые ядра могут делиться самопроизвольно, испуская нейтроны, то при достижении состояния с $k > 1$ ЦРД начинается сама по себе и немедленно.

Обращение коэффициента развития ЦРД в единицу достигается **балансом** между размножением нейтронов и их потерями (рис.1.5).

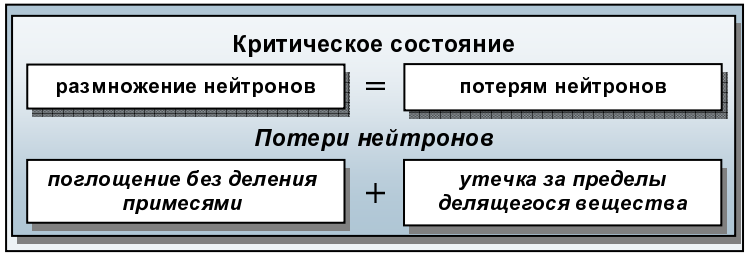


Рис.1.5. Состояние критичности и потери нейтронов

Исходя из рис.1.5, в делящемся веществе конечных размеров коэффициент развития реакции будет равен:

$$k = \bar{\nu} \cdot a \cdot p, \qquad (1.1)$$

где a – вероятность избежать поглощения нейтронов примесями в делящемся веществе; p – вероятность для нейтрона избежать утечки из зоны реакции.

Число образующихся нейтронов $\bar{\nu}$ пропорционально объему делящегося вещества V, утечка же их происходит через его поверхность S. Следовательно, для уменьшения утечки нейтронов необходимо сводить к минимуму величину отношения S/V. Значение этого отношения минимально для сферы, поэтому максимальные значения величин p и k будут у объема сферической формы.

Геометрические размеры, для которых $k = 1$, называют **критическими размерами** (для сферы – **критическим радиусом** $R_{кр}$).

Масса, соответствующая $R_{кр}$, называется **критической массой** $M_{кр}$. Это та наименьшая масса делящегося вещества, в которой возможно протекание незатухающей ЦРД.

Для $_{92}U^{235}$ $R_{кр} \approx 8{,}5$ см, $M_{кр} \approx 52$ кг; для $_{94}Pu^{239}$ $R_{кр} \approx$ $\approx 5{,}4$ см, $M_{кр} \approx 17$ кг.

1.1.3. Взрывная цепная реакция деления

Взрывная ЦРД – неуправляемая цепная реакция, для которой $k > 1$.

Эта реакция и реализуется в ядерных боеприпасах.

Для увеличения k в конечном сферическом объеме вещества ядерного заряда используют делящиеся при любых энергиях нейтронов U^{235} и Pu^{239} высокой очистки, поэтому $a \approx 1$, и для взрывной реакции любое взаимодействие нейтрона ведет к делению, т.е.:

$$k = \bar{\nu} \cdot p > 1. \qquad (1.2)$$

В среде из чистого делящегося материала период реакции (длительность одного нейтронного цикла ЦРД) $\tau \approx 10^{-8}$ с, и уже при $k = 1{,}1$ один начальный нейтрон через $t = 6$ мкс порождает 10^{26} нейтронов (одно деление – 10^{26} делений), что говорит о практически мгновенном энерговыделении, которое и являет собой ядерный взрыв.

Энергия взрыва накапливается в среднем за $m = (53\ldots58)$ поколений (нейтронных циклов). При этом общая продолжительность ЦРД составляет $t_{ЦРД} = m \cdot \tau \approx (53\ldots58) \cdot 10^{-8}$ с, т.е. около 1 мкс (примерно 0,6 мкс).

Масса делящегося вещества, необходимая для осуществления взрывной ЦРД, должна превышать критическую, т.е. должна быть равна:

$$M_в = M_{кр} + \Delta M, \qquad (1.3)$$

где ΔM – добавочная масса, деление которой обуславливает величину мощности взрыва; $M_в$ – общая масса делящегося вещества в ЯБП.

1.2. Термоядерные реакции и их использование в термоядерных боеприпасах

Термоядерная реакция (ТЯР) – это реакция синтеза (слияния) легких ядер, протекающая при сверхвысоких температурах ($T = 10^7 \ldots 10^9$ К).

Для того, чтобы *сблизить два ядра* с зарядами Z_1, Z_2 и радиусами r_1, r_2 на расстояние $r = r_1 + r_2$, где начинают действовать внутриядерные силы притяжения, необходимо *преодолеть кулоновский*

потенциальный барьер. Этот барьер обусловлен наличием сил кулоновского отталкивания $F_к$. Для преодоления барьера следует *совершить работу* $U_б = F_к \cdot r$. Учитывая, что радиус ядра-сферы пропорционален ее массе ($r \sim A^{1/3}$), получим с точностью до констант выражение для *высоты барьера* (рис.1.6):

$$U_б \approx \frac{Z_1 \cdot Z_2 \cdot e^2}{r^2} r \approx \frac{Z_1 \cdot Z_2}{(A_1^{1/3} + A_2^{1/3}) \cdot r}, \qquad (1.4)$$

где e – заряд электрона.

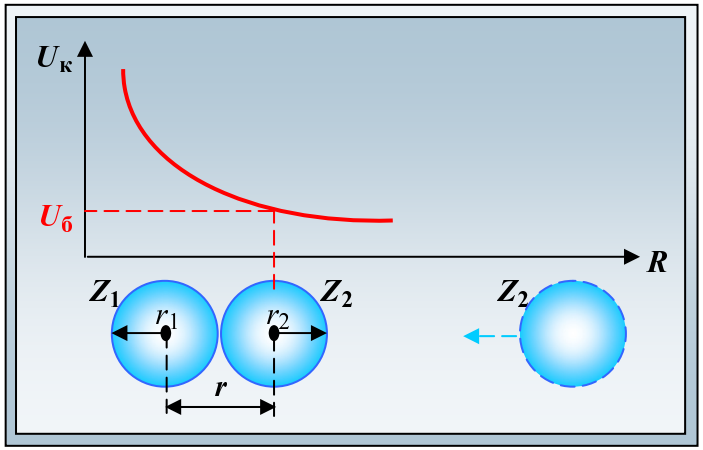


Рис.1.6. Кулоновский барьер

Для преодоления барьера ядрам необходимо сообщить кинетическую энергию, превышающую его высоту, т.е. $E^*_{кин} \geq U_б$. Отсюда, с учетом выражения (1.4), следует, что кинетическая энергия, достаточная для совершения работы против сил кулоновского отталкивания, будет минимальной у легких ядер (для ядер (протонов) водорода $E^*_{кин} = 0{,}5\ldots1{,}0$ МэВ, а для ядер урана – $E^*_{кин} = 25$ МэВ).

В обычных условиях ядра с энергией $E_{кин} > E^*_{кин}$, достаточной для осуществления реакции синтеза, стремительно тратят свою энергию на ионизацию атомов среды и, в итоге, останавливаются, превращаясь в нейтральные атомы. Процесс этот происходит чрезвычайно быстро. Например, ядра водорода с энергией $E_{кин} = 10$ МэВ в воде уже через $2 \cdot 10^{-11}$ с превращаются в остановившиеся ядра водорода. Поэтому даже при $T = 10^7$ К они не успевают вступить в реакцию синтеза.

Чтобы разрушить электронную оболочку атомов и сообщить ядрам достаточную для слияния кинетическую энергию, вещество из синтезирующихся ядер необходимо нагревать до температуры, определяемой из известного соотношения:

$$E^*_{кин} = \frac{3}{2} \kappa_1 \cdot T, \qquad (1.5)$$

где κ_1 – постоянная Больцмана; T – температура, К.

Формулы (1.4) и (1.5) позволяют с точностью до постоянной c установить взаимосвязь между температурой инициирования ТЯР и параметрами реагирующих ядер:

$$T = \frac{2}{3} \frac{E^*_{кин}}{\kappa_1} > c \frac{Z_1 \cdot Z_2}{(A_1^{1/3} + A_2^{1/3})}. \qquad (1.6)$$

Отсюда следует:

1. Минимальная температура T_{min} необходима для ядер с минимальными зарядами Z.
2. При данном Z нужно использовать изотопы с бóльшими атомными массами A.

Расчеты показывают, что величина $T_{min} = 10^7 \ldots 10^9$ К достаточна для протекания целого ряда ТЯР с ядрами изотопов водорода (дейтерия ${}_1H^2$, трития ${}_1H^3$), лития (${}_3Li^6$, ${}_3Li^7$) и ряда других элементов. С созданием ядерных боеприпасов на делении оказа-

лось возможным получить подобные температуры в земных условиях. Это открыло путь для инициирования искусственных ТЯР путем «поджога» термоядерной «горючей смеси» ядерным запалом.

Так как взрывная ЦРД продолжается в течение времени около 1 мкс, то в качестве искусственных ТЯР должны быть выбраны такие реакции, длительность которых (t_c) также не превышает этого значения. Изучение характеристик возможных ТЯР показывает, что только одна реакция может быть непосредственно инициирована атомным взрывом – это реакция между дейтерием и тритием:

$$_1H^2 + {}_1H^3 \longrightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1 + E_c .$$

Поэтому данная реакция и является основной для осуществления взрывного синтеза. Выделяемая при этом энергия E_c = = 17,6 МэВ называется **энергетическим эффектом (выходом)** реакции и распределяется между нейтроном ($E_{_0n^1}$ = 14 МэВ) и ядром атома гелия ($E_{кин}$ = 3,6 МэВ).

Удельная энергия, т.е. выход энергии на единицу массы реагирующих веществ, для реакции синтеза (δE_c = 17,6/5 = = 3,5 МэВ/г) превышает удельный выход реакции деления ($\delta E_{дел}$ = 200/236 = 0,8 МэВ/г).

В процессе взрывной ТЯР одновременно с высвобождением энергии в конечном объеме синтезирующихся ядер происходит ее потеря за счет лучеиспускания с поверхности этого объема, что ведет к уменьшению температуры T и затуханию реакции. В сфере из легких ядер выделившаяся энергия $W_{выд}$ (МэВ) будет равна:

$$W_{выд} = \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot E_{CV} \cdot t_c , \qquad (1.7)$$

где E_{CV} – скорость энерговыделения (количество энергии, выделяющейся в единице объема за единицу времени), МэВ·см$^{-3}$·с$^{-1}$; R – радиус объема реагирующей смеси.

Отвод энергии в пространство равен:

$$W_{изл} = 4\pi R^2 \cdot \sigma' \cdot T^4 , \qquad (1.8)$$

где σ' – постоянная Стефана-Больцмана.

Для протекания взрывной ТЯР $W_{выд}$ должна быть больше $W_{изл}$ и, следовательно, R должен быть не менее:

$$R \geq \frac{3\sigma' \cdot T^4}{E_{CV} \cdot t_c} \geq \text{const} \frac{T^4}{E_{CV}} . \qquad (1.9)$$

Соотношение (1.9) устанавливает взаимосвязь между объемом (размером) зоны реакции, температурой синтеза и скоростью энерговыделения.

Температура, при которой устанавливается равенство энерговыделения и энергопотерь, называется **предельной** – $T_{пр}$.

Очевидно, что процесс синтеза в термоядерном заряде будет носить взрывной характер, если за время ТЯР объем реагирующих ядер будет нагрет до этой температуры. Это свидетельствует о том, что

понятия «критической массы» для ТЯР не существует, и ее характер зависит только от скорости энерговыделения и достигаемой при этом температуры $T \geq T_{пр}$.

Так как отношение объема, в котором происходит энерговыделение, к его поверхности тем больше, чем больше радиус сферы, то для поддержания заданной температуры $T_{пр}$ в веществе меньшего объема требуется бóльшая скорость тепловыделения, и наоборот (1.9). Следовательно, значение $T_{пр}$ не постоянно и зависит, в основном, от состава ядер и величины объема термоядерной смеси. Для выбранного объема этой смеси поддержание заданной температуры $T_{пр}$ обеспечивается подбором мощности ядерного запала.

1.3. Ядерные боеприпасы, их основные характеристики и принципы устройства

1.3.1. Основные характеристики ядерных боеприпасов

Устройства, в которых непосредственно осуществляются взрывные процессы деления и синтеза, называются **ядерными зарядами** (ЯЗ) или ядерными зарядными устройствами (ЯЗУ).

В состав ЯЗ входят сборка ядерных и неядерных взрывчатых материалов, а также узлы и элементы, обеспечивающие протекание взрывных процессов. Ядерный заряд является основным конструктивным элементом ядерного боеприпаса.

Ядерный боеприпас (ЯБП) – это устройство, предназначенное для доставки ЯЗ к объекту(ам) и воздействия по нему (ним).

На практике часто отождествляют ЯЗ и ЯБП, считая эти термины синонимами и относя характеристики ЯЗ к ЯБП в целом.

Основными характеристиками ЯЗ (в дальнейшем ЯБП) являются его *мощность* и *вид взрывной реакции*, используемой в нем.

Мощность ЯБП (ядерного взрыва) – это полное количество энергии, выделившееся при протекании взрывных ядерных реакций и затрачиваемое на формирование поражающих факторов (ПФ) ядерного взрыва (ЯВ).

Обычно мощность количественно определяют в эквивалентах тротила – наиболее распространенного взрывчатого вещества (ВВ), обозначая ее символом q. Данная величина называется *тротиловым эквивалентом* и измеряется в тоннах или в кратных, более крупных единицах: килотоннах (кт), мегатоннах (Мт); 1 Мт = 10^3 кт = 10^6 т.

Тротиловым эквивалентом называется масса такого заряда тротила, энергия взрыва которого равна энергии, выделившейся при ЯВ данного ЯБП.

В настоящее время диапазон мощностей современных ЯБП условно делят на 5 поддиапазонов (рис.1.7):

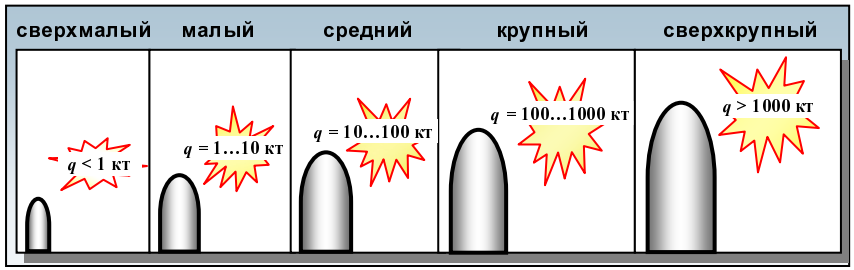


Рис.1.7. Поддиапазоны мощностей современных ЯБП

Тротиловый эквивалент 1 кг U^{235} равен $q' = 20$ кт и, следовательно, связь мощности ЯБП и массы урана имеет вид: $M_{235} = \frac{q}{q'} = 0{,}05q$, где M_{235} – в кг, q – в кт.

Тротиловый эквивалент 1 кг дейтерия равен 57 кт.

В зависимости от *вида* используемой *взрывной ядерной реакции* ЯБП подразделяют на **атомные**, **термоядерные** и **комбинированные**. Количественной характеристикой принадлежности к каждому классу ЯБП является **коэффициент термоядерности** β, который характеризует долю энергии ЯВ, выделяющуюся в результате реакции синтеза, т.е.:

$$\beta = \left(1 - \frac{q_{\text{дел}}}{q}\right), \qquad (1.10)$$

где $q_{\text{дел}}$ – мощность, обусловленная реакцией деления; q – общая мощность ЯБП.

В **атомных ЯБП** основное энерговыделение обусловлено протеканием взрывной ЦРД. Поэтому их называют ЯБП типа «Д» (**деление**). Для них $q_{\text{дел}} = q$ и $\beta = 0$. Следовательно, **вся** выделившаяся в процессе ЦРД **энергия** идет на формирование ПФ.

Принцип действия атомного ЯБП можно представить в виде схемы, отображенной на рис.1.8.

Мощность атомного ЯБП физически ограничена из-за существования критической массы и не превышает десятков кт.

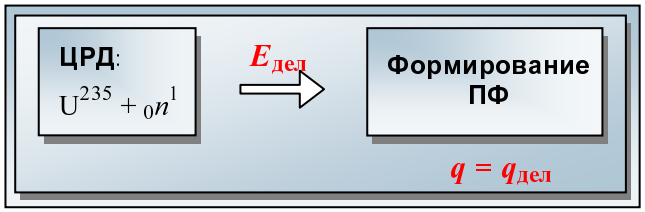


Рис.1.8. Принцип действия атомного ЯБП

В **термоядерных ЯБП** основное энерговыделение обусловлено реакцией синтеза, а атомный заряд используется для инициирования этой реакции. Для них $\beta \approx 0{,}95$. Принцип действия термоядерного ЯБП представлен на рис.1.9.

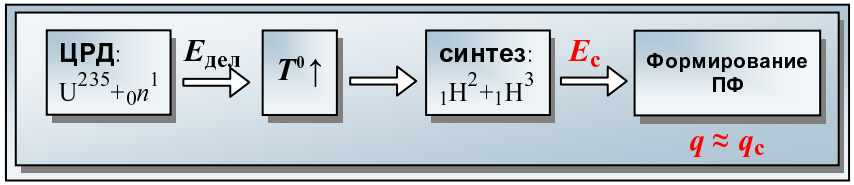


Рис.1.9. Принцип действия термоядерного ЯБП

Как видно, взрывные процессы идут по схеме «**деление-синтез**», поэтому такие ЯБП называют *боеприпасами типа* «**ДС**». Мощность термоядерного боеприпаса теоретически сверху не ограничена, однако объем прореагировавших ядер зависит от длительности ЦРД, и потому существующая мощность данных ЯБП не превышает единиц мегатонн.

Практически неограниченную мощность можно получить, используя схему **комбинированного боеприпаса**. В таком ЯБП дополнительно осуществляют третью стадию взрывного процесса – деление природного ${}_{92}U^{238}$. Деление этих ядер производят

нейтроны, образующиеся в реакции синтеза, так что взрывной процесс идет через три стадии «**деление-синтез-деление**» (ЯБП типа «**ДСД**»). Схема процесса отражена на рис.1.10.

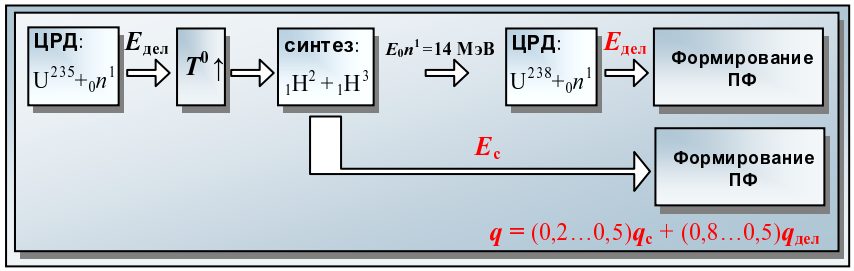


Рис.1.10. Принцип действия комбинированного ЯБП

Вследствие порогового характера деления ${}_{92}U^{238}$ не имеет критической массы, и увеличение мощности ЯБП за счет третьей стадии ограничивается только конструктивными и эксплуатационными соображениями (военная целесообразность, возможности носителей и т.д.). Мощность ЯБП «ДСД» может достигать нескольких десятков мегатонн.

1.3.2. Принципы устройства ядерных боеприпасов

Атомные заряды (типа «**Д**»).

Конструктивные особенности атомного заряда типа «Д» полностью определяются необходимостью повышения его эффективности, которая, в первую очередь, зависит от *коэффициента использования ядерного взрывчатого вещества* (ЯВВ).

Этот коэффициент равен:

$$\eta = \frac{\Delta M(q)}{M_{кр} + \Delta M(q)}, \qquad (1.11)$$

где $\Delta M(q)$ – масса урана (плутония), деление которой обуславливает заданную мощность ЯБП.

Из (1.11) следует, что для увеличения η при сохранении заданной мощности необходимо уменьшать $M_{кр}$, что достигается при помощи:

– выбора способа перевода ЯВВ в надкритическое состояние для «запуска» цепной реакции;

– использования оболочки-отражателя нейтронов;

– применения дополнительного источника нейтронов.

Способы перевода ЯВВ в **надкритическое состояние**, используемые в современных ЯБП, показаны на рис.1.11.

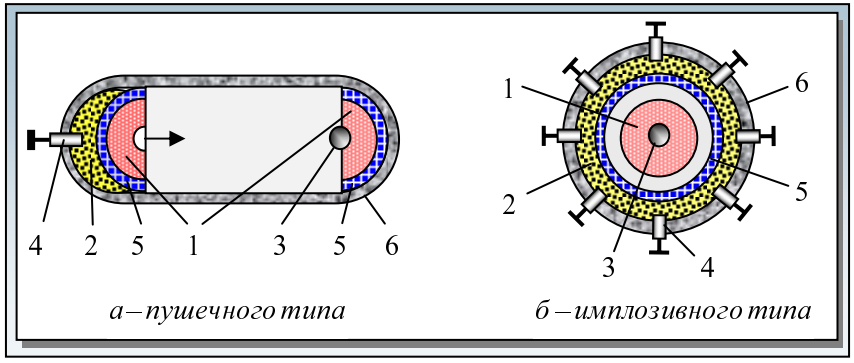


Рис.1.11. Способы создания надкритичности в ЯБП:
1 – ЯВВ в подкритическом состоянии; 2 – заряд ВВ;
3 – нейтронный источник; 4 – электродетонатор;
5 – отражатель нейтронов; 6 – корпус ЯБП

Схема ***пушечного типа*** (рис.1.11,*а*) является наиболее простой. Заряд ЯВВ, окруженный отражателем нейтронов, разделен на две подкритические массы. Быстрое сближение этих масс и их соединение в надкритическую происходит при помощи обычного ВВ «выстрелом в ствол пушки».

Получение расчетной мощности взрыва в таком ЯБП в сильной степени зависит от скорости сближения частей ЯВВ. Так как для создания необходимой скорости в ЯБП большой мощности требуется значительная масса ВВ, то подобная схема находит применение только в ЯБП малой мощности.



ЯБП имплозивного типа

В ЯБП ***имплозивного типа*** (рис.1.11,*б*) используется метод имплозии – направленной к центру сферы сферической волны взрыва ВВ. При этом перевод подкритической массы ЯВВ в надкритическое состояние достигается путем увеличения плотности ЯВВ за счет его всестороннего обжатия. Это позволяет увеличить плотность ЯВВ в 2…3 раза, что обеспечивает существенное снижение $M_{кр}$ и увеличение коэффициента использования по сравнению с ЯБП пушечного типа при общей равной массе ЯВВ. Сферически симметричный взрыв обеспечивают при помощи системы микросекундных электродетонаторов. В результате мощность ЯБП имплозивного типа может составлять несколько сотен килотонн.

Оболочка – отражатель нейтронов окружает массу ЯВВ. Оболочка предназначена для уменьшения утечки нейтронов в момент протекания ЦРД, чем достигается увеличение вероятности избежать утечки p и коэффициента развития реакции k (выр.1.2). Такую оболочку изготавливают обычно из металлов высокой плотности, хорошо отражающих, но слабо поглощающих нейтроны (вольфрам, природный уран, сталь).

Искусственный источник нейтронов предназначен для введения в зону ЦРД в заданный момент времени дополнительного количества нейтронов. Как только в ЯВВ начинается ЦРД, сразу же повышаются температура и давление и появляются силы, стремящиеся разбросать ЯВВ. Плотность его уменьшается и критическая масса возрастает, что может привести к прекращению реакции. Чтобы бóльшая часть ЯВВ успела прореагировать до разлета, через несколько циклов после начала ЦРД в зону реакции и вводятся дополнительные нейтроны, чем достигается фактически увеличение числа центров деления n_0.

Термоядерные заряды (типа «**ДС**»).

В качестве детонатора реакции синтеза в термоядерном заряде используется атомный заряд.

Применение в качестве термоядерной смеси ядер дейтерия и трития в чистом виде (см. запись реакции синтеза) затруднено тем, что тритий – это радиоактивный газ (β-распад с периодом

полураспада около 12 лет), что исключает возможность создания его запасов для длительного хранения. В природе трития практически нет, его получают в ядерных реакторах, что связано в итоге с его очень высокой стоимостью. Поэтому в качестве исходной смеси для осуществления реакции синтеза используют твердое соединение дейтерия – дейтерид лития (LiH, ρ = 0,85 г/см^3). Это позволяет ***непосредственно в процессе взрыва*** произвести некоторое количество трития по схеме:

$$_6Li^6 + _0n^1 \longrightarrow {}_1H^3 + {}_2He^4$$

В ядерной реакции с литием участвуют мгновенные нейтроны, образовавшиеся при протекании ЦРД в атомном детонаторе. При температуре около 10^7 К тритий вступает в реакцию синтеза с дейтерием:

$$_1H^3 + {}_1H^2 \longrightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1 \ (E_{_0n^1} = 14 \text{ МэВ})$$

В дальнейшем эта реакция является источником основного энерговыделения термоядерного взрыва.

Конструктивно термоядерный заряд состоит из атомного детонатора и расположенного рядом или внутри него термоядерного компонента (рис.1.12). Рентгеновское излучение плазмы от атомного заряда превращается в энергию сжатия и «воспламенения» этого компонента.

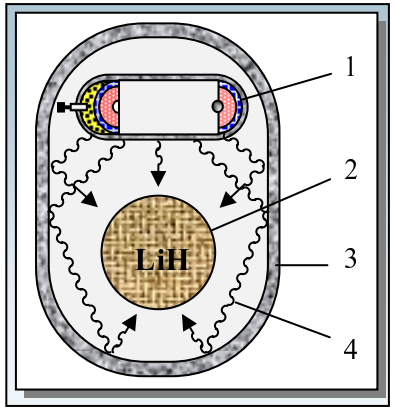


Рис.1.12. Схема термоядерного заряда: 1 – атомный детонатор; 2 – заряд для реакции синтеза; 3 – корпус заряда; 4 – кванты рентгеновского излучения

Комбинированные заряды (типа «**ДСД**»).

Увеличение эффективности термоядерного заряда достигают путем изготовления его корпуса из природного $_{92}U^{238}$, который способен делиться под действием сверхбыстрых термоядерных нейтронов с $E_{_0n^1} = 14$ МэВ. В результате осуществляется третья стадия взрывного процесса – реакция деления природного урана, в процессе которой происходит основное энерговыделение взрыва боеприпаса данного типа.

1.4. Современное состояние и направления развития ядерного оружия

Практическая разработка изложенных выше принципов использования взрывных ядерных реакций привела к созданию в 1945…60 гг. ядерного оружия **первого поколения** (ЯО–I), включающего ЯЗ всех рассмотренных выше типов во всем диапазоне мощностей. В этот период были разработаны ЯБП для более чем 75-ти различных видов вооружений: от ядерных фугасов до головных частей межконтинентальных баллистических ракет (МБР), которые появились в шестидесятые годы.

В течение последующих лет, вплоть до 80-х годов, продолжался количественный рост арсенала ЯО, и шло совершенствование характеристик ЯБП. В эти же годы были созданы стратегические, оперативно-тактические и тактические системы ЯО.

Совершенствование ЯО–I велось по ***трем основным направлениям***:

- получение оптимальных массогабаритных характеристик;
- получение оптимального соотношения «мощность-точность»;
- обеспечение высокой неуязвимости головных частей (ГЧ) при преодолении противоракетной обороны (ПРО).

Общим для всего ЯО–I является:

1. Распределение энергии взрыва между ПФ в соответствии с ее теоретическим распределением между продуктами реакций деления или синтеза, т.е. *нерегулируемый выход энергии*.

2. Распространение энергии взрыва в пространстве *сферически изотропно*.

3. С учетом взглядов на применение ЯО, диапазона свойственных ему мощностей и многообразия ПФ, *безусловная принадлежность* ЯО–I к оружию массового поражения (в отличие от последующих поколений ЯО).

Таким образом, современный **ЯБП первого поколения** – это малогабаритный, компактный боеприпас в широком диапазоне используемых мощностей, с высокой точностью наведения на цель и повышенной неуязвимостью при преодолении ПРО.

Применению ЯО сопутствует появление самых разнообразных ПФ: механических, тепловых, электромагнитных, радиационных, которые могут оказать значительное воздействие как на объекты, подлежащие выводу из строя, так и на население, окружающую среду и даже на собственные объекты. Стремление избежать этого, сделать ЯО более гибким, пригодным для избирательного поражения боевых систем или объектов различного военного назначения при ограничении так называемых «побочных» эффектов, привело к качественному совершенствованию, прежде всего, тактических систем ЯО. Это выразилось в создании на рубеже 80-х годов ЯО **второго поколения** (ЯО–II).

Главная цель создания ЯО–II – обеспечить гарантированное избирательное поражение тех или иных военных систем (объектов) при ограничении побочных воздействий на окружающую среду и гражданское население.

Особенностями ЯО–II являются:

• избирательный характер поражающего действия, связанный с управляемым выходом энергии ЯВ, т.е. перераспределением ее между отдельными ПФ;

• диапазон мощностей ограничен малым и сверхмалым поддиапазонами (q = 1…10 кт), что позволяет снизить сопутствующее воздействие ударной волны и светового излучения, а также ограничить масштабы радиоактивного заражения местности;

• распределение энергии взрыва в пространстве остается сферически симметричным.

Первым представителем ЯО–II явился **нейтронный боеприпас**, разработка которого в США длилась около 15 лет (1958...1973) и завершилась принятием на вооружение в 1975 г. Данный боеприпас по своему назначению относится к тактическому ЯО (q = 1 кт – артиллерийские снаряды 155 и 203 мм; q = 10 кт – боевая часть оперативно-тактической ракеты). Позднее такой ЯБП был создан в России, а в 1988 г. – в Китае (q = 1...5 кт).

Основное боевое назначение нейтронного ЯБП – поражение живой силы, находящейся на открытой местности или в бронированных объектах, интенсивным нейтронным потоком.

Физическим основанием нейтронного ЯБП является использование *взрывной реакции синтеза в ЯБП малой и сверхмалой мощности*, в которой до минимума сведена доля энергии, выделяемой атомным детонатором. Выход нейтронов в реакции синтеза на одно и то же количество выделяющейся энергии примерно на порядок превышает выход нейтронов в процессе ЦРД (реакция синтеза – на 17,6 МэВ выделяется один нейтрон с E_n = 14 МэВ; ЦРД – на 200 МэВ наружу выходит 1,5 нейтрона, E_n = 2 МэВ).

Теоретически на нейтронную компоненту приходится около 80 % энергии взрыва. На практике распределение энергии между ПФ будет зависеть от соотношения реакций «деление-синтез» и может составлять до 40…50 % на проникающую радиацию (5 % у обычного атомного боеприпаса). Поэтому нейтронный боеприпас называют *боеприпасом или оружием повышенной радиации*.

При взрыве нейтронного ЯБП выход нейтронов примерно на порядок выше, чем у обычного атомного заряда той же мощности, а радиус поражения личного состава примерно в 1,5…2 раза

больше. В то же время радиусы поражения сооружений и объектов ударной волной уменьшаются в несколько раз.

Другим представителем ЯО–II является **боеприпас с повышенным выходом электромагнитного излучения**. Он предназначается для подавления функционирования систем управления, связи, электроснабжения, а также различных радиотехнических систем.

При подрыве подобных боеприпасов в результате взаимодействия мгновенных γ-квантов деления с молекулами воздуха генерируется электромагнитное излучение в диапазоне радиочастот вследствие образования радиального тока электронов. Следовательно, такие боеприпасы – это *боеприпасы типа «Д» мощностью 5…10 кт*, в которых в результате специальных технологических и конструктивных решений увеличен выход мгновенных γ-квантов деления.

Особенно эффективно применение таких ЯБП на высотах $H \geq 80…100$ км, так как приводит к увеличению протяженности зоны действия электромагнитного излучения на поверхности земли до нескольких тысяч километров. При этом полностью исчезает воздействие всех остальных ПФ.

В отличие от рассмотренных, **ЯБП с увеличенной долей энергии на ударную волну** имеет мощность в диапазоне 10…100 кт. Выбор условий применения позволяет свести к минимуму долю энергии на другие ПФ. К таким ЯБП относится, так называемый, **самозаглубляющийся** или **проникающий** (*penetration*), **боеприпас**, испытанный в США в 1980 г. Боеприпас способен проникать в грунт на глубину до нескольких десятков метров, что достигается при помощи его аэродинамических свойств, специального наконечника и корпуса из тантала сверхвысокой чистоты; использования специальных переключателей, исключающих возможность срабатывания электронных узлов при ударе с ускорением около $10g$. Боеприпас снаряжен нечувствительным бризантным ВВ, что позволяет осуществлять контактный взрыв с замедлением.

Боеприпас предназначается для поражения специальных фортификационных сооружений подземного типа с высокой степенью защиты, гидротехнических сооружений и т.п.

Таким образом, **физическую основу ЯО–II** принципиально образуют взрывные реакции деления и синтеза, которые используются и в ЯО–I; **управляемый выход энергии** ЯВ осуществляется за счет применения конструктивных и технологических принципов построения ЯБП, а также путем выбора условий его применения.

Учитывая назначение ЯО–II (избирательное поражение военно-технических систем при ограничении побочного ущерба), не все его виды могут быть безоговорочно отнесены к оружию массового поражения (ОМП).

Процесс совершенствования существующих и создания новых видов оружия непрерывен. Это относится и к ЯО. Поэтому следующим естественным шагом в этом направлении явилась разработка идеи по осуществлению **направленной транспортировки энергии**, идущей на образование того или иного ПФ. При равенстве общей выделяемой энергии ее пространственная направленность позволяет повысить плотность потока энергии и тем самым увеличить эффективность поражения объектов. Практическая реализация этой идеи потребовала разработки принципиально **новых физических методов генерации энергии** в сочетании с использованием уже ставших традиционными процессов деления и синтеза. Поэтому оружие подобного типа условно можно назвать ЯО–III (условно, так как роль процессов деления и синтеза в нем существенно изменяется). С этой точки зрения целесообразно рассмотреть некоторые виды ЯО–III в рамках отдельной совокупности средств и методов, которые получили название «**оружие на новых физических принципах**».

Глава 2
РАЗВИТИЕ ВОЗДУШНОГО (НАЗЕМНОГО) ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА И ФОРМИРОВАНИЕ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ

2.1. Общая характеристика ядерного взрыва

Взрывом называется процесс, при котором в ограниченном объеме за очень короткий промежуток времени выделяется большое количество энергии.

Для **обычного** взрыва этот промежуток составляет около 1 мс, для **ядерного** – 1 мкс. При этом концентрация энергии в зоне реакции обычного взрыва может достигать 10^3 Дж/см^3, а для ЯВ – около 10^{10} Дж/см^3, т.е. примерно в 10^7 раз больше.

От концентрации энергии зависят температура и давление в зоне реакции, которые по порядку величин равны: для ЯВ – $T \approx 10^6 \ldots 10^7$ К, $p \approx 10^{10}$ кгс/см^2; для тротила – $T \approx 10^3$ К, $p \approx \approx 10^5$ кгс/см^2). Эта столь существенная разница предопределяет различия, которые существуют между обычными и ядерными взрывами в механизме передачи энергии взрыва внешней среде.

Если при взрыве **обычных** ВВ она передается в окружающее пространство главным образом путем *газодинамического расширения и сжатия среды* (через ударную волну), то при **ЯВ** основным становится механизм передачи путем *лучеиспускания*. Высокая концентрация энергии в объеме зоны реакции приводит к тому, что в течение долей микросекунды все конструкционные материалы боеприпаса превращаются в сильно ионизированный газ – горячую сверхплотную плазму, испускающую в окружающую среду интенсивный поток рентгеновского излучения. Дальнейшее преобразование энергии данного вида излучения зависит от свойств *среды*, в которой произведен взрыв.

Различают следующие **виды ЯВ** (рис.2.1):

- в грунте (воде) – подземный (подводный) взрыв;
- на поверхности земли (воды) – наземный (надводный) взрыв;
- в нижних слоях атмосферы (до 10 км) – воздушный взрыв;
- в разреженной атмосфере – высотный взрыв;
- в вакууме (близко к вакууму) – космический взрыв.

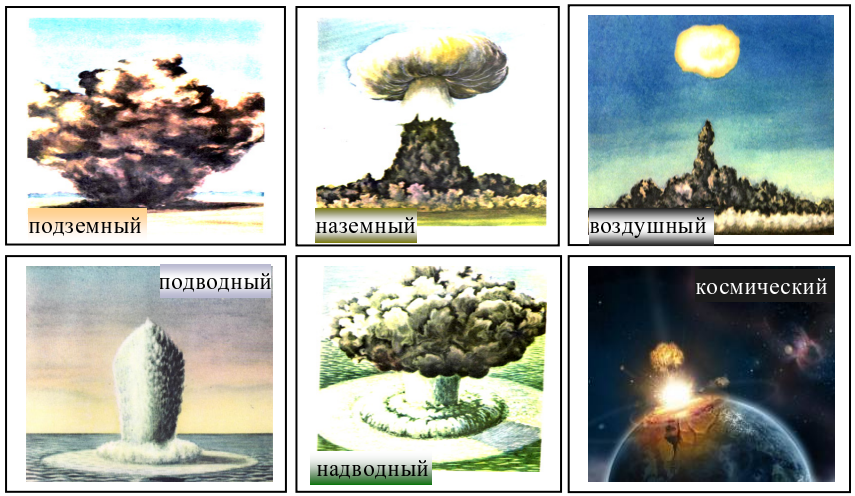


Рис.2.1. Виды ядерных взрывов

Каждый вид взрыва генерирует определенную совокупность поражающих факторов.

Поражающими факторами ЯВ называют физические явления или процессы, возникающие при взрыве и оказывающие поражающее воздействие на объекты, людей и окружающую природную среду.

Данное воздействие может иметь термомеханический, радиационный или электромагнитный характер.

2.2. Развитие воздушного ядерного взрыва и формирование поражающих факторов

В наиболее полной форме закономерности преобразования энергии взрыва проявляются при ЯВ в плотных слоях атмосферы. Поэтому в данном параграфе рассматриваются явления и процессы, характерные для развития воздушного ЯВ.

Формирование ПФ ЯВ начинается на этапе основного энерговыделения в ЯБП (рис.2.2).

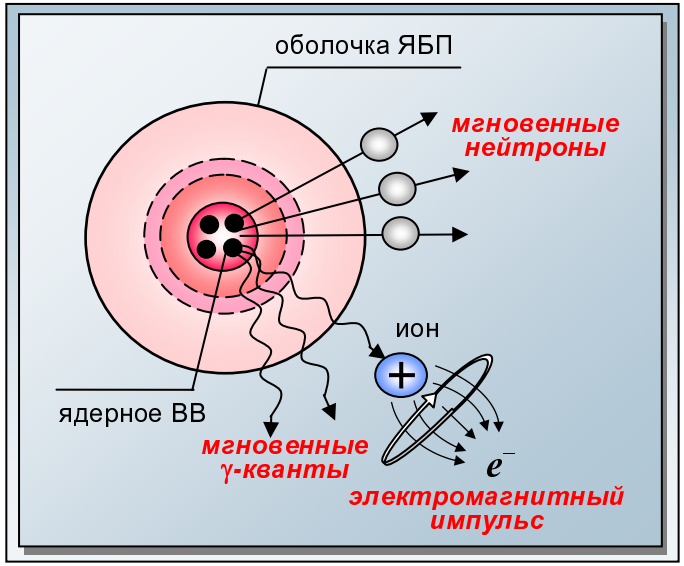


Рис.2.2. Этап перехода ЯЗ и конструкции ЯБП в плазменное состояние

Еще в ходе протекания ЦРД первыми по времени из боеприпаса в атмосферу испускаются мгновенные γ-кванты и нейтроны. Продолжительность их испускания совпадает с длительностью взрывной ядерной реакции и составляет около $10^{-7}\ldots10^{-6}$ с. Эти излучения образуют **мгновенную составляющую проникающей радиации** (ПрР) ЯВ.

Мгновенное γ-излучение, выходящее наружу, взаимодействует с атомами и молекулами воздуха, ионизируя их. Это приводит к появлению в воздухе тока электронов и образованию импульсного электромагнитного поля, которое принято называть **электромагнитным импульсом** (ЭМИ) ЯВ.

В результате выделения большого количества энергии ЯЗ и конструкция ЯБП переходят в плазменное состояние с $T \approx 10^7$ К.

Высокотемпературная плазма испускает интенсивное электромагнитное излучение (рис.2.3), основная часть которого приходится на **рентгеновский участок спектра** электромагнитных волн с энергией рентгеновского излучения (РИ) до 10 кэВ. Длины поглощения этих рентгеновских квантов в воздухе нормальной плотности составляют доли и единицы сантиметров.

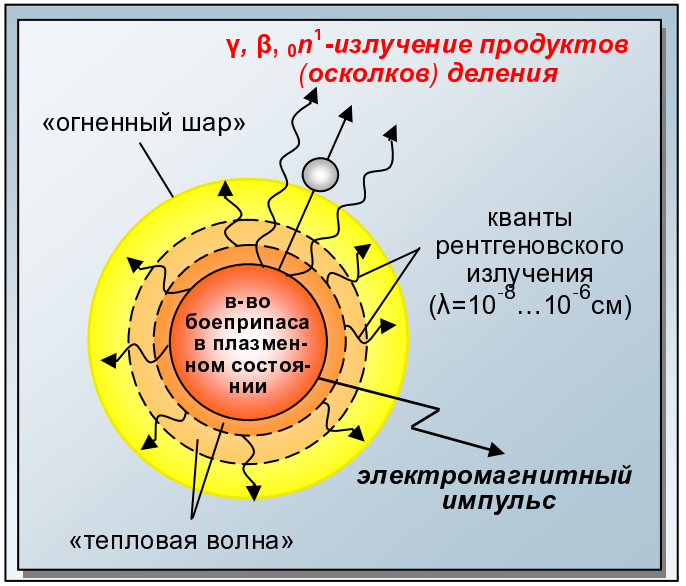


Рис.2.3. Этап образования «огненного шара»

Поглощаясь окружающим воздухом на расстоянии нескольких метров от точки взрыва, РИ нагревает его, в результате чего

образуется сферическая светящаяся область разогретого воздуха («огненный шар»). Последовательный послойный прогрев воздуха называется **тепловой волной**. Внешне это проявляется в возгорании светящейся области ЯВ, что является началом развития *видимой картины взрыва*.

Таким образом, **вынос энергии ЯВ** в окружающее пространство осуществляется **низкоэнергетичным** (мягким, или тепловым) **РИ**.

Одновременно с этим находящиеся в светящейся области осколки деления испускают осколочное γ-, β- и нейтронное излучение, которое образует **осколочную составляющую** проникающей радиации.

У поверхности светящейся области создается резкий перепад температуры и давления, что приводит к ее газодинамическому расширению и сжатию прилежащих слоев воздуха (рис.2.4). Послойная передача этого сжатия, происходящая со сверхзвуковой скоростью, представляет собой **воздушную ударную волну** (ВУВ) ЯВ.

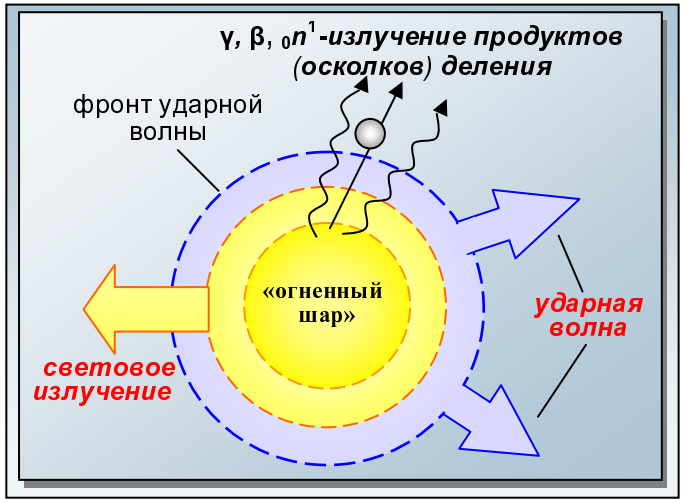


Рис.2.4. Этап образования ударной волны и светового излучения ЯВ

Так как объем светящейся области к этому времени увеличился, а температура уменьшилась, то излучение ее переходит в **оптический участок спектра** (ультрафиолетовый, видимый и инфракрасный диапазоны), которое представляет собой **световое излучение** (СИ) ЯВ.

Максимальное время существования области и ее размеры зависят от мощности взрыва, и для q = 1 Мт время свечения составляет около 10 с, максимальный радиус – около 1 км. Чисто количественно величина максимального радиуса (R_{max}) определяет принадлежность взрыва к тому или иному его виду: воздушному или наземному.

Воздушным считается взрыв, произведенный на высоте $H > R_{max}$, на которой светящаяся область не касается поверхности земли.

В зависимости от мощности взрыва эта высота будет равна $H > 3{,}5\sqrt[3]{q}$, где q – в тоннах, H – в метрах.

Со временем светящаяся область остывает. При температуре около 5000 К она начинает подниматься и при температуре $T \approx 2000$ К (прекращение свечения воздуха) превращается в **радиоактивное облако** взрыва (рис.2.5). Облако взрыва представляет собой клубящуюся массу воздуха, перемешанную с радиоактивными продуктами взрыва, частицами грунта, пыли и парами воды. Поскольку плотность нагретого воздуха в облаке меньше плотности окружающего воздуха, оно под действием силы Архимеда всплывает вверх. Максимальной высоты облако достигает через 10…15 мин после взрыва, а высота подъема в зависимости от мощности взрыва составляет 6…20 км. На максимальной высоте плотность и температура внутри и вне облака выравниваются, и оно распространяется со скоростью и направлением действующих там ветров. При движении из облака выпадают радиоактивные

осадки, образующие **радиоактивное заражение местности** (РЗМ) и **атмосферы**.



Рис.2.5. Этап образования радиоактивного облака и формирования РЗМ

Таким образом, в результате трансформации выделяющейся при воздушном ЯВ энергии **образуются следующие ПФ**: ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, электромагнитный импульс и радиоактивное заражение среды.

Распределение энергии между ПФ (рис.2.6) в среднем соответствует распределению энергии между продуктами ядерных реакций: кинетическая энергия осколков деления ($\sim 0{,}85E_{\text{дел}}$) расходуется между ВУВ (до 50 %) и СИЯВ (до 35 %); на ПрР при взрыве атомных и термоядерных боеприпасов приходится около 5 % полной энергии; для нейтронного боеприпаса – до 30…50 %. Оставшиеся 10 % излучаются при радиоактивном распаде осколков деления, формирующих РЗМ (8…9 %), и в виде ЭМИ (1…2 %).

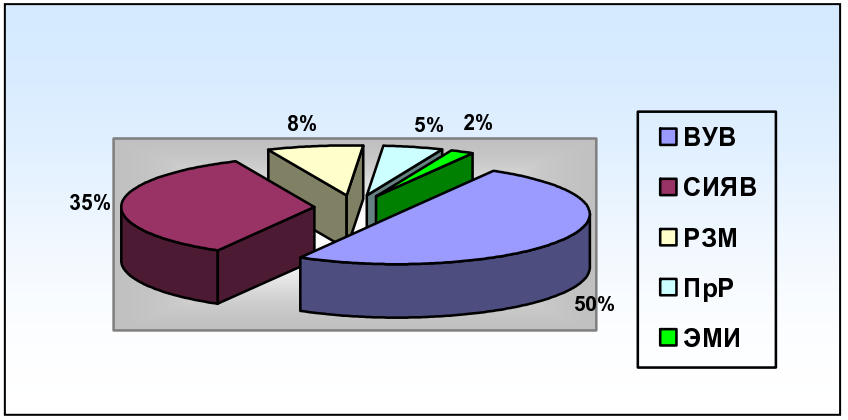


Рис.2.6. Распределение энергии между ПФ

2.3. Особенности развития наземного ядерного взрыва

Взрыв, произведенный на высоте $H \le 3{,}5\sqrt[3]{q}$, считается **наземным**.

При наземном взрыве светящаяся область имеет форму усеченной сферы, лежащей основанием на поверхности земли. Поэтому при взрыве грунт на значительной площади подвергается непосредственному воздействию высоких температур. Отсюда бóльшая часть его испаряется и вовлекается в светящуюся область (несколько сот тонн на 1 кт мощности взрыва), а другая часть плавится.

Испарившийся и часть расплавленного грунта перемешивается с газообразными радиоактивными продуктами, последующее выпадение этой смеси приводит к **интенсивному РЗМ**. Большое количество грунта увлекается с поверхности земли восходящими потоками воздуха при подъеме огненного шара и образует мощный пылевой столб («ножку»), устремляющийся вверх.

Присутствие в светящейся области и вокруг нее большого количества грунтовой примеси создает дополнительное экранизирующее действие для светового излучения, распространяющегося вдоль земли. Как следствие, при наземном взрыве **количество световой энергии**, достигающей объекта на поверхности земли, **может составлять от 20 до 60 %** световой энергии при воздушном взрыве.

Влияние земной поверхности при наземном взрыве приводит и к изменению условий распространения ВУВ и, как результат, к некоторому отличию ее параметров от параметров ВУВ воздушного взрыва. Кроме того, в этом случае в грунте распространяются продольные и поперечные волны сжатия, которые называют **сейсмовзрывными волнами**.

Таким образом, общая совокупность ПФ при наземном взрыве почти аналогична совокупности ПФ для воздушного взрыва, за исключением дополнительно возникающих при наземном взрыве сейсмовзрывных волн.

Различия обусловлены влиянием земной поверхности и **заключаются**:

- в увеличении интенсивности ВУВ и РЗМ;
- в снижении интенсивности СИЯВ;
- в образовании сейсмовзрывных волн.

Это, в свою очередь, предопределяет и боевое назначение наземных ЯВ: поражение войск и техники, укрытых в прочных специальных сооружениях; разрушение высокозащищенных объектов; создание сильного радиоактивного заражения среды.

Глава 3
УДАРНАЯ ВОЛНА И СВЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Ударная волна и световое излучение являются основными ПФ воздушного и наземного ЯВ. Как было отмечено выше, совместно они уносят до 85 % энергии этих взрывов: 50 % – ударная волна, 35 % – световое излучение. Несмотря на различную физическую природу, общим для них является то, что их воздействие приводит к возникновению поражающих явлений, которые вызывают **нарушение конструкционной целостности** объектов в результате их *механического* (ударная волна) или *термического* (световое излучение) разрушения.

3.1. Ударная волна

3.1.1. Основные параметры воздушной ударной волны

Воздушной ударной волной называется область сжатия, распространяющаяся по воздуху со сверхзвуковой скоростью.

В результате газодинамического расширения светящейся области происходит последовательное сжатие прилегающих слоев воздуха. При этом передняя граница области действует на окружающий воздух, как твердая стенка, распространяющаяся со сверхзвуковой скоростью. Такое расширение светящейся области и приводит к образованию сферической ударной волны. По мере удаления от центра взрыва энергия ударной волны уменьшается, ее скорость падает, и на больших расстояниях она превращается в акустическую волну.

На рис.3.1 показано изменение давления в воздухе в зависимости от расстояния R до центра воздушного взрыва для фиксированного момента времени $t = \text{const}$.

Зона, где давление превышает атмосферное, т.е. $p > p_0$, называется **зоной сжатия**, а зона где $p < p_0$ – **зоной разрежения**.

Зона разрежения возникает в воздухе вследствие того, что ВУВ вовлекает в движение покоящиеся массы воздуха и за ней происходит их отток. При этом создается разреженное пространство, в которое засасывается окружающий воздух (вместо выталкивания, как это бывает в зоне сжатия), и на некотором расстоянии от центра взрыва давление в зоне разрежения выравнивается до атмосферного.

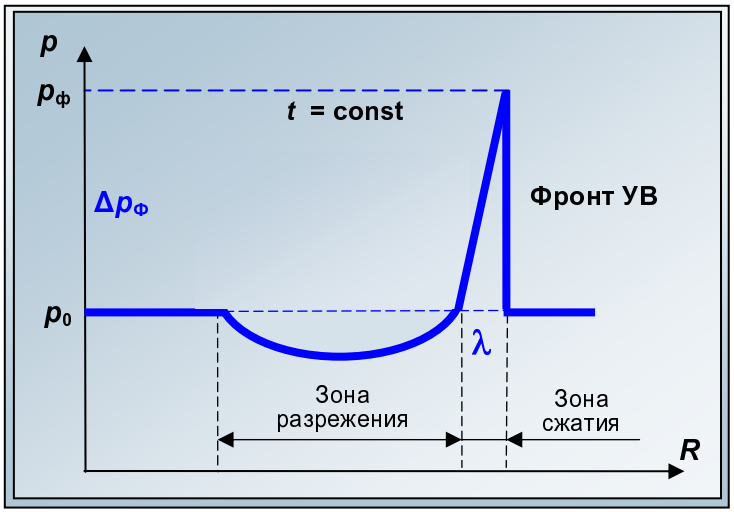


Рис.3.1. Изменение давления в пространстве при воздушном ЯВ

Переднюю границу зоны сжатия называют **фронтом ВУВ**. Он представляет собой тонкий слой воздуха, соизмеримый по толщине с длиной свободного пробега молекул (в воздухе примерно 10^{-5} см). Фронт волны распространяется в воздухе со скоростью $Д_ф$, зная которую можно определить время прихода ВУВ в данную точку: $t_п \approx R/Д_ф$.

Протяженность зоны сжатия в радиальном направлении составляет **длину ВУВ** – λ. В зависимости от мощности ЯВ величина λ может достигать десятков и сотен метров. Это приводит к более

продолжительному воздействию ВУВ на объекты в отличие от ударной волны обычного взрыва.

Разность между давлением p в данной точке и атмосферным p_0 называют **избыточным давлением**: $\Delta p = p - p_0$. Оно максимально во фронте ВУВ, т.е. max $\Delta p = \Delta p_ф$. Избыточное давление характеризует потенциальную энергию ВУВ, т.е. энергию сжатия воздуха, запасенную в ней. При взаимодействии ВУВ с любой преградой эта энергия мгновенно выделяется и преобразуется в кинетическую энергию деформации преграды.

В зоне сжатия вслед за фронтом ВУВ движется воздух с **массовой скоростью *u***. *В зоне разрежения* вектор скорости направлен в противоположную сторону – к центру взрыва.

При встрече с преградой воздух тормозится, и на преграде возникает нагрузка, называемая **нагрузкой скоростного напора** (аналогичная ветровому давлению). Величина скоростного напора численно равна кинетической энергии, которой обладает объем воздуха, движущийся в зоне сжатия. Следовательно,

$$\Delta p_{ск} = \frac{\rho \cdot u^2}{2} = \frac{2{,}5\Delta p_ф}{\Delta p_ф + 7{,}2}, \qquad (3.1)$$

где $\Delta p_{ск}$ – нагрузка скоростного напора, кгс/см^2; ρ – массовая плотность воздуха, кгс·с^2/м^4; u – массовая скорость воздуха, м/с.

Скоростной напор обусловливает так называемое **метательное действие ВУВ** при взаимодействии ее с объектами.

Таким образом, **избыточное давление во фронте ВУВ** и **скоростной напор** являются теми основными параметрами, которые определяют ее **поражающее действие**.

В табл.3.1 приведены некоторые значения величин $\Delta p_ф$ и максимального $\Delta p_{ск}$, обусловленного движением воздуха во фронте ВУВ.

Таблица 3.1

Соотношение между $\Delta p_ф$ и $\Delta p_{ск}$

$\Delta p_ф$, кгс/см^2	max $\Delta p_{ск}$, кгс/см^2	u, м/с
0,1	$3{,}5\cdot10^{-3}$	22,6 (аналог сильной бури)
0,5	$8{,}1\cdot10^{-2}$	99,0 (превышает сильный ураган)
1,0	0,304	174
5,0	5,16	520

Во многих случаях поражения, вызываемые ВУВ, зависят не только от значений $\Delta p_ф$ и $\Delta p_{ск}$, но и от времени ее действия (рис.3.2).

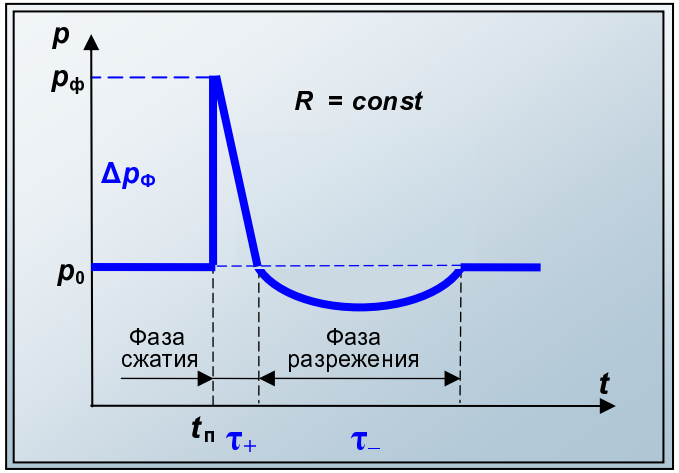


Рис.3.2. Изменение давления во времени при воздушном ЯВ

В момент прихода фронта волны $t_п$ в заданную точку давление скачком изменяется от атмосферного p_0 до величины $p_ф$, а затем постепенно понижается, становясь ниже атмосферного. Пройдя через минимальное значение, давление снова монотонно возрастает, пока не достигнет значения, равного p_0.

Промежуток времени, в течение которого давление в точке R превышает атмосферное, называется **длительностью фазы сжатия** (τ_+), а в течение которого ниже атмосферного – **длительностью фазы разрежения** (τ_-).

Величина τ_+ определяет длительность действия ВУВ. Она зависит от мощности взрыва и расстояния до его центра (R) для воздушного взрыва (эпицентра – для наземного взрыва) и может быть найдена по следующей формуле:

$$\tau_+ = 1{,}5\cdot10^{-3}\cdot\sqrt[6]{q}\sqrt{R}\,, \qquad (3.2)$$

где q – в тоннах, R – в метрах, τ_+ – в секундах.

Значение величины τ_+ находится в пределах от десятых долей до единиц секунд.

3.1.2. Влияние различных факторов на параметры воздушной ударной волны. Закон подобия

Основные параметры ударной волны взаимосвязаны (см. ф.3.1). Поэтому рассмотрим, как влияют различные факторы на изменение $\Delta p_ф$.

Для ядерного взрыва величина $\Delta p_ф$ зависит, прежде всего, от **мощности взрыва** и **расстояния до его центра** (эпицентра). Эта зависимость описывается полуэмпирическим выражением в виде полинома:

$$\Delta p_ф = a_1 k + a_2 k^2 + a_3 k^3, \qquad (3.3)$$

где $k = \dfrac{\sqrt[3]{q}}{R}$; a_1, a_2, a_3 – постоянные коэффициенты, значения которых зависят от размерности q и R.

Анализ формулы (3.3) показывает, что на малых расстояниях от взрыва ($R \to 0$) можно пренебречь первым и вторым слагаемыми. Тогда:

$$\Delta p_{\text{ф}} \approx \frac{a_3 \cdot q}{R^3}. \qquad (3.4)$$

Для больших расстояний ($R \to \infty$):

$$\Delta p_{\text{ф}} \approx \frac{a_1 \cdot \sqrt[3]{q}}{R}. \qquad (3.5)$$

Используя выражения (3.4) и (3.5), можно получить **закон подобия**, который для ***наземных взрывов*** имеет следующий вид:

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt[3]{\frac{q_1}{q_2}} \text{ при } \Delta p_{\text{ф}_1} = \Delta p_{\text{ф}_2}. \qquad (3.6)$$

Согласно (3.6), закон формулируется следующим образом:

для двух взрывов разной мощности отношение расстояний равного действия по ударной волне равно корню кубическому из отношений их тротиловых эквивалентов.

Закон подобия используется для определения параметров ВУВ, образующейся при ЯВ любой мощности, если известны соответствующие параметры для взрыва другой мощности.

Для воздушных взрывов с высотами H_1 и H_2 закон подобия имеет вид:

$$\frac{H_1}{H_2} = \sqrt[3]{\frac{q_1}{q_2}}, \ \Delta p_{\text{ф}_1} = \Delta p_{\text{ф}_2}. \qquad (3.7)$$

Отсюда можно получить **приведенную высоту** $\overline{H}$ взрыва:

$$\frac{H_1}{\sqrt[3]{q_1}} = \frac{H_2}{\sqrt[3]{q_2}} = \overline{H}. \qquad (3.8)$$

Таким образом, для двух воздушных взрывов разной мощности, имеющих одну и ту же приведенную высоту, закон подобия применяется для определения расстояний как от центра взрыва, так и от его эпицентра.

Так как для одной и той же высоты H взрыва в зависимости от его мощности вид взрыва может относиться к воздушному или наземному, то понятие приведенной высоты позволяет снять эту зависимость. При одной и той же приведенной высоте взрывы разной мощности являются воздушными или наземными. Все ЯВ, произведенные на $\overline{H} = 0\ldots3{,}5$ м/т$^{-1/3}$, независимо от их мощности относятся к наземным, а при $\overline{H} \geq 3{,}5\ldots20$ м/т$^{-1/3}$ – к воздушным.

С увеличением высоты взрыва давление во фронте волны уменьшается:

$$\Delta p_{\text{ф}}(H) = \Delta p_{\text{ф}}(H = 0) \cdot \frac{\rho_H}{\rho_0}, \qquad (3.9)$$

где $\Delta p_{\text{ф}}(H)$ – избыточное давление во фронте на данной высоте H; ρ_0, ρ_H – плотности воздуха на уровне моря и высоте H, соответственно.

Поэтому при $H \geq 30$ км действием ВУВ на наземные объекты пренебрегают.

Влияние **рельефа местности** на избыточное давление определяется, прежде всего, взаимодействием ВУВ с элементами рельефа, в результате чего может происходить **отражение** воздушной ударной волны.

3.1.3. Отражение воздушной ударной волны от поверхностей

Когда падающая ВУВ достигает более плотной среды (поверхности земли, воды, какого-либо сооружения), она отражается, и образуется ***отраженная волна***. Характер отражения зависит, прежде всего, от величины угла падения волны на преграду.

Углом падения (α) называется угол, образованный между фронтом падающей ВУВ и отражающей поверхностью.

В общем представлении угол падения ВУВ показан на рис.3.3.

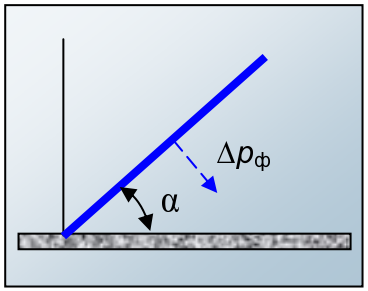


Рис.3.3. Угол падения ВУВ

При **α = 0** происходит так называемое **лобовое отражение** («нормальный» удар) – рис.3.4.

При подходе фронта ***падающей волны*** к преграде воздух во фронте мгновенно останавливается. Затем, по мере набегания волны на преграду, последовательно останавливается воздух, движущийся за ее фронтом. При торможении кинетическая энергия воздуха, движущегося у поверхности преграды, переходит в потенциальную энергию сжатия, что приводит к возникновению области с повышенными температурой, плотностью и давлением. Возмущение из-за наличия преграды начинает распространяться навстречу падающей волне в виде ***волны отражения***, давление во фронте которой фактически складывается из двух частей: давления, до которого был сжат воздух во фронте падающей волны и давления, обусловленного практически мгновенной остановкой движущейся за ним массы воздуха.

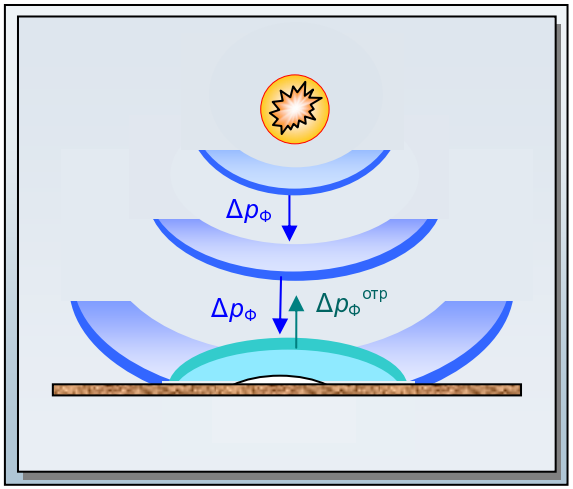


Рис.3.4. Отражение ударной волны при «нормальном» ударе

Увеличение давления во фронте отраженной волны оценивают при помощи **коэффициента отражения** $k_{отр}$, который равен отношению: $k_{отр} = \Delta p_ф / \Delta p_ф^{отр}$, где $\Delta p_ф^{отр}$ – избыточное давление во фронте отраженной волны. Результаты теоретических и экспериментальных исследований позволили установить диапазон изменения этого коэффициента для $\Delta p_ф$ при α = 0. Для слабых ударных волн ($\Delta p_ф < 1$ кгс/см^2) нижний предел $k_{отр}$ равен 2; для сильных ударных волн ($\Delta p_ф > 30$ кгс/см^2) $k_{отр} = 8$.

Когда происходит такое отражение, объект, находящийся на поверхности земли, сразу испытывает увеличение давления в виде удара, поскольку отраженная волна образуется мгновенно (рис.3.5,*а*). Следовательно, величиной избыточного давления на поверхности практически является давление отражения. В любой точке на некотором расстоянии от поверхности земли будут иметь место два удара: первый – от падающей волны, второй – в результате действия отраженной волны, которая приходит в данную точку немного позднее падающей (рис.3.5,*б*).

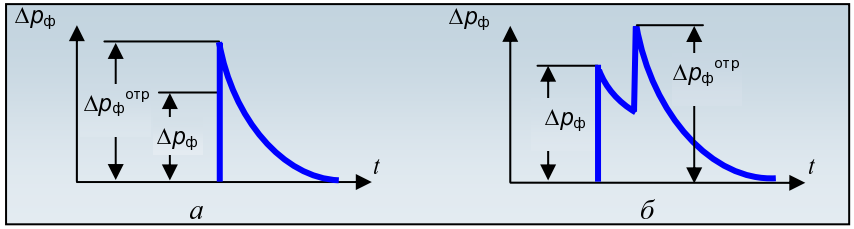


Рис.3.5. Изменение избыточного давления в фиксированной точке при лобовом отражении

При **α > 0** характер отражения изменяется. При малых углах (угол отражения меньше некоторого **критического**, **α < α$_{кр}$**) происходит так называемое **регулярное отражение** (рис.3.6). В этой

области фронты падающей и отраженной ВУВ распространяются раздельно. В любой точке этой области будут действовать два отдельных удара: первый – от падающей волны, второй – от отраженной.

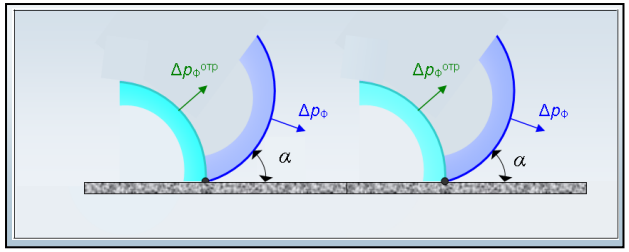


Рис.3.6. Регулярное отражение ударной волны

При $\alpha > \alpha_{кр}$ отражение называется **нерегулярным** (рис.3.7).

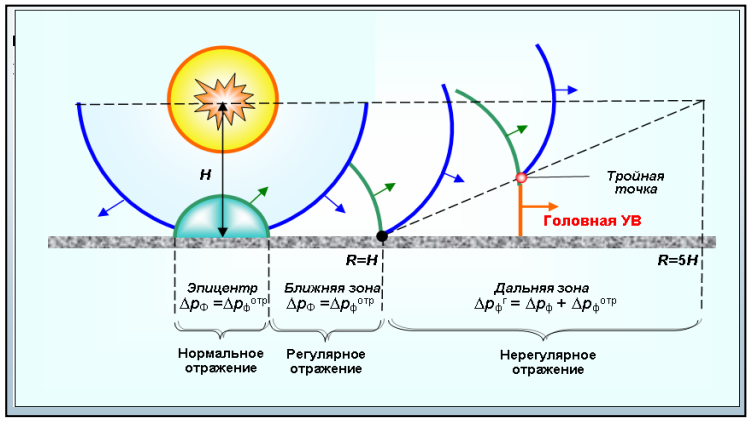


Рис.3.7. Нерегулярное отражение и образование головной ударной волны

Оно характеризуется тем, что фронты падающей и отраженной волн сливаются, и образуется один ***общий фронт*** ударной волны. Это происходит вследствие того, что отраженная волна у поверхности земли всегда проходит в воздухе, нагретом и сжатом в результате прохождения падающей волны. По этой причине фронт

отраженной ВУВ движется быстрее, чем падающей, и догоняет его. Образовавшаяся общая волна называется **головной ударной волной**. По мере того как отраженная волна продолжает нагонять падающую, высота фронта головной волны увеличивается. Объекты, находящиеся выше фронта головной волны, испытывают увеличение давления в виде двух ударов, как и при регулярном отражении.

Расстояние от эпицентра (R), на котором происходит слияние волн, примерно равно высоте взрыва (H). На меньших расстояниях происходит регулярное отражение, т.е. $\alpha_{кр} \approx 45°$. На расстояниях $R = 5H$ имеет место нерегулярное отражение.

При **контактном наземном взрыве** фронт ВУВ имеет форму полусферы, при этом слияние падающей и отраженной волн происходит сразу же, и объекты на поверхности испытывают действие головной ударной волны (рис.3.8).

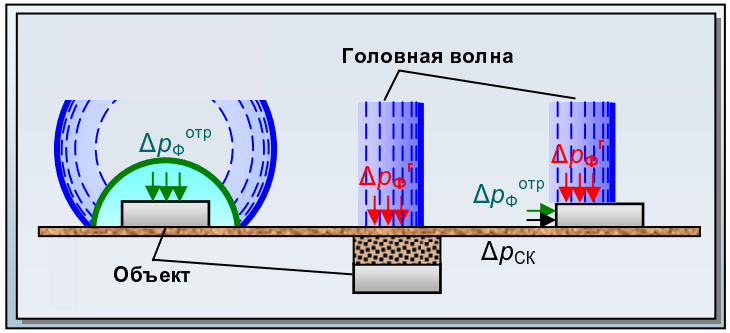


Рис.3.8. Схема воздействия ВУВ на наземные объекты

Таким образом, в зависимости от характера отражения максимальное избыточное давление во фронте ВУВ будет равно:

- в районе эпицентра взрыва – $\alpha \approx 0$, $\max \Delta p = \Delta p_\Phi^{отр}$;
- в зоне регулярного отражения – $\alpha \le \alpha_{кр}$, $\max \Delta p = \max \{\Delta p_\Phi, \Delta p_\Phi^{отр}\}$;
- в зоне нерегулярного отражения – $\alpha > \alpha_{кр}$, $\max \Delta p = \Delta p_\Phi^{г}$.

3.1.4. Местное действие наземного взрыва и сейсмовзрывные волны

При наземном (контактном) взрыве местное действие проявляется в образовании **воронки** (рис.3.9). Основным фактором, влияющим на ее образование, является перемещение грунта под действием давления, обусловленного быстрым расширением гомотермической области. При этом происходят **испарение** грунта, его **сдвиг** и **выброс**. Значительная часть грунта выбрасывается на края воронки, образуя ее **гребень**.

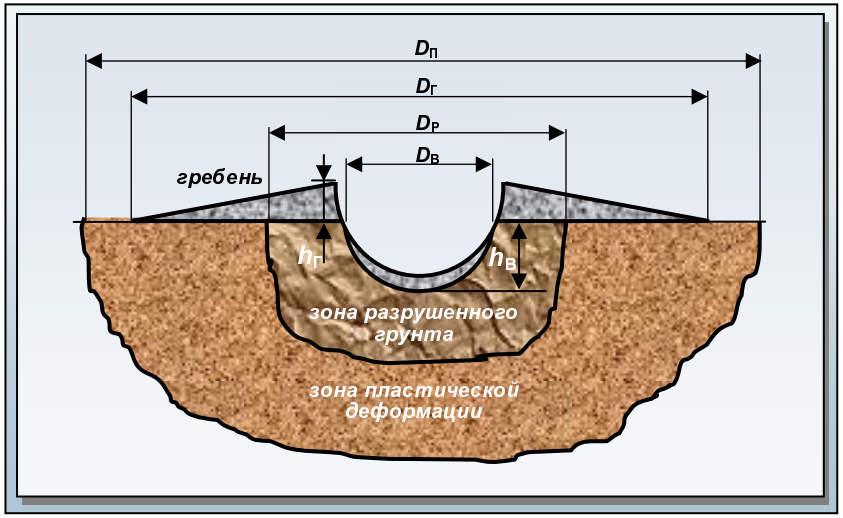


Рис.3.9. Характеристики воронки наземного ядерного взрыва

Для оценки размеров воронки можно пользоваться **законом подобия**, который для контактных наземных ядерных взрывов имеет вид:

$$\frac{R_{В_1}}{R_{В_2}} = \frac{h_{В_1}}{h_{В_2}} = \left(\frac{q_1}{q_2}\right)^{1/3}, \qquad (3.10)$$

где $R_В$ – радиус воронки; $h_В$ – глубина воронки.

Приближенная величина ***объема воронки*** определяется формулой:

$$V_В = \frac{\pi}{8} D_В^2 \cdot h_В, \qquad (3.11)$$

где $D_В$ – диаметр воронки.

Высота гребня $h_Г$ с точностью до 50 % равна:

$$h_Г \approx 0{,}25 h_В. \qquad (3.12)$$

Полный диаметр зоны, включающей гребень, $D_Г$ составляет около двух диаметров воронки, т.е.:

$$D_Г \approx 2D_В. \qquad (3.13)$$

Размеры воронки зависят от мощности взрыва и свойств грунта. Диаметр и глубина воронки, образующейся в ***мягких грунтах*** (суглинок, супесь), приведены в табл.3.2. В скальных грунтах (песчаник, известняк, гранит) размеры воронки уменьшаются примерно в 1,2 раза.

При взрыве на мягком сухом грунте непосредственно к воронке примыкает **зона разрушенного грунта**, изобилующая трещинами различных размеров. Диаметр зоны разрушенного грунта $D_р \approx 1{,}5 D_В$.

Таблица 3.2

Размеры воронки в мягких грунтах при наземном ядерном взрыве

Мощность взрыва, кт	Размеры воронки, м	
	Диаметр	Глубина
1	34	5
10	66	10
100	130	19
1000	260	40

За зоной разрушенного грунта следует **зона сильной пластической деформации**, где грунт необратимо смещен, но не имеет видимых трещин. Диаметр зоны пластической деформации $D_{\text{п}} \approx 3D_{\text{в}}$. Внешнюю границу зоны пластических деформаций часто называют границей **ближней зоны сейсмического действия** ЯВ.

За пределами ближней зоны сейсмического действия наземного ЯВ от его эпицентра распространяются **продольные** (P) и **поперечные** (S) сейсмические **волны** (рис.3.10).

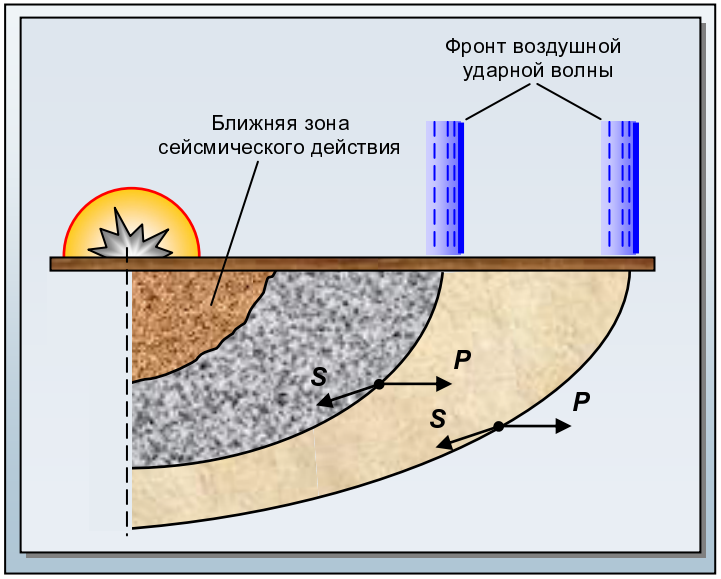


Рис.3.10. Сейсмовзрывные волны, возникающие в грунте при наземном взрыве

В результате действия продольной сейсмической волны грунт испытывает деформацию сжатия и совершает движение в направлении действия продольной волны. Поэтому продольную волну обычно называют **волной сжатия**.

В поперечной волне грунт совершает движение в направлении, совпадающем с касательной к фронту волны, и испытывает деформацию изгиба. Скорость распространения поперечной волны меньше скорости продольной волны. На этом основан сейсмический метод определения координат наземного ЯВ.

В настоящее время численные значения параметров сейсмовзрывных волн определяются с помощью эмпирических формул и графиков, приводимых в справочниках по расчету стойкостных характеристик фортификационных сооружений.

3.1.5. Поражающее действие воздушных ударных и сейсмовзрывных волн

Действие на личный состав. Поражение личного состава может быть непосредственным и косвенным.

При ***непосредственном поражении*** ударная волна мгновенно охватывает тело человека, подвергая его сжатию. Деформация сжатия, распространяясь внутри тела, из-за различия акустической жесткости биологических тканей может вызывать их разрыв (разрушаются кровеносные сосуды, мышечные ткани и т.д.).

Воздух, находящийся под высоким давлением в фазе сжатия ударной волны, проникая через дыхательные пути в бронхи и альвеолы легких, приводит к их разрушению. Основной причиной смерти, наступающей непосредственно в момент воздействия ударной волны на человека, является удушье (обусловленное кровоизлиянием в легкие), либо попадание воздуха в разрушенные легочные кровеносные сосуды (воздушная эмболия). Проникновение повышенного давления во внутренние области органов слуха может вызвать разрыв барабанных перепонок и повреждение других элементов этих органов.

Человек, находящийся в фазе сжатия, помимо избыточного давления, подвергается воздействию скоростного напора, благодаря которому он может быть подхвачен воздушным потоком в направлении его течения и, как следствие – получить травмы при падении на землю, соударения с различными предметами и пр.

Непосредственное воздействие ВУВ на человека приводит к поражениям различной степени тяжести. Соответствующие значения избыточного давления для случая открытой местности и положения личного состава «стоя» приведены в табл.3.3.

Таблица 3.3

Избыточное давление, приводящее к поражениям личного состава

Значение избыточного давления, кгс/см^2	Степень поражения
≥1	Смертельная
0,2…0,3	Легкая (выход из строя)

В положении «лежа» значения избыточного давления, приводящего к указанным степеням поражения, увеличиваются в 1,5…2 раза.

Давление $\Delta p_ф \le 0{,}1$ кгс/см^2 является безопасным для личного состава, находящегося на открытой местности.

Косвенные поражения возникают вследствие воздействия фрагментов разрушаемых объектов, а на больших расстояниях – остекления зданий ($\Delta p_ф = 0{,}01…0{,}05$ кгс/см^2).

Воздействие на сооружения, вооружение и военную технику зависит от их формы и линейных размеров.

Если линейные размеры объекта ***соизмеримы*** с длиной ВУВ, то на него последовательно действуют: отраженная от поверхности ВУВ, избыточное давление и скоростной напор падающей ВУВ при обтекании ею сооружения. При этом создается **смещающая сила** в направлении движения ВУВ.

Для объектов, линейный размер которых ***пренебрежимо мал*** по сравнению с длиной ВУВ (столбы, мачты, антенны, бронетехника, артиллерийские орудия), обтекание происходит практически мгновенно и действие избыточного давления ничтожно, поскольку подобные объекты являются несжимаемыми. Основное воздействие при этом оказывает нагрузка скоростного напора, создающая смещающую силу F. Эта сила определяет **метательное действие** ВУВ:

$$F = \Delta p_{ск} \cdot c_x \cdot S, \qquad (3.14)$$

где c_x – коэффициент лобового сопротивления; S – площадь центрального сечения объекта.

Повреждения сооружений и объектов подразделяют на **4 степени**: полные, сильные, средние, легкие, от чего зависит возможность их ремонта и восстановления. При **полных** и **сильных** повреждениях объект восстановлению не подлежит. Объекты со **средними** и **слабыми** повреждениями подлежат восстановлению. Выход большинства объектов из строя происходит при поражениях средней степени, а для авиационной и ракетной техники – при поражениях легкой степени.

Воздействие на лесные массивы. Воздушная ударная волна способна вызвать сильные повреждения лесных массивов с образованием в них лесных завалов. Под действием скоростного напора стволы деревьев или ломаются у основания, или вырываются с корнем. На расстояниях от эпицентра ЯВ, где $\Delta p_ф >$ $> 0{,}5$ кгс/см^2, образуется ***зона полного разрушения*** леса, лишенная всякой растительности; при $\Delta p_ф = (0{,}3…0{,}5)$ кгс/см^2 возникает зона ***сплошных*** лесных завалов (до 60 % поваленных и вырванных с корнями деревьев), а при $\Delta p_ф = (0{,}1…0{,}3)$ кгс/см^2 – зона ***частичных*** завалов (до 30 % разрушенных деревьев).

Зоны сплошных и частичных завалов являются серьезным препятствием для передвижения войск.

При воздействии **сейсмоволн** на заглубленные защитные сооружения, рассчитанные на избыточное давление во фронте ВУВ до 10 кгс/см^2, определяющей волной является волна сжатия. Для более прочных сооружений необходимо учитывать и поперечную волну.

Под воздействием продольных и поперечных волн сооружение совершает сложное колебательное движение с определенным ускорением, в результате чего в нем возникают перегрузки. Поражающее действие перегрузок зависит как от свойств самого объекта, так и от характеристик перегрузки: (амплитуды, направления и продолжительности действия).

3.1.6. Защита от воздействия воздушных ударных и сейсмовзрывных волн

Защита от воздействия воздушных ударных волн.

Как отмечалось выше, поражающее действие ВУВ определяется двумя ее основными параметрами: избыточным давлением во фронте $\Delta p_{\text{ф}}$ и нагрузкой, создаваемой скоростным напором $\Delta p_{\text{ск}}$.

Основной метод защиты личного состава, вооружения и военной техники (ВВТ) от поражения ударной волной – **изоляция** их от воздействия этих факторов. Для этого используют различные *защитные сооружения*. Защитная способность этих сооружений зависит от механической прочности применяемых материалов, толщины ограждающих конструкций, степени заглубления. *Коэффициент защищенности* сооружений $K^{\text{з}}_{\text{УВ}}$ характеризует степень уменьшения радиуса поражения защищаемого элемента:

$$K^{\text{з}}_{\text{УВ}} = \frac{R_{\text{по}}}{R_{\text{пз}}}, \qquad (3.15)$$

где $R_{\text{по}}$ – радиус поражения элемента на открытой местности; $R_{\text{пз}}$ – то же в защитном сооружении.

Для **защиты личного состава** используются *фортификационные сооружения* открытого и закрытого типов.

Простейшие сооружения *открытого* типа – окопы, щели, траншеи и ходы сообщения оборудуют силами самих подразделений. Наиболее надежную защиту обеспечивают сооружения *закрытого* типа – блиндажи, убежища легкого и тяжелого типов, специальные фортификационные сооружения (СФС). Как правило, это полузаглубленные или заглубленные сооружения.

Защитные свойства некоторых фортификационных сооружений характеризуются значениями $K^{\text{з}}_{\text{УВ}}$, приведенными в табл.3.4.

Таблица 3.4

Защитные свойства фортификационных сооружений

Сооружение	$K^{\text{з}}_{\text{УВ}}$
Одиночный окоп для стрельбы (лежа/стоя)	1,2/1,5
Щель перекрытая	2,5
Блиндаж	5…6
Убежище легкого типа	7…8

Степень защиты СФС (командных пунктов, пунктов управления, шахтных пусковых установок ракет и др.) находится в пределах от 10 до 100 кгс/см^2 и более (что может обеспечить сохранение личного состава, специальных систем и вооружения, если эти сооружения находятся даже вблизи эпицентра ЯВ).

Простым, но эффективным способом защиты **неукрытого личного состава** являются его *действия по вспышке ЯВ*: необходимо быстро лечь на землю лицом вниз в направлении, противоположном взрыву. В сравнении со скоростью света скорость распространения ВУВ незначительна – от 330 до 500 м/с. Поэтому всегда имеется в запасе несколько секунд, чтобы выполнить эти действия. В таком случае поверхность тела, на которую действует ВУВ, уменьшается в десятки раз, что приводит к соответствующему уменьшению нагрузки на него ($F = \Delta p_{\text{ф}} \cdot S$, где S – поверхность воздействия).

Для **защиты военной техники** применяются *окопы* и *укрытия* котлованного типа. Они защищают главным образом от метательного действия ВУВ. Особенно это относится к тяжелой технике (танки, тягачи и др.), которая обладает высокой механической прочностью по отношению к избыточному давлению, но

при воздействии скоростного напора может быть перевернута и отброшена на десятки метров.

Кроме того, ослабить воздействие ВУВ на личный состав и ВВТ можно, используя **защитные свойства местности**.

При расположении на *холмистой местности* следует учитывать, что увеличение крутизны ската на 10° повышает (понижает) на 10 % давление во фронте ВУВ на переднем (обратном) скате возвышенности, а это, в свою очередь, ведет к увеличению (уменьшению) радиуса поражения в 1,2…1,5 раза.

Заблаговременно трудно определить, какой из скатов высоты при ЯВ окажется обратным, поэтому целесообразно кольцевое расположение вблизи ее вершины. В таком случае при взрыве в любом направлении около 75 % личного состава и ВВТ окажется на обратных скатах.

Высокими защитными свойствами обладают *овраги*, *карьеры*, *выемки*, глубина которых превышает их ширину, а также подземные выработки (рудники, шахты и др.). Если направление расположения заглубления не совпадает с направлением распространения ВУВ, то давление на дне будет в 2…3 раза меньше, чем на открытой местности.

Вследствие образования *лесных завалов* использование лесных массивов для защиты от ВУВ *нецелесообразно*.

Защита от воздействия сейсмовзрывных волн.

Как отмечалось выше (см. п.3.1.5), сейсмовзрывные волны оказывают основное воздействие на СФС. При выборе систем защиты максимальную перегрузку, действующую на объект, сравнивают с допустимыми значениями, регламентирующими *сейсмоустойчивость* и *сейсмопрочность* оборудования и личного состава.

Первая из этих характеристик определяет пределы допустимых перегрузок, при действии которых еще сохраняются устойчивые режимы работы оборудования и личного состава, а вторая – пределы, при которых наступает разрушение наиболее чувствительных элементов оборудования и поражение личного состава. Для примера в табл.3.5 приведены предельно допустимые значения этих перегрузок для некоторых систем СФС и объектов.

Таблица 3.5

Предельно допустимые перегрузки, *g*

Наименование системы (объекта)	Сейсмопрочность		Сейсмоустойчивость	
	вертикальная	горизонтальная	вертикальная	горизонтальная
Оборудование системы управления	15	15	5	5
Оборудование дизельных электростанций	20	15	10	5
Электрооборудование	15	20	4	5
Оборудование снабжения сжатыми газами (компрессоры, рампы, щиты и т.п.)	20	20	10	10
Оборудование для воздухоохлаждения	20	15	10	10
Жидкотопливные ракеты	–	–	1,5…3	0,1…0,5
Твердотопливные ракеты	–	–	2…3	0,2…0,7
Оператор	5,5	10	2,5	3,5

Чтобы уменьшить величину ускорений, испытываемых объектом, необходимо соответствующим образом изменить режим его движения. Поскольку движение объекта непосредственно зависит от параметров движения строительных конструкций сооружения, то целенаправленное изменение характера движения объекта может быть достигнуто только путем его изоляции от этих конструкций, т.е. путем введения между опорными поверхностями объекта и строительной конструкцией специальных амортизирующих устройств.

Амортизирующее устройство представляет собой рациональное сочетание упругих элементов с гасителями колебаний. Упругие элементы принято называть **изоляторами**, а гасители колебаний – **демпферами**.

Назначение **изолятора** состоит в том, чтобы уменьшить до допустимых пределов величины перегрузок, передаваемых объекту, и обеспечить взаимное смещение объекта и изолятора в процессе движения.

В защитных сооружениях в качестве изоляторов могут применяться: цилиндрические, конические и тарельчатые пружины; тросы; рессоры; гибкие балки; пневматические и гидропневматические устройства и т.п.

В современных системах амортизационной защиты наибольшее распространение получили пневматические и гидропневматические устройства, работа которых отличается высокой надежностью. Недостаток всех прочих изоляторов состоит в том, что они способны передавать изолируемым объектам высокочастотную вибрацию, поскольку пружины, рамы, тросы и подобные им элементы являются хорошими волноводами.

Демпферы являются поглотителями энергии колебаний и предназначены для предельного сокращения времени, в течение которого происходит затухание свободных колебаний и восстановление исходного положения амортизируемого объекта.

В качестве гасителей колебаний в амортизирующих устройствах используются демпферы механического, гидравлического и гидропневматического типов.

Различают ***три вида систем амортизационной защиты***: общая (рис.3.11,*а*), групповая (рис.3.11,*б*) и местная (рис.3.11,*в*).

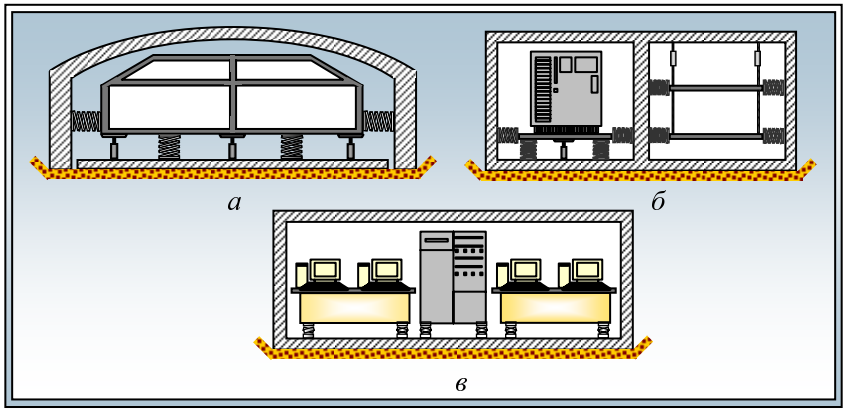


Рис.3.11. Виды систем амортизационной защиты:
а – общая; б – групповая; в – местная

Выбор вида амортизационной защиты зависит от назначения защитного сооружения, параметров его движения, сейсмопрочности применяемого оборудования и боевой техники.

Общая система амортизации устраивается в защитных сооружениях, рассчитанных на постоянное пребывание личного состава и имеющих особо чувствительное к перегрузкам технологическое оборудование, аппаратуру и боевую технику, а также в том случае, когда параметры вертикального и горизонтального движения сооружения превосходят 0,3 м.

Групповая система амортизации применяется для защиты части оборудования, служебных постов и личного состава, находящихся в отдельных помещениях, при этом параметры движения несущего остова сооружения находятся обычно в пределах 0,1…0,3 м.

Местная система амортизации обеспечивает защиту отдельных агрегатов, рабочих мест операторов и применяется в тех случаях, когда устройство общих или групповых систем нецелесообразно, а параметры движения несущего остова сооружения не превышают 0,1 м.

3.2. Световое излучение

3.2.1. Формирование светового излучения ядерного взрыва

Как было отмечено выше (см. п.2.2), образовавшаяся при ядерном взрыве светящаяся область является источником светового излучения.

Световым излучением ядерного взрыва называется электромагнитное излучение оптического диапазона, включающее ультрафиолетовую, видимую и инфракрасную области со спектром, подобным солнечному у земной поверхности.

Световое излучение ЯВ испускается в виде двух импульсов (рис.3.12). **Первый** импульс короткий, несет около 1 % всей излу-

чаемой световой энергии. Длительность его (τ_1) составляет от долей до единиц мс и зависит от мощности ЯВ: $\tau_1 \approx 2{,}77 \cdot 10^{-4} \times q^{0{,}416}$, с ($q$ в тоннах).

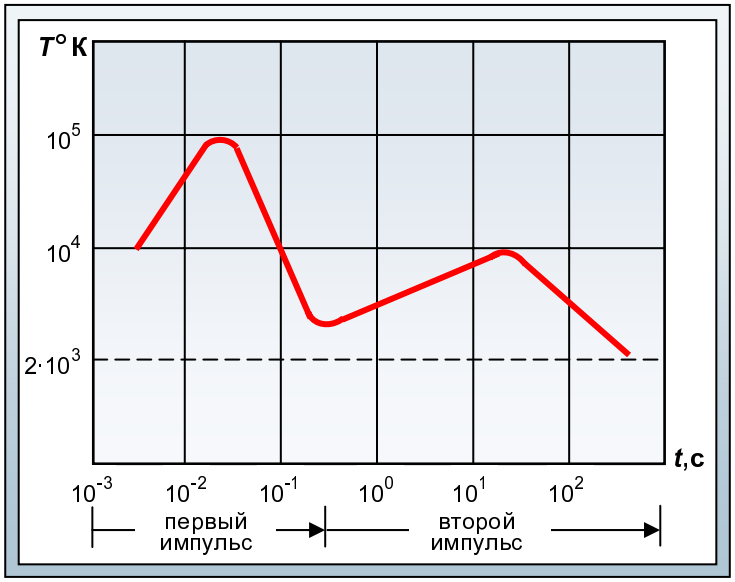


Рис.3.12. Импульсы светового излучения ЯВ

Поскольку эта зависимость достаточна точная, ее используют для определения мощности взрыва светотехническим способом в специальных комплексах засечки ЯВ.

Основная доля энергии светового излучения (до 99 %) приходится на **второй** импульс, длительность которого почти равна общей длительности светового излучения. Поэтому поражающее действие СИЯВ в основном определяется характеристиками второго импульса. Его длительность (τ_2) зависит от мощности взрыва и может быть ориентировочно определена по формуле:

$$\tau_2 \approx \sqrt[3]{q}\,, \qquad (3.16)$$

где q – мощность взрыва, кт; τ_2 – в секундах.

Зависимость (3.16) используют для приближенного определения мощности взрыва при визуальном способе засечки ЯВ.

Размеры светящейся области возрастают с увеличением мощности взрыва и составляют от 200…500 м (ЯВ малой мощности) до 1000…2000 м (при q > 500 кт).

Дальнейшее расширение светящейся области и ее подъем сопровождаются уменьшением температуры в ней. При температуре около $2 \cdot 10^3$ К свечение полностью прекращается, и она превращается в радиоактивное облако взрыва.

3.2.2. Параметры светового излучения

Как и для любого температурного источника, основной характеристикой поля светового излучения в пространстве, создаваемого светящейся областью, является световой импульс.

Световой импульс – это количество световой энергии, падающей за все время излучения на единицу площади неподвижной и неэкранированной поверхности, расположенной перпендикулярно к направлению распространения светового излучения.

Единица измерения светового импульса – *джоуль на квадратный метр* (1 Дж/м^2) или *калория на квадратный сантиметр* (1 кал/см^2 = 4,2·10^4 Дж/м^2).

Значение величины светового импульса u_c, приходящего в данную (заданную) точку, зависит от расстояния до источника и состояния атмосферы. Это значение (в кал/см^2) может быть определено по формуле:

$$u_c = 8 \cdot 10^{-3} k_q \frac{q}{R^2} c_г e^{-kR} \approx \frac{aq}{R^2} \cdot e^{-kR}\,, \qquad (3.17)$$

где k_q – коэффициент выхода светового излучения (для контактного ЯВ k_q = 0,1; для воздушного – k_q = 0,35); q – мощность взры-

ва, т; R – расстояние до центра взрыва, км; $c_г$ – геометрический коэффициент, учитывающий форму светящейся области (для контактного ЯВ $c_г = 0{,}33$; для воздушного – $c_г = 1$); k – коэффициент ослабления светового излучения в атмосфере, 1/км; a – обобщенный постоянный коэффициент.

Для упрощения расчетов и для моделирования значений величин светового импульса по аналогии с ударной волной применяют закон подобия.

Из выражения (3.17) для подобных взрывов при $c_{г_1} = c_{г_2}$ и $k = 0$ справедливо соотношение:

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{q_1}{q_2}}, u_{c_1} = u_{c_2}. \qquad (3.18)$$

Это соотношение называют первым законом подобия для СИЯВ. **Первый закон подобия** формулируется следующим образом:

одинаковые световые импульсы для двух подобных взрывов мощностью q_1, и q_2 наблюдаются на расстояниях R_1 и R_2, отношение которых равно корню квадратному из отношения тротиловых эквивалентов взрывов.

При оценке воздействия светового излучения необходимо учитывать возможность появления отраженных лучей. В условиях хорошего отражения света земной поверхностью (снежный покров, высохшая трава, бетонное покрытие и др.), прямое световое излучение, падающее на объект, усиливается отраженным. Суммарный световой импульс при воздушном взрыве может быть больше прямого в 1,5…2 раза. Если взрыв происходит между облаками и землей, то световое излучение, отраженное от облаков, действует на объекты, закрытые от прямого излучения. Значение величины светового импульса, отраженного от облаков, может достигать половины значения величины прямого импульса.

Для оценки *непосредственного* воздействия светового излучения на объекты с учетом *конкретных условий* используется такой параметр, как импульс облучения.

Импульс облучения u (кал/см^2) – это количество световой энергии, приходящееся на единицу поверхности облучаемого объекта за все время облучения.

Импульс облучения пропорционален световому импульсу u_c и может быть рассчитан по формуле:

$$u = u_c(g + \rho)Dk_V, \qquad (3.19)$$

где g – коэффициент, учитывающий ориентацию облучаемой поверхности объекта относительно взрыва; ρ – коэффициент отражения поверхностями; D – коэффициент пропускания излучения различными преградами; k_V – коэффициент, учитывающий перемещение объекта или переменное экранирование.

Коэффициент g зависит от угла падения φ_0 прямого излучения на облучаемую поверхность (угол между падающим лучом и перпендикуляром к поверхности, рис.3.13-*2*): $g = \cos\varphi_0$. Отражение светового излучения от облаков, поверхности земли (рис.3.13-*1*, *4*) учитывается коэффициентом ρ, принимающим максимальное значение $\rho = 2$ при облачности и снежном покрове. Коэффициент D учитывает ослабление светового излучения, падающего на объект, различными преградами, например, лесной растительностью (рис.3.13-*3*), техническими материалами (тканью, стеклом и т.д.). Так, для леса летом значение коэффициента D находится в пределах 0,1...0,3. Если преград несколько, то значение величины коэффициента D равно произведению коэффициентов пропускания всех преград (при отсутствии преград $D = 1$). Коэффициент k_V учитывает изменение импульса облучения вследствие перемещения или переменного экранирования. Для неподвижного объекта

$k_V = 1$. Если учет всех вышеперечисленных условий затруднен, то полагают все коэффициенты равными единице, и тогда в летнее время $u = u_c$ и в зимнее – $u = u_c(1 + \rho)$.

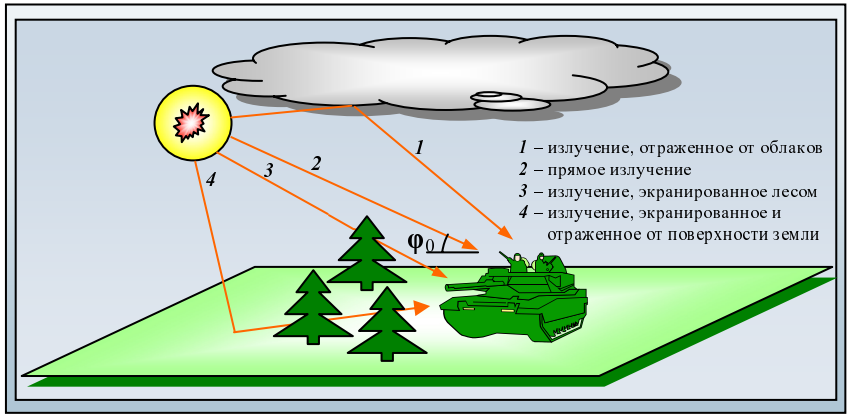


Рис.3.13. Влияние различных условий на распространение СИЯВ

Скорость подвода световой энергии к объекту характеризуется облученностью.

Облученность ε [(кал/(см^2·с)] – это количество энергии светового излучения, приходящееся на единицу площади облучаемой поверхности в единицу времени.

Величина облученности связана с импульсом облучения соотношением:

$$u = \int_0^{\tau_2} \varepsilon(t)dt\,. \qquad (3.20)$$

Отсюда следует, что при одинаковых импульсах облучения, формируемых ЯВ различной мощности, характер воздействия будет полностью определяться величиной облученности.

Таким образом, **световой импульс** есть характеристика **поля**, создаваемого светящейся областью ЯВ в заданной точке, а **импульс облучения** – характеристика **условий облучения** в этой же точке.

Поэтому световой импульс в любой точке может быть равен нулю только при отсутствии источника излучения, а импульс облучения – даже при наличии источника, но при сочетании определенных условий облучения ($\cos\varphi_0 = 0$; отсутствие отражающих и рассеивающих поверхностей).

3.2.3. Поражающее действие светового излучения

Действие светового излучения ядерного взрыва приводит к поражению личного состава, военной техники, объектов, а также к возгоранию лесных массивов и других горючих материалов. Опасность поражения световым излучением принято оценивать на расстояниях, соответствующих радиусам зон слабых и средних поражений ВУВ.

Световое излучение, падая на поверхность любого объекта (материала), частично отражается, частично поглощается, а если материал прозрачен, то частично проходит сквозь него (рис.3.14).

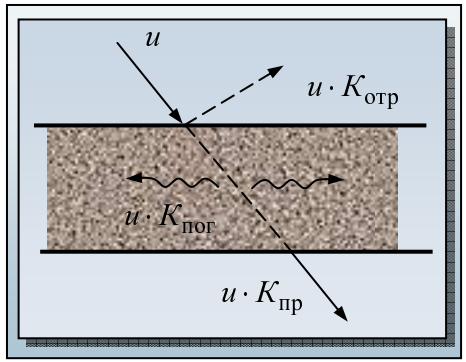


Рис.3.14. Общий случай распределения энергии светового излучения

Доли энергии поглощенной, отраженной и прошедшей через материал, характеризуются коэффициентами: *поглощения* $K_{пог}$, *отражения* $K_{отр}$, и *пропускания* $K_{пр}$, причем сумма

$$K_{пог} + K_{отр} + K_{пр} = 1.$$

Поглощение световой энергии материалом приводит к повышению его температуры и возникновению *термического повреждения*. К последнему относятся:

- тление, воспламенение и горение горючих материалов;
- нагрев, при котором могут возникнуть опасные деформации и повреждения негорючих материалов;
- ожог кожи и глаз у личного состава.

Температура, при которой объект выходит из строя, называется **поражающей температурой**.

Таким образом, для оценки поражения объекта необходимо, прежде всего, знать температуру его нагрева при действии импульса облучения. Строгая постановка задачи предполагает составление и решение уравнения теплопроводности, описывающего скорость изменения температуры по толщине материала с учетом длительности его нагрева.

В зависимости от теплофизических параметров материала и скорости подвода тепла возможны три случая, которые характеризуют нагрев материала к моменту достижения максимальной температуры на облучаемой поверхности:

1. ***Поверхностный нагрев*** («толстое тело»), когда материал прогрет на некоторую глубину, а его тыльная сторона осталась практически ненагретой.

2. ***Неравномерный нагрев***, когда материал прогрет по всей толщине, но со значительной разницей температур облучаемой и тыльной поверхностей.

3. ***Равномерный нагрев*** («тонкое тело»), когда материал практически прогревается до одной и той же температуры по всей толщине.

Для наиболее распространенного случая – поверхностного нагрева, решение уравнения теплопроводности имеет вид:

$$\Delta T = \frac{K_{\text{пог}} u}{\sqrt{c\rho\lambda\tau_{\max}}} = b\frac{u}{\sqrt{\tau_{\max}}}, \qquad (3.21)$$

где ΔT – разность температур между облучаемой и тыльной поверхностями; $\tau_{\max}$ – время достижения максимума облученности, т.е. время действия светового излучения, определяемое действием второго импульса, с; c – удельная теплоемкость материала, кал/(г·град); ρ – плотность материала, г/м^3; λ – коэффициент линейной теплопроводности, кал/(м·с·град); b – обобщенная постоянная для данного материала.

Выражение (3.21) позволяет получить соотношение для второго закона подобия. С учетом формулы (3.16), полагая справедливым равенство $\tau_{\max} = \tau_2$, находим, что для двух подобных взрывов с мощностями q_1 и q_2 выполняется соотношение:

$$\frac{u_1}{u_2} = \sqrt[6]{\frac{q_1}{q_2}} \quad \text{при} \quad \Delta T_1 = \Delta T_2. \qquad (3.22)$$

Отсюда **второй закон подобия** формулируется следующим образом:

одинаковые степени поражения, определяемые температурой нагрева, для двух подобных взрывов мощностью q_1 и q_2 возникают при импульсах облучения, отношение которых равно корню шестой степени из отношения тротиловых эквивалентов взрывов.

Это означает, что одинаковые степени поражения при взрывах бóльшей мощности возникают при бóльших величинах импульсов облучения. Например, поражение открытых участков кожи (ожог второй степени) при воздушном взрыве мощностью 1000 кт происходит при u = 9 кал/см^2, а мощностью 100 кт – при u = 7 кал/см^2 (см. табл.3.6). Это связано с тем, что при взрыве

бóльшей мощности максимальная температура создается за бóльшее время (величина облученности меньше) и, следовательно, бóльшую роль играет теплоотдача в окружающую среду и вглубь материала.

Как следствие из второго закона подобия, вытекает (см. ф.3.21, 3.22):

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \sqrt{\frac{q_2}{q_1}}, \text{ при } u_1 = u_2, \qquad (3.23)$$

при одинаковых импульсах облучения для взрыва **бóльшей** мощности **температура нагрева** (эффект термического поражения) будет **меньше**.

Это объясняется тем, что с увеличением мощности взрыва увеличивается время подвода тепла к облучаемой поверхности, т.е. уменьшается величина облученности (см. ф.3.16).

Воздействие светового излучения на личный состав приводит к ожогам кожи, поражению глаз, а в зонах массированных пожаров – к отравлению окисью углерода. Ожоги возникают как при непосредственном воздействии светового излучения, так и от пламени пожаров. По данным иностранной печати, в городах Хиросима и Нагасаки примерно 50 % всех смертельных случаев было вызвано ожогами; из них 20…30 % – непосредственно световым излучением и 70…80 % – ожогами от пожаров.

Световое излучение, в первую очередь, воздействует на открытые участки тела: кисти рук, лицо, шею, а также на глаза. В зависимости от глубины термического повреждения кожи различают четыре степени ожогов (табл.3.6): *первую* (болезненная краснота кожи); *вторую* (образование пузырей); *третью* (омертвение кожи); *четвертую* (омертвение (обугливание) кожи и более глубоко лежащих тканей). Величина импульса облучения, при котором возникают ожоги кожи под обмундированием, мало зависит от мощности взрыва и определяется, в основном, видом обмундирования, его влажностью и плотностью прилегания к телу. При оценке воздействия светового излучения на личный состав тяжесть поражения зависит не только от степени ожога, но также от его площади. В совокупности эти параметры определяют общее состояние человека после облучения, т.е. характеризуют степень тяжести термического поражения (табл.3.7).

Таблица 3.6

Значения световых импульсов, соответствующие ожогам кожи разной степени, кал/см^2

Степень ожога	Открытые участки кожи при мощности взрыва, кт			
	1	10	100	1000
Первая	2,4	3,2	4	4,8
Вторая	4	6	7	9
Третья	8	9	11	12
Четвертая	Более 8	Более 9	Более 11	Более 12

Таблица 3.7

Характеристика тяжести термического поражения личного состава

Степень тяжести термического поражения	Процент поверхности тела со степенью ожога		Вероятность смертельного исхода	Вероятность восстановления боеспособности
	второй	третьей		
Первая	До 10	До 3	Единичные случаи	До 95 % (в течение 7 недель)
Вторая	10…20	3…10	До 5 %	До 70 % (в течение от 5 до 15 недель)
Третья	20…30	10…20	20…30 %	До 15 % (в течение от 15 до 20 недель)
Четвертая	Более 30	Более 20	100 %	–

Кроме ожогов кожи, световое излучение может вызвать поражение глаз, которое проявляется в виде ожогов глазного дна, возникающих на больших расстояниях при прямом взгляде на

светящуюся область, и временного ослепления. Продолжительность последнего зависит от времени суток, расстояния до взрыва и может составлять от нескольких секунд до нескольких минут. Так, при мощности взрыва 1000 кт продолжительность ослепления ночью на расстоянии 10 км от центра составит 30 мин, а на расстоянии 50 км – до 2 мин.

Под действием светового излучения **в лесных массивах, населенных пунктах** могут возникать **пожары**, которые обусловливают **косвенное поражение** личного состава. Оно характеризуется теми же степенями ожогов.

Пожары в лесах и населенных пунктах сопровождаются выделением ядовитых продуктов горения. При этом создаются максимальные концентрации угарного (около 1,2…7 %) и углекислого (около 10 %) газов. Соответственно снижается концентрация кислорода до 8…12 %.

Действие угарного газа зависит от его концентрации в воздухе (табл.3.8).

Таблица 3.8

Характеристика поражающего действия окиси углерода

Концентрация		Характер действия
в %	в мг/л	
0,04	0,04	Головные боли и тошнота через 1…2 ч
0,32	3,7	Головные боли через 10 мин, потеря сознания и смерть через 30 мин
0,64	7,5	Потеря сознания через 1…2 мин, смерть через 10…15 мин
1,28	15,0	Потеря сознания и смерть через 1…2 мин

Воздействие светового излучения на ВВТ и другие объекты характеризуется данными, приведенными на рис.3.15.

Распространение пожаров является важным фактором, влияющим на боеспособность частей и подразделений, поэтому при оценке обстановки после применения ЯО необходимым ее элементом является оценка *пожарной обстановки*.

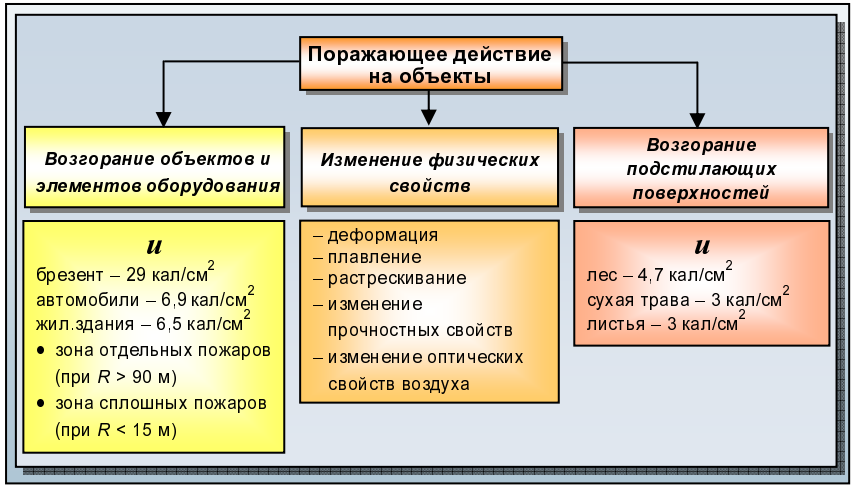


Рис.3.15. Воздействие светового излучения на ВВТ и другие объекты

Распространение **пожаров на объектах и в населенных пунктах** зависит от огнестойкости материалов, из которых – возведены здания и сооружения, изготовлено оборудование и другие элементы объекта; степени пожарной опасности технологических процессов, сырья и готовой продукции; плотности и характера застройки. При расстояниях между зданиями более 90 м пожар, как правило, не распространяется, при расстояниях около 15 м вероятность развития пожаров составляет 50 %. При большой плотности застроек пожары перерастают в сплошные.

Последствием воспламеняющего действия светового излучения могут быть обширные **лесные пожары**. Возникновение и развитие пожаров в лесу зависит от времени года, метеорологических условий и рельефа местности. Сухая погода, сильный ветер и ровная местность способствуют распространению пожара. Лиственный лес летом, когда деревья имеют зеленые листья, загорается не так быстро и горит с меньшей интенсивностью, чем хвойный. Осенью световое излучение ослабляется кронами меньше, а наличие сухих опавших листьев и сухой травы способствует

возникновению и распространению низовых пожаров. В зимних условиях возможность возникновения пожаров уменьшается в связи с наличием снежного покрова.

3.2.4. Защита от воздействия светового излучения

Поскольку СИЯВ распространяется прямолинейно, то защита от него более проста, чем от других ПФ, так как в качестве такой защиты могут использоваться *любая непрозрачная преграда или любой объект, создающий тень*.

Защита от СИЯВ должна обеспечивать сохранение защищаемых объектов и личного состава на тех расстояниях, с которых они не выходят из строя при воздействии ударной волны.

Защита личного состава заключается в перекрытии основных путей воздействия СИЯВ на открытые участки кожи и глаза.

Основными **способами защиты** личного состава от **непосредственного действия** СИЯВ являются:

- использование защитных свойств убежищ, сооружений, военной техники и местности;
- применение средств индивидуальной защиты (СИЗ);
- применение специальных устройств для защиты глаз;
- действия личного состава по вспышке ЯВ.

Фортификационные сооружения *закрытого* типа, а также боевые машины (танки, БМП) и другая подобная военная техника полностью защищают от светового излучения. Сооружения *открытого* типа (окопы, щели) уменьшают радиус поражения открыто расположенного личного состава в 1,5…2 раза.

Надежной защитой являются *элементы рельефа* и местные предметы, если те создают зону тени при действии светового импульса. Однако складки местности и эти предметы не могут обеспечить полной защиты (особенно в пасмурную погоду и в зимнее время) из-за наличия рассеянного светового излучения, когда часть его может поступать и в зону тени.

Для защиты *открыто расположенного личного состава* необходимо использовать ***средства индивидуальной защиты***. Выход из строя личного состава будет происходить при ожогах открытых участков кожи, начиная со 2-й степени (4…9 кал/см^2 в зависимости от мощности взрыва). Применение СИЗ значительно увеличивает допустимые значения световых импульсов. *Коэффициент защищенности* при этом окажется равным:

$$K^{з}_{СИ} = \frac{u^{з}_{доп}}{u^{о}_{доп}}, \qquad (3.24)$$

где $u^{о}_{доп}$ – допустимое значение светового импульса для ожогов 2-й степени (менее 4…9 кал/см^2) без СИЗ; $u^{з}_{доп}$ – то же для СИЗ.

Так, например, для общевойскового защитного комплекта (ОЗК) с летним обмундированием и для комплекта защитного фильтрующей одежды (КЗФО) значения $u^{з}_{доп}$ примерно равны 18 кал/см^2. Соответственно, радиус поражения СИЯВ уменьшается в 1,5…2 раза.

Специальные средства защиты глаз от СИЯВ предназначены для защиты глаз от ожоговых поражений и сокращения длительности адаптационного ослепления при действиях личного состава вне объектов ВВТ, сооружений и укрытий.

С этой целью используют *очки противоожоговые фотохромные* (ОПФ), основанные на явлении фототропизма. Под фототропизмом понимают изменение прозрачности защитного устройства (под действием света определенного диапазона длин волн) в той или иной степени. После прекращения облучения эти устройства восстанавливают свою прозрачность.

Потемнение материала в ОПФ происходит за счет энергии ультрафиолетовой части СИЯВ. Основным материалом очков являются фотохромные силикатные стекла ФХС-4 с микрокристаллами галогенидов серебра (AgCl, AgBr). Для поглощения инфракрасных (ИК) лучей используются светофильтры постоянной плотности.

Защита глаз от ожоговых поражений обеспечивается при величинах воздействующего светового импульса СИЯВ до 10 кал/см^2, при этом зоны ожоговых поражений сокращаются в 3…5 раз.

Защитные устройства на основе фототропных материалов обладают рядом достоинств. К ним относятся:

– высокое пропускание света в открытом и очень низкое пропускание в закрытом состоянии;

– значительная скорость срабатывания;

– многократность использования;

– возможность создания устройств (например, остекление кабин), не ограничивающих поле зрения.

Дополнительным способом защиты является обучение личного состава действиям, направленным на соблюдение следующих основных правил:

– при угрозе ЯВ личный состав, не занятый непосредственно выполнением боевой задачи, должен находиться в укрытиях или убежищах;

– при вспышке ЯВ необходимо выполнить норматив «Действия по вспышке ядерного взрыва»: быстро лечь на землю лицом вниз в направлении, противоположном взрыву, или занять рядом находящееся укрытие; поднять воротник обмундирования (при отсутствии СИЗ); спрятать кисти рук и оружие под себя; плотно закрыть глаза.

Перечисленные простые действия могут быть эффективными только при высокой подготовке личного состава. Поэтому необходимы систематические тренировки подразделений на местности и на боевых постах.

Защита ВВТ и различных объектов от **непосредственного действия** СИЯВ предусматривает использование непрозрачных экранов, негорючих конструкционных и облицовочных материалов. Для этих целей применяют пропитку, покрытие горючих материалов огнестойкими растворами и обмазками; покраску лаками с высоким коэффициентом отражения. Основная цель всех этих

мер – предельное уменьшение коэффициента поглощения СИЯВ материалом конструкции.

Эффективным способом защиты личного состава и объектов от СИЯВ является применение ***аэрозольных завес*** (дымов).

Защита от **косвенного действия** СИЯВ представляет собой совокупность противопожарных мероприятий, снижающих возможность возникновения и распространения пожаров в позиционных районах и потерь личного состава, ВВТ при выполнении ими задач в условиях пожаров.

С целью уменьшения вероятности возникновения пожаров **наземные сооружения** строят огнестойкими; между зданиями соблюдают противопожарные разрывы; на территории объектов выполняют правила противопожарной безопасности, предусмотренные Уставом внутренней службы и соответствующими инструкциями; формируют пожарные команды, группы и расчеты пожаротушения, которые обеспечивают необходимыми техническими средствами пожаротушения.

Для защиты **лесов** от пожаров производят их расчистку от валежника и сухостоя, устраивают противопожарные полосы, которые прокладывают через 150…300 м. Ширина полосы зависит от возраста леса, его вида и достигает пределов от 4…6 м до 20…60 м.

С целью защиты наземных объектов от лесного пожара между лесом и объектом должен соблюдаться противопожарный разрыв, равный 2,5…3 высотам деревьев.

Для защиты **личного состава** в зоне пожаров используют индивидуальные средства и средства коллективной защиты (СКЗ). С целью предупреждения отравления окисью углерода применяют фильтрующие противогазы с гопкалитовым патроном или изолирующие дыхательные аппараты. Герметизированные убежища в зоне пожаров переводят в режим полной изоляции.

В зоне низовых пожаров для защиты можно использовать негерметизированные убежища, личный состав при этом должен находиться в средствах защиты органов дыхания.

Глава 4
ОБЩИЕ СВОЙСТВА ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

4.1. Источники и виды ионизирующих излучений при ядерном взрыве

Ударная волна и световое излучение – это ПФ, свойственные любому взрыву – ядерному или обычного ВВ. Различия носят количественный характер, так как ЯВ по своей мощности может на несколько порядков превосходить взрыв ВВ.

Существенным отличием ЯВ от обычного является то, что он сопровождается испусканием излучений, имеющих внутриядерное происхождение. Так как эти излучения при прохождении через любое вещество производят в нем *непосредственную* или *косвенную* **ионизацию**, то их называют **ионизирующими излучениями** (ИИ).

В процессе ионизации из атома или молекулы освобождаются один или несколько электронов, а оставшаяся часть приобретает положительный заряд, становясь положительным ионом. ***Непосредственную ионизацию*** производят ***заряженные частицы*** (α-частицы, электроны), а ***косвенную*** через ***вторичные процессы*** – гамма-, рентгеновское излучение и нейтроны.

Таким образом, **ионизация** является первопричиной всех тех процессов, которые принято называть **поражающим действием ИИ**.

Воздействие ИИ на *личный состав* приводит к возникновению лучевых поражений различной степени тяжести. *Материалы, радиоэлектронная аппаратура и некоторые образцы военной техники*, находясь под облучением ИИ, могут испытывать обратимые и необратимые изменения своих свойств, приводящие к полной или частичной потере их работоспособности.

Основными источниками ИИ при ЯВ являются **реакции деления** и **синтеза**, которые сопровождаются высвечиванием *мгновенного* гамма- и нейтронного излучения, нейтронного излучения и альфа-частиц, соответственно. При радиоактивном **распаде осколков деления** испускается *осколочное* бета-, гамма- и нейтронное излучение. И, наконец, с поверхности **высокотемпературной плазмы** исходит поток *рентгеновского излучения*.

Процесс испускания этих ИИ для наземного и воздушного ЯВ схематично можно представить в виде последовательности стадий развития ЯВ (рис.4.1).

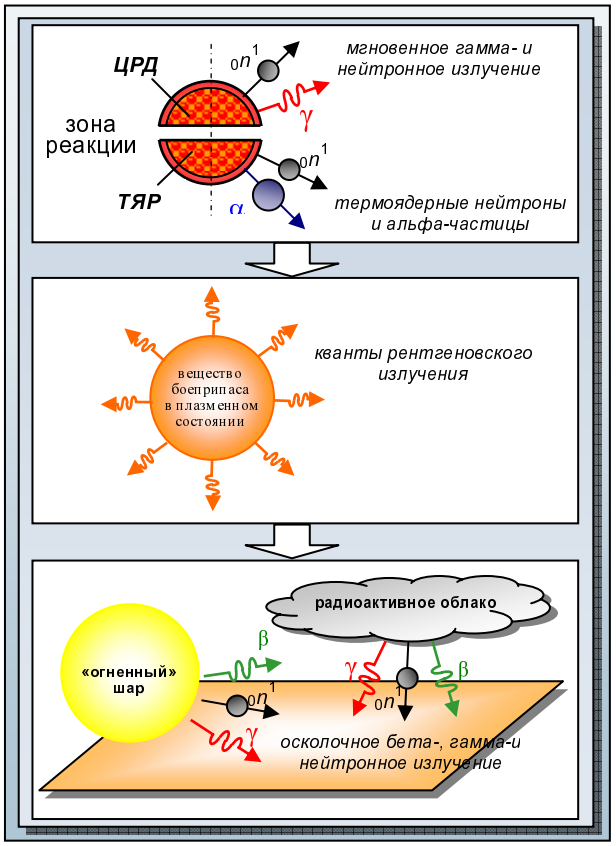


Рис.4.1. Последовательность испускания ИИ ЯВ

Появление ИИ в случае наземного и воздушного ЯВ приводит к возникновению ПФ, действие которых обусловлено непосредственной передачей энергии ИИ облучаемому объекту: **проникающей радиации** и **радиоактивного заражения местности**. Условно эти ПФ можно назвать ***радиационными*** (РПФ).

При распространении мгновенного гамма-излучения в атмосфере, в последней возникает вторичный ПФ, обусловленный передачей энергии ИИ атомам воздуха – **электромагнитный импульс**.

Появление ЭМИ связано с образованием электромагнитного поля радиотехнического диапазона длин волн. Поэтому назовем этот ПФ, в силу физического механизма его воздействия, ***электромагнитным***.

Таким образом, как характер поражающего действия ИИ, так и процесс образования вторичного поражающего явления (ЭМИ) определяется, прежде всего, механизмами преобразования энергии ИИ, вытекающими из основных свойств излучений и закономерностей их взаимодействия с веществом.

4.2. Общая характеристика источников ионизирующих излучений ядерного взрыва и их поля

Любой источник ИИ (а в более широком смысле – источник излучений любой физической природы) может быть полностью охарактеризован, если известны:

1. Механизм испускания ИИ, их вид, начальная интенсивность и энергия.

2. Геометрические и временные характеристики источника.

3. Пространственно-временное распределение ИИ в окружающей среде.

Данные **первой группы** весьма специфичны для каждого радиационного ПФ и зависят от физических процессов, приводящих к их появлению, что и будет рассмотрено ниже.

Геометрические характеристики источника зависят от расстояния до объекта воздействия и формы источника. По этим признакам он может быть *точечным* или *пространственным* (линейным, плоским, объемным). Если размеры источника много меньше расстояния до объекта, на который оказывается воздействие, то такой источник считается точечным, независимо от его геометрической формы. В противном случае необходимо учитывать его геометрию, используя принцип суперпозиции точечных элементарных источников путем интегрирования по длине, плоскости или объему.

В зависимости от **временных** характеристик *импульсным* можно считать источник, время действия которого пренебрежимо мало по сравнению с длительностью формирования рассматриваемого процесса поражения. Для *длительно действующих* источников необходим учет продолжительности их действия.

Пространственно-временное распределение излучения в среде составляет ***поле***, создаваемое источником ИИ.

Полное представление о поле можно получить, если указать: ***сколько*** **частиц** или **квантов**, ***с какой энергией*** и ***с какого направления*** приходят в любую точку среды в каждый момент времени. Обычно поле ИИ описывают в **потоковых величинах**. В прикладных задачах наибольшее применение находят флюенс Φ, плотность потока частиц (квантов) φ, интенсивность излучения I.

Вычисление указанных потоковых характеристик сводится к интегрированию частиц или их энергии, приходящих в данную точку пространства в окружающую ее элементарную сферу со всех направлений.

Флюенсом (или переносом) частиц называется отношение числа частиц ΔN, проникающих в объем элементарной сферы, к площади поперечного сечения этой сферы ΔS за все время действия источника.

Значение величины флюенса может быть определено из выражения:

$$\Phi = \frac{\Delta N}{\Delta S}\ , \qquad (4.1)$$

где Φ – в $1/м^2$; $1/см^2$.

Плотностью потока (мощностью флюенса) называется число частиц, пересекающих площадь ΔS за единицу времени.

Плотность потока будет равна:

$$\varphi = \frac{\Delta N}{\Delta S \cdot \Delta t}, \qquad (4.2)$$

где φ – в $1/(м^2 \cdot с)$; $1/(см^2 \cdot с)$.

Интенсивность излучения (плотность потока энергии) – это количество энергии частиц ΔE, пересекающих площадь ΔS за единицу времени.

Интенсивность излучения вычисляется по формуле:

$$I = \frac{\Delta E}{\Delta S \cdot \Delta t}, \qquad (4.3)$$

где I – в $МэВ/(м^2 \cdot с)$; $МэВ/(см^2 \cdot с)$.

Потоковые величины являются исходными для формирования параметра ИИ, которым определяется поражающее действие конкретного ПФ. Для того, чтобы понять сущность поражающего действия ИИ, необходимо рассмотреть процессы их взаимодействия с веществом.

4.3. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом

4.3.1. Понятие сечения взаимодействия

Изменение потоковых характеристик при прохождении излучений через вещество связано с понятием **сечения взаимодействия** (рис.4.2).

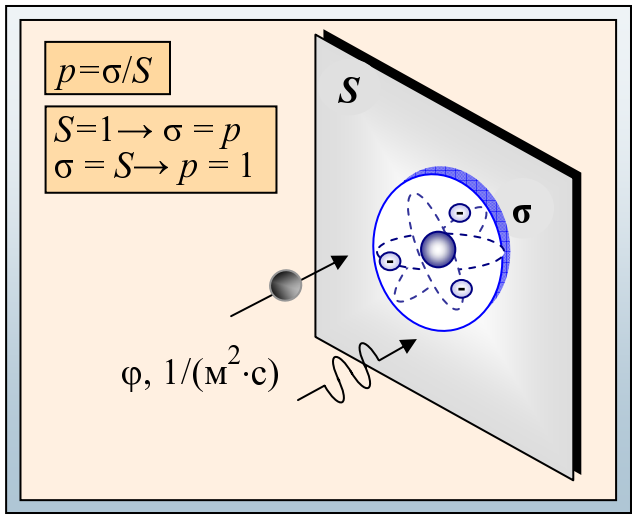


Рис.4.2. К понятию сечения взаимодействия

Пусть бесконечно тонкий слой вещества площадью S, на которой расположен только один атом, обстреливается частицами с плотностью потока φ, $1/(м^2 \cdot с)$. Очевидно, что вероятность попадания частицы p в мишень есть отношение площади цели ко всей площади, на которой она находится, т.е. $p = \sigma/S$, где σ – микроскопическое поперечное сечение взаимодействия или просто сечение взаимодействия. Отсюда,

сечение взаимодействия – есть сечение сферы, описанной вокруг атома (ядра), при пересечении которой ***обязательно*** произойдет взаимодействие: при $\sigma = S$, $p = 1$.

Для единичной площади ($S = 1$), $p = \sigma$ и, следовательно, величина σ численно равна вероятности взаимодействия частицы с одним изолированным атомом (ядром). Размерность σ совпадает с размерностью площади: $м^2$ ($см^2$) или внесистемная единица – барн (1 барн $\approx 10^{-28}$ $м^2$, 10^{-24} $см^2$).

Рассмотрим теперь изменение плотности потока частиц φ_0 при прохождении через слой вещества толщиной h (рис.4.3).

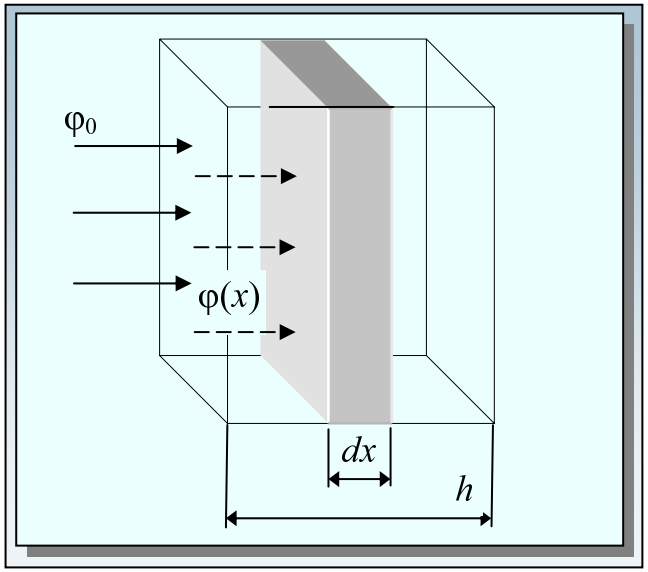


Рис.4.3. Изменение плотности потока частиц при прохождении через слой вещества

Пусть n – концентрация атомов в слое вещества (n, ед/м^3). Каждая частица, попавшая внутрь площади σ, покидает пучок в результате: или поглощения в веществе, или при рассеянии на его атомах. Таким образом, в данной схеме рассматривается изменение плотности φ_0 только *первичного* (прямого) пучка излучения.

Ослабление плотности потока при прохождении через слой dx будет равно:

$$d\varphi = -\varphi(x)\cdot\sigma\cdot n dx. \qquad (4.4)$$

Отсюда:

$$\frac{d\varphi}{\varphi} = -\sigma n dx\,,\ \ \ln\varphi = \sigma n h + C,$$

где C – постоянная интегрирования, при $h = 0$, $C = \ln\varphi_0$.

Тогда, после интегрирования окончательно получаем:

$$\varphi = \varphi_0 e^{-\sigma n h} = \varphi_0 e^{-kh}\,. \qquad (4.5)$$

Коэффициент $k = \sigma n$ имеет размерность обратной длины (м$^{-1}$). Из (4.4) следует:

$$k = -d\varphi/\varphi\,/dx. \qquad (4.6)$$

Следовательно, k есть относительное изменение плотности потока частиц (флюенса, интенсивности) на единице длины поглотителя.

Для **γ-квантов**, которые взаимодействуют в основном с электронами, можно записать:

$$k \equiv \mu = n_e\cdot\sigma_e\,, \qquad (4.7)$$

где n_e, σ_e – число электронов в единице объема вещества и сечение взаимодействия на электрон, соответственно; μ – ***линейный коэффициент ослабления γ-квантов***, характеризующий относительное изменение их плотности потока на единице длины поглотителя.

Для **нейтронов**, взаимодействующих с ядрами:

$$k \equiv \Sigma = n_я\cdot\sigma_я\,, \qquad (4.8)$$

где Σ – ***макроскопическое сечение взаимодействия*** (коэффициент ослабления для нейтронов), которое представляет собой сечение всех ядер, находящихся в единице объема $n_я$.

Обратные величины $\lambda_\gamma = 1/\mu$, $\lambda_n = 1/\Sigma$ имеют размерность длины и называются средними длинами свободных пробегов.

Средняя длина свободного пробега – это расстояние, проходимое частицей или квантом между двумя последовательными взаимодействиями.

В соответствии с (4.5), на расстоянии, равном одной длине свободного пробега $h = \lambda$, прямой пучок излучения уменьшается в e раз:

$$\varphi = \varphi_0 \exp(-h/\lambda); \quad \frac{\varphi}{\varphi_0} = \exp(-h/\lambda).$$

Рассматривая понятие «сечения взаимодействия ИИ с веществом», имеют в виду лишь первичные, элементарные акты взаимодействия, в которых происходит передача энергии ИИ среде. Конечным результатом этих актов является **ионизация**, однако в целом ***способы*** передачи энергии веществу ***различны*** для *заряженных частиц*, *гамма-*, *рентгеновского излучения* и *нейтронов*.

4.3.2. Взаимодействие заряженных частиц с веществом

К ***заряженным частицам*** относятся электроны (β-частицы), а также протоны, α-частицы и ядра (ионы) более тяжелых элементов. Последние образуются при взаимодействии нейтронов (выделяющихся при ЯВ) с веществом.

Основными механизмами взаимодействия *заряженных частиц* с веществом являются взаимодействие с **электронами**, приводящее к **ионизации** среды, и взаимодействие с **кулоновским полем ядра**, вызывающее образование **тормозного излучения**.

Ионизационные потери или средние потери энергии на **ионизацию** на единице пути $\left(-\frac{dE}{dx}\right)_{\text{И}}$, МэВ/м; МэВ/см зависят, в основном, от плотности вещества ρ, его атомного номера Z, энергии частицы E и ее заряда z:

$$\left(-\frac{dE}{dx}\right)_{\text{И}} \approx z^2 \cdot \rho \cdot Z \cdot \ln E. \qquad (4.9)$$

При прочих равных условиях, чем больше заряд частицы, тем выше потери на ионизацию. Этим объясняется различная проникающая способность, например, α- и β-частиц. При нормальных условиях пробеги α-частиц в воздухе составляют несколько сантиметров, а β-частиц с той же энергией – несколько метров.

При ускорении заряженных частиц в **кулоновском поле** они теряют свою энергию, испуская электромагнитное (рентгеновское) излучение. Это излучение называют **тормозным**, а потери энергии – ***тормозными*** или ***радиационными***. Так как ускорение обратно пропорционально массе частицы, потери на тормозное излучение существенны лишь для электронов, обладающих минимальной массой.

Величина тормозных потерь на единице пути составляет:

$$\left(-\frac{dE}{dx}\right)_{\text{Т}} \approx Z^2 \cdot \rho \cdot E. \qquad (4.10)$$

Сравнение формул (4.9) и (4.10) показывает, что с увеличением Z и E потери на тормозное излучение быстро возрастают и становятся преобладающими, особенно для веществ с большими Z. Полные потери энергии на единицу пути равны сумме:

$$\left(-\frac{dE}{dx}\right)_{\Sigma} = \left(-\frac{dE}{dx}\right)_{\text{И}} + \left(-\frac{dE}{dx}\right)_{\text{Т}}. \qquad (4.11)$$

В области энергий электронов ядерного взрыва ($E_\beta \le 10$ МэВ) основную роль играют ионизационные потери.

Для заряженных частиц характерна постепенная передача энергии путем многократных столкновений с электронами без значительного отклонения направления движения от первоначального. Поэтому потеря всей энергии частицы определяет ее пробег в веществе:

$$R = \int_{E_{\max}} \frac{dE}{(-dE/dx)_{\Sigma}}. \qquad (4.12)$$

На практике пробеги частиц рассчитывают по эмпирическим формулам, получаемым путем обработки результатов экспериментов. Так, для бета-частиц используется зависимость:

$$R_\beta(E_\beta) = \frac{0{,}542E_\beta - 0{,}133}{\rho}, \qquad (4.13)$$

где $R_\beta(E_\beta)$ – пробег в см, E_β – в МэВ.

Значения пробегов β-частиц в некоторых веществах приведены в табл.4.1.

Таблица 4.1

Пробеги β-частиц в веществах

E_β, МэВ	R_β, см		
	Воздух	Биоткань	Алюминий
0,5	160	0,15	0,084
1,0	292	0,335	0,2
2,0	659	0,776	0,56
5,0	1690	2,11	1,19

Пробег R_β есть толщина слоя вещества, за пределы которого не вылетает ни одна частица с энергией E_β.

Таким образом, **заряженные частицы** передают всю свою энергию на **ограниченной толщине поглотителя**, определяемой длиной пробега частиц.

4.3.3. Взаимодействие рентгеновского и гамма-излучения с веществом

Рентгеновское и гамма-излучение в диапазоне энергий, характерных для излучения ядерного взрыва ($E_\gamma \le 10$ МэВ), передает свою энергию веществу посредством трех процессов: фото-

электрического поглощения, комптоновского рассеяния и образования пар.

Фотоэлектрическое поглощение (фотоэффект) состоит в том, что квант с энергией E_γ, превышающей энергию $E_{св}$ связи электрона на *K*-оболочке, ближайшей к ядру в атоме, выбивает его из электронной оболочки (рис.4.4). Выбитый электрон обладает энергией $E_{кин} = (E_\gamma - E_{св})$, которую тратит на ионизацию последующих атомов. Первоначальный γ-квант исчезает, поэтому процесс представляет чистое ***поглощение*** γ-квантов.

«Вакантное» место выбитого электрона заполняется одним из внешних электронов, находящихся на более удаленных (*L*, *M*,…) оболочках, при этом высвечивается один или несколько квантов флуоресцентного излучения в оптическом диапазоне.

Таким образом, при фотоэффекте вместо поглощенного кванта возникает движущийся электрон и кванты характеристического (флуоресцентного) излучения.

Линейный коэффициент фотоэлектрического поглощения $\mu_{фэ}$ резко возрастает с уменьшением E_γ и при переходе от легких элементов к более тяжелым ($\mu_{фэ} \sim Z^3$).

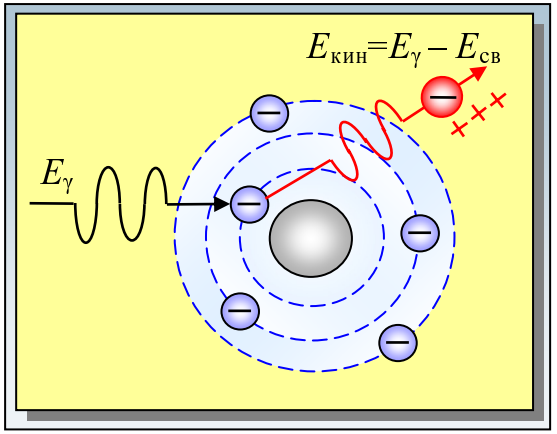


Рис.4.4. Схема фотопоглощения γ-кванта

Следовательно, **фотоэффект** является основным процессом **поглощения** γ-квантов малых энергий ($E_\gamma \le 0{,}3\ldots0{,}5$ МэВ) в тяжелых веществах.

Комптоновское рассеяние представляет собой упругое столкновение γ-кванта с электронами внешних оболочек атомов. Эти электроны можно считать свободными, поскольку их связь с ядром пренебрежимо мала. При столкновении часть энергии первичного кванта передается электрону, вылетающему под углом φ_2 к направлению движения первичного кванта, а сам квант, потеряв часть энергии, рассеивается под углом φ_1. Образовавшийся электрон, называемый «комптоновским», производит ионизацию атомов среды (рис.4.5).

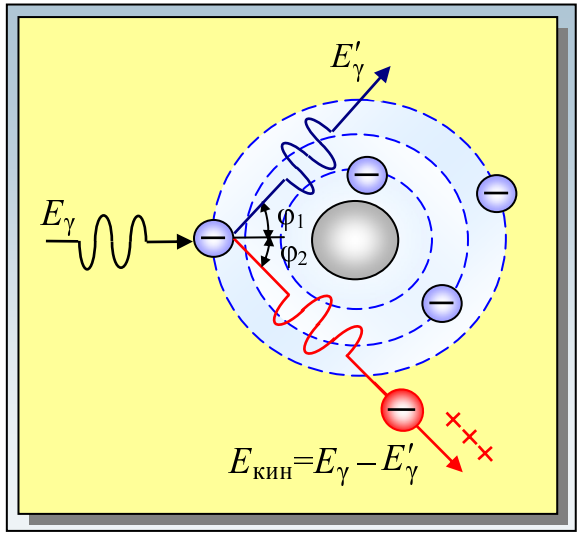


Рис.4.5. Схема комптоновского рассеяния γ-кванта

Угол рассеяния кванта может изменяться в диапазоне $\varphi_1 = 0\ldots\pi$, в том числе, происходит и рассеяние назад, а электрон всегда движется вперед ($\varphi_2 = 0\ldots\pi/2$). Рассеянный квант вступает

в последующие столкновения, происходящие до тех пор, пока его энергия не уменьшится до величины, при которой преобладает фотоэффект.

Так как рассеяние происходит на электронах, то коэффициент ослабления в результате комптоновского рассеяния $\mu_{кр}$ пропорционален их числу в атоме Z и, следовательно, процесс с большей вероятностью протекает в более тяжелых веществах при энергиях квантов $E_\gamma \le 3\ldots5$ МэВ.

Коэффициент $\mu_{кр}$ равен сумме:

$$\mu_{кр} = \mu_{рас} + \mu_e, \qquad (4.14)$$

где $\mu_{рас}$ – коэффициент истинного рассеяния, характеризующий вероятность образования рассеянного кванта; μ_e – характеризует вероятность образования комптоновского электрона.

Таким образом, **комптоновское рассеяние** является основным процессом **ослабления** плотности потока γ-квантов в любых веществах.

В электрическом поле ядра может произойти поглощение γ-кванта с последующим образованием двух частиц (пары): электрона e^- и позитрона e^+ (рис.4.6). Энергия, соответствующая массе покоя m_0 каждой частицы, $m_0c^2 = 0{,}51$ МэВ. Следовательно, процесс вероятен при $E_\gamma \ge 2m_0c^2$, где c – скорость света. Разность энергий ($E_\gamma - 2m_0c^2$) преобразуется в кинетическую энергию образовавшейся пары и тратится на ионизацию среды.

Свободный позитрон быстро рекомбинирует с одним из электронов пары или электронной оболочки, при этом испускается аннигиляционный γ-квант с $E_\gamma = 0{,}51$ МэВ.

Вероятность процесса $\mu_п$ быстро растет с увеличением энергии E_γ и заряда ядра ($\sim Z^2$).

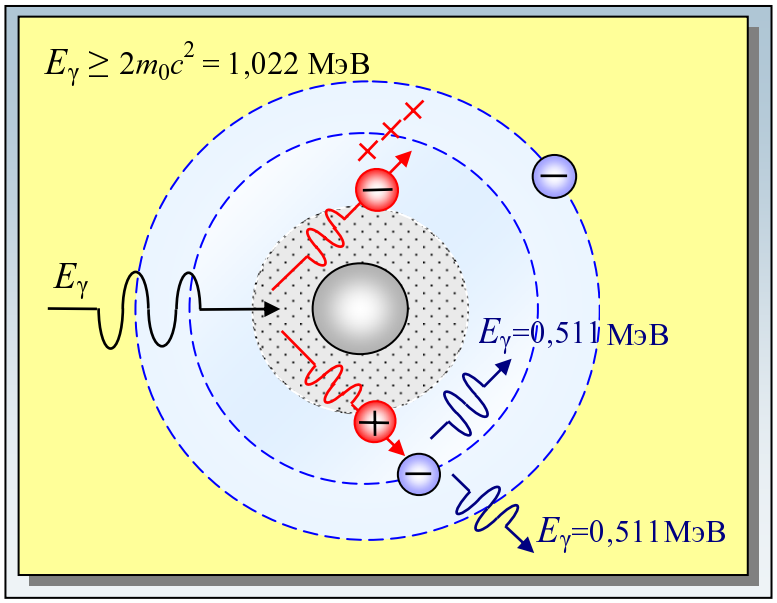


Рис.4.6. Схема образования электронно-позитронных пар

Таким образом, в результате каждого из трех процессов взаимодействия в облучаемой среде возникает большое число движущихся электронов, производящих ионизацию, и рассеянных γ-квантов.

Относительное изменение интенсивности излучения при этом характеризуется **полным линейным коэффициентом ослабления μ**, равным сумме коэффициентов ослабления для каждого из рассмотренных процессов:

$$\mu = \mu_{фэ} + \mu_{кр} + \mu_{п}. \qquad (4.15)$$

Коэффициент передачи энергии (**коэффициент поглощения μ_a**) характеризует энергию, переданную электронам, и с учетом (4.14) будет равен:

$$\mu_a = \mu_{фэ} + \mu_e + \mu_{п}, \qquad (4.16)$$

и, следовательно,

$$\mu = \mu_a + \mu_{рас}. \qquad (4.17)$$

Из физического смысла коэффициентов μ и μ_a следует:

коэффициент **μ** используется для оценки **ослабления** γ-излучения веществом, т.е. **при расчете защиты**, а коэффициент **μ_a** – для определения **поглощенной энергии**, т.е. для **оценки поражающего действия**.

4.3.4. Взаимодействие нейтронов с веществом

Нейтрон – тяжелая элементарная частица, не имеющая заряда и потому взаимодействующая с веществом путем столкновения с ядрами атомов. В зависимости от кинетической энергии нейтронов их простейшая классификация включает три энергетические группы:

- *тепловые* нейтроны с $E_{0n^1} \leq 0{,}5$ кэВ;
- *промежуточные* нейтроны $0{,}5$ кэВ $< E_{0n^1} \leq 0{,}5$ МэВ;
- *быстрые* нейтроны с $E_{0n^1} > 0{,}5$ МэВ.

Все существующие источники нейтронов, в том числе и ядерный взрыв, генерируют ***быстрые нейтроны***. При взаимодействии с веществом они могут превращаться в промежуточные и тепловые.

Основными процессами взаимодействия нейтронов с веществом являются упругое и неупругое рассеяние и поглощение.

Упругое рассеяние нейтронов на ядрах есть обычный процесс соударения двух упругих шаров (аналогия – соударение двух бильярдных шаров), при котором часть кинетической энергии нейтрона передается неподвижному ядру, и оно начинает двигать-

ся (рис.4.7). Движущееся ядро, называемое ***ядром отдачи***, тратит свою энергию, как и всякая тяжелая заряженная частица, в основном, на ионизацию среды. Нейтрон, потеряв часть своей энергии, меняет направление распространения, т.е. претерпевает рассеяние.

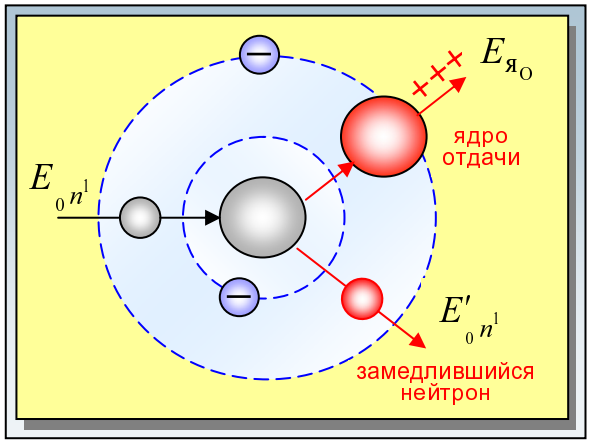


Рис.4.7. Схема упругого рассеяния нейтрона

Величина энергии $E_я$, переданная ядру отдачи, пропорциональна энергии нейтрона:

$$E_я = \eta \cdot E_{0n^1}, \qquad (4.18)$$

где коэффициент η зависит от угла θ и масс ядра и нейтрона:

$$\eta = \frac{4m_я \cdot m_{0n^1}}{(m_я + m_{0n^1})^2}\cos^2\theta_я. \qquad (4.19)$$

Из формулы (4.19) видно, что с уменьшением массы ядра значение η увеличивается. В предельном случае рассеяния на протонах ($m_p \approx m_{0n^1}$) при $\theta_я = 0$ («лобовой» удар) коэффициент $\eta \approx 1$, т.е. энергия нейтрона теряется в одном столкновении. При упругом столкновении нейтрона той же энергии с ядрами урана ($m_U \approx 235\, m_{0n^1}$) потеря энергии происходит в результате нескольких сотен соударений.

Отсюда следует:

упругое рассеяние является основным процессом **замедления быстрых нейтронов** в **легких веществах** (воде, полиэтилене, биоткани и т.д.).

В этих веществах нейтрон быстро и большими порциями теряет свою энергию, проскакивает промежуточную область и становится тепловым.

В отличие от упругого рассеяния **неупругое рассеяние** – пороговый процесс. В этом взаимодействии нейтрон проникает внутрь ядра и переводит его в возбужденное состояние. Переход составного, возбужденного, ядра в основное состояние сопровождается испусканием нейтрона с меньшей, чем у первоначального, энергией и γ-кванта, уносящего энергию возбуждения (рис.4.8).

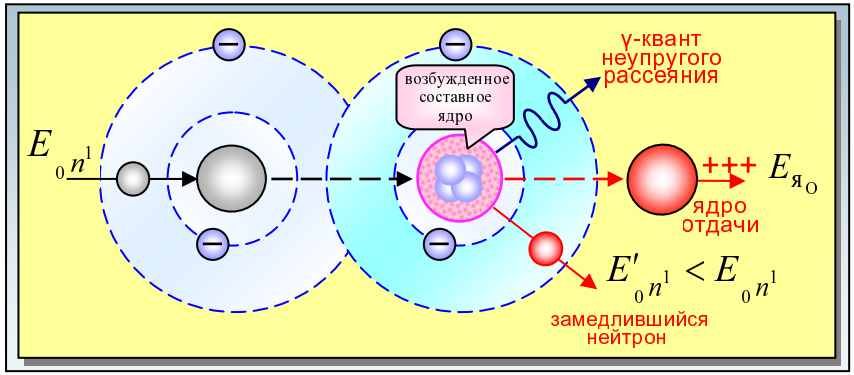


Рис.4.8. Схема неупругого рассеяния нейтрона

Следовательно, ядра вещества становятся источником ***γ-излучения***, которое производит косвенную ионизацию вещества путем образования фото- и комптоновских электронов. После прекращения действия нейтронов γ-излучение исчезает.

Для того, чтобы проникнуть в ядро, нейтрон должен иметь энергию не ниже, чем энергия первого возбужденного уровня

ядра. Для тяжелых ядер эта энергия ΔE = 0,1…0,5 МэВ, для легких – несколько МэВ. Поэтому процесс наиболее вероятен при взаимодействии быстрых нейтронов с тяжелыми ядрами. На легких ядрах его вероятность незначительна.

Таким образом, в среде со **средней** и **большой** атомной массой ($A > 40$) **быстрые** нейтроны испытывают несколько неупругих столкновений, теряют часть своей энергии и становятся **промежуточными**. Последние в результате упругого рассеяния превращаются в **тепловые**.

Тепловые нейтроны находятся в тепловом равновесии с атомами вещества ($E_{0}{}^{n^1}$ = 0,025 эВ). Под действием ядерных сил притяжения они захватываются ядром и остаются в нем – **поглощаются** (рис.4.9,*а*).

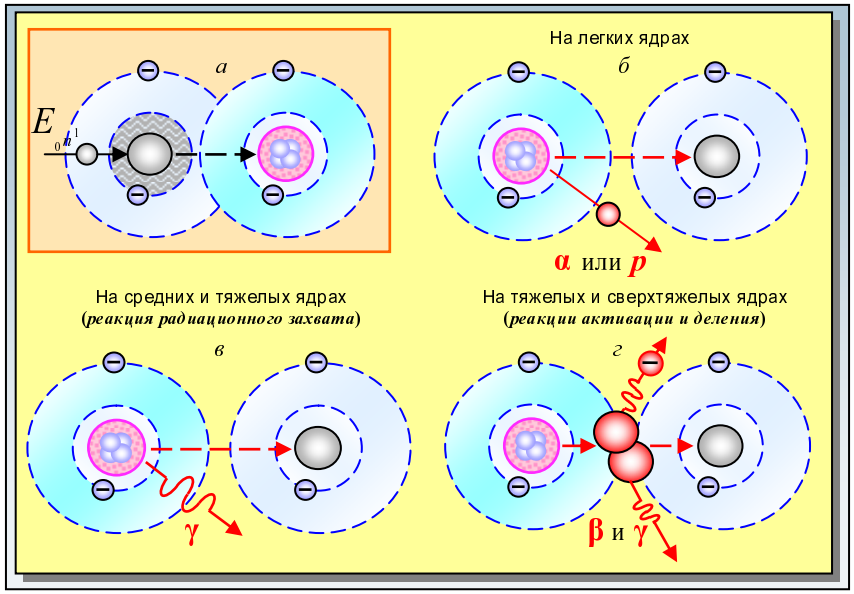


Рис.4.9. Схема поглощения нейтрона

При этом ядро возбуждается и возвращается в исходное состояние путем испускания γ-квантов или заряженных частиц. На *легких* ядрах (бор, литий, алюминий и др.) поглощение нейтрона происходит с испусканием α-частиц или протонов (рис.4.9,*б*). На *средних* и *тяжелых* ядрах (рис.4.9,*в*) поглощение нейтрона сопровождается испусканием γ-излучения (реакция ***радиационного захвата***). Часть *тяжелых* ядер при поглощении нейтрона становятся радиоактивными (***реакция активации***), а на *сверхтяжелых* ядрах происходит ***реакция деления*** (рис.4.9,*г*).

Таким образом, в результате актов взаимодействия **нейтроны** передают свою энергию веществу **косвенным образом** – путем образования ядер отдачи, α-, β-частиц, протонов, γ-излучения.

4.4. Основные дозовые величины

Количественными мерами радиационной нагрузки на объекты живой и неживой природы являются **дозовые величины** – доза и мощность дозы.

Доза облучения *D* (от греч. *dosis* – порция, определенное количество чего-либо) – количество энергии, переданной облучаемому объекту в результате взаимодействия ИИ с ним.

Мощность дозы облучения *P* – величина, характеризующая скорость изменения дозы во времени.

Эти величины взаимосвязаны соотношениями:

$$P = dD/dt \quad \text{и} \quad D = \int_0^{t_{\text{обл}}} P(t)\,dt\,, \qquad (4.20)$$

где $t_{\text{обл}}$ – продолжительность облучения.

Таким образом, доза характеризует конечный интегральный эффект облучения, а мощность дозы – скорость изменения этого эффекта.

К основным дозовым величинам относятся поглощенная, экспозиционная и эквивалентная дозы, а также соответствующие им мощности доз.

Поглощенная доза – количество энергии ИИ, поглощенной в единице массы облучаемого вещества: $D_{\text{п}} = \Delta E/\Delta m$.

За единицу поглощенной дозы в системе *СИ* принят 1 грей (Гр), равный энергии ИИ в один джоуль, поглощенной в 1 кг массы, т.е. 1 Гр = 1 Дж/кг. Внесистемной единицей, часто используемой на практике, является рад (аббревиатура от англ. *radiation absorbed dose*).

1 рад = 0,01 Гр или 1 Гр = 100 рад. Дольными (более мелкими) единицами являются: 1 мГр (1 мрад) и 1 мкГр (1 мкрад).

Скорость приращения поглощенной дозы называется ***мощностью поглощенной дозы*** $P_{\text{п}}$: $P_{\text{п}} = \Delta D_{\text{п}}/\Delta t$.

Величину поглощенной дозы можно определить, зная подводимую энергию (интенсивность излучения I), линейный коэффициент поглощения μ_{a}, продолжительность облучения $t_{\text{обл}}$ и плотность вещества ρ:

$$D_{\text{п}} = \mu_{\text{a}} I t \frac{1}{\rho}, \quad P_{\text{п}} = \frac{\mu_{\text{a}} I}{\rho}. \qquad (4.21)$$

Отсюда, при одинаковой интенсивности излучения, зная поглощенную дозу в одном веществе $D_{\text{п}_1}$, можно определить ее в любом другом $D_{\text{п}_2}$:

$$D_{\text{п}_2} = \frac{\mu_{\text{a}_2}}{\mu_{\text{a}_1}} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot D_{\text{п}_1}. \qquad (4.22)$$

Поглощенная доза – универсальная величина, применимая при облучении ***различных веществ*** живой и неживой природы ***любыми видами ИИ***.

В большинстве практических случаев требуется определение дозы в ***биологической ткани***. Однако провести непосредственное измерение поглощенной дозы в ткани прямым методом (по изменению температуры ткани) очень трудно, а зачастую невозможно, так как поглощение энергии происходит по глубине тела человека крайне неравномерно. В результате общее количество поглощенной энергии будет небольшим, но некоторые клетки организма могут быть значительно повреждены. Поэтому поглощенную дозу измеряют косвенно путем измерения действия ИИ на некоторую *стандартную среду*, а затем пересчитывают к дозе в биологической ткани.

Выбранная стандартная среда должна удовлетворять двум основным условиям. Во-первых, быть тканеэквивалентной, а, во-вторых, поглощенная энергия в ней должна быть легко измеряема.

Тканеэквивалентными называются вещества, имеющие тот же атомный номер Z (эффективный атомный номер $Z_{\text{эф}}$ для сложных веществ), что и биологическая ткань. Равенство Z или $Z_{\text{эф}}$ означает равенство электронных концентраций, а следовательно, и величин поглощенной энергии гамма- и рентгеновского излучения. Для биологической ткани $Z_{\text{эф}} = 7{,}42$; для воздуха $Z_{\text{эф}} = 7{,}64$. Поэтому воздух выбран в качестве тканеэквивалентной среды для определения дозы гамма- и рентгеновского излучения в биоткани. Количественные измерения дозы осуществляют по производимой в воздухе ионизации. Результат этой ионизации может быть легко измерен при помощи простых устройств типа ионизационных камер.

Для характеристики эффекта ионизации ***воздуха*** принята экспозиционная доза.

Экспозиционная доза – суммарный электрический заряд всех ионов одного знака, образованных в единице массы воздуха: $D = \Delta Q/\Delta m$.

За единицу экспозиционной дозы в системе *СИ* принят кулон на килограмм (1 Кл/кг). Кулон на килограмм – экспозиционная доза рентгеновского и γ-излучения, при которой в килограмме сухого воздуха при нормальных условиях образуются ионы, несущие заряд в 1 Кл каждого знака.

Внесистемной единицей измерения D является рентген (Р). Экспозиционной дозе в 1 Р соответствует поглощенная доза, равная 0,88 рад, и, следовательно, можно считать, что измеренная в воздухе доза D (Р) при тех же условиях соответствует приблизительно поглощенной дозе в мягкой биологической ткани:

$$D \approx 0{,}88 D_{\text{п}} . \qquad (4.23)$$

Дольными единицами являются: 1 мР и 1 мкР.

Существенная **разница** между $\boldsymbol{D}$ и $\boldsymbol{D_{\text{п}}}$ заключается в том, что ***экспозиционная доза*** есть характеристика ***поля***, создаваемого источником ИИ, а ***поглощенная доза*** – есть характеристика ***взаимодействия поля*** излучения ***с*** каким-либо облучаемым ***веществом***. Поэтому при одной и той же интенсивности излучения (одной и той же экспозиционной дозе) поглощенная доза будет различна в зависимости от материала, размеров и формы облучаемого вещества.

Рассмотренные характеристики $D_{\text{п}}$ и D ***не учитывают*** относительной ***опасности ИИ***. Дело в том, что при одной и той же поглощенной энергии эффект воздействия разных видов ИИ на живые организмы будет различным. Например, при одной и той же поглощенной дозе биологический эффект быстрых нейтронов будет примерно в 10 раз выше, чем при действии гамма-

излучения. Это различие зависит от плотности ионизации, т.е. от количества пар ионов, образуемых на единице пути частицы или кванта в веществе. При одинаковой поглощенной энергии эффект будет тем выше, чем плотнее ионизация.

Для количественной оценки этого влияния введено понятие коэффициента относительной биологической эффективности (ОБЭ), или коэффициента качества (КК) излучения.

ОБЭ – это численный коэффициент, показывающий, во сколько раз данный вид ИИ оказывает более сильное биологическое действие по сравнению с рентгеновским и γ-излучением, принятых за эталонные, при одинаковой величине поглощенной дозы.

Значения величин ОБЭ для различных видов ИИ приведены в табл.4.2.

Таблица 4.2

Величины ОБЭ для ионизирующих излучений

Вид излучения	ОБЭ
Рентгеновское и γ-излучение	1
Электроны	1
Альфа-излучение	10
Тепловые нейтроны	3
Промежуточные нейтроны	2,5…6
Быстрые нейтроны	6,5…10

Доза, полученная с учетом ОБЭ, называется эквивалентной.

Эквивалентная доза – поглощенная доза i-го вида излучения, умноженная на коэффициент относительной биологической эффективности для этого вида излучения: $D_{\text{э}} = D_{\text{п}_i} \cdot \text{ОБЭ}_i$.

Единицей измерения $D_{\text{э}}$ в системе СИ является зиверт (Зв), внесистемная единица – бэр (биологический эквивалент рада). 1 Зв (1 бэр) – это единица поглощенной дозы любого ИИ в биологической ткани, создающая в ней тот же биологический эффект, что и доза в 1 Гр (1 рад) рентгеновского и γ-излучения. 1 Зв = 100 бэр

или 1 бэр = 0,01 Зв. Дольными единицами являются: 1 мЗв (1 мбэр) и 1 мкЗв (1 мкбэр).

Следует учитывать, что эквивалентная доза используется, как правило, для оценки последствий воздействия различных видов ИИ на живые организмы, в первую очередь, на человека в условиях **длительного** (хронического) **облучения малыми дозами** (до 5…25 бэр в год).

Таким образом, окончательно можно определить область применения каждой дозовой величины (рис.4.10).

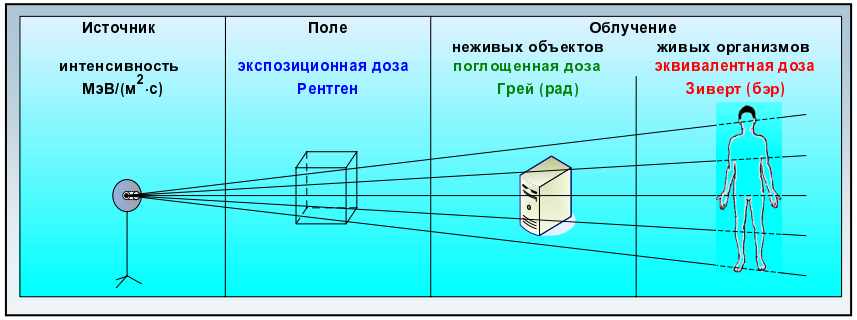


Рис.4.10. Связь понятий поля ИИ, дозы и единиц их измерений

Иначе говоря:

Экспозиционная доза характеризует поле гамма-рентгеновского излучения по его ионизирующей способности в воздухе, а также определяет воздействие этих ИИ на биоткань.

Поглощенную дозу используют для определения радиационных эффектов от любых видов ИИ в любых объектах неживой природы, а также при оценке действия гамма-рентгеновского излучения на биоткань ($D_п = D$).

Для оценки раздельного действия любых видов ИИ, а также их совместного действия на живые организмы (человека) применяют **эквивалентную дозу**. При действии гамма-рентгеновского излучения на биоткань $D_э = D_п = D$.

4.5. Биологическое действие ионизирующих излучений

В результате воздействия ИИ на организм человека в биоткани происходят сложные химические и биологические процессы. Основным звеном в биологическом действии излучений является ионизация на клеточном уровне. В результате ионизации происходит разрушение молекул воды и сложных органических молекул, входящих в состав клетки. Общая схема биологического действия ИИ показана на рис.4.11.

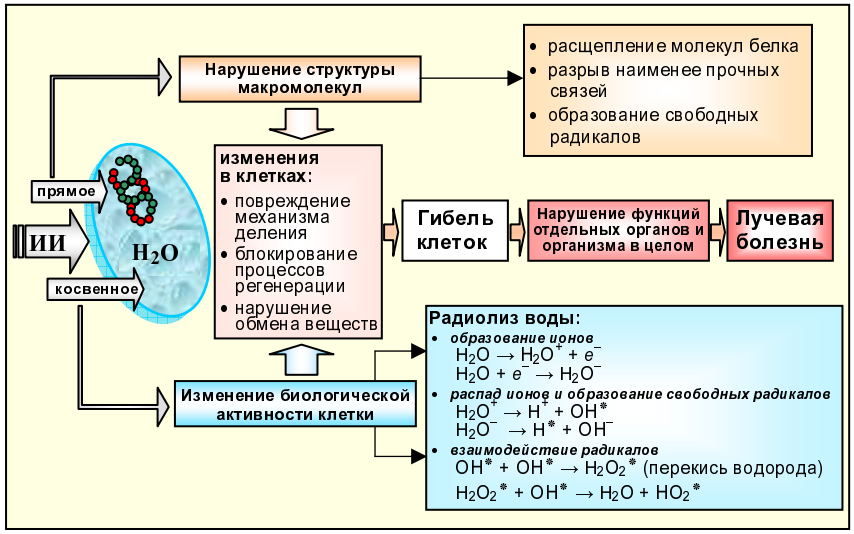


Рис.4.11. Общая схема биологического действия ИИ на организм человека

Известно, что в состав клетки входит около 70 % воды. Молекула воды под действием ИИ расщепляется на ион водорода H^+ и гидроксильную группу OH^-, которые через цепь вторичных превращений образуют продукты с высокой химической активностью – гидратный окисел HO_2^+ и перекись водорода H_2O_2.

Эти соединения вступают в реакции с органическими молекулами клетки, разрушая их и изменяя биологическую активность (повреждают механизм деления, нарушают обмен веществ и т.д.). Изменения на клеточном уровне и гибель клеток приводят к нарушению функций отдельных органов и организма в целом.

На ***конечный результат*** биологического действия ИИ ***влияют***:

1) продолжительность облучения;

2) величина общей дозы;

3) характер облучения.

(1) С увеличением **продолжительности облучения** радиационный эффект снижается. Чем более дробно облучение во времени, тем меньше его поражающее действие. При малых мощностях доз становятся заметными восстановительные процессы в организме.

Если бы степень восстановления была равна или превышала степень повреждения, то облучение не вызывало бы вредных последствий. Однако компенсация никогда не бывает полной: около 80 % вредных последствий являются обратимыми, а 20 % относятся к стойким дефектам организма. Обратимая часть поражения восстанавливается через 3…4 месяца.

В зависимости от продолжительности облучение подразделяют на однократное и многократное.

Однократным называется облучение (доза), происходящее за время до 4-х суток. В течение этого времени процессы восстановления практически незаметны (одинаковая доза, набранная за секунды или в течение 4-х суток, приводит примерно к одним и тем же лучевым поражениям).

Облучение продолжительностью свыше 4-х суток называется ***многократным***. При многократном облучении становятся заметными восстановительные процессы в организме.

Вне зависимости от продолжительности облучения ***безопасными*** считают дозы, не приводящие к снижению боеспособности

личного состава. Для условий **военного времени** значения этих доз приведены в табл.4.3. Для **мирного времени** они указаны в п.17.2.

Таблица 4.3

Значения безопасных доз для военного времени

Длительность облучения	Доза облучения, рад
Однократное	50
Многократное: в течение месяца в течение трех месяцев в течение года	 60 80 100

(2) Основным фактором, влияющим на биологические эффекты облучения, является величина **общей дозы** облучения. В зависимости от ее значения воздействие ИИ на организм приводит к последствиям двух видов: соматическим и генетическим.

Соматические эффекты проявляются непосредственно в облучаемом организме и делятся на две группы: ранние, проявляющиеся в течение 30…60 суток, и отдаленные – в течение месяцев и лет.

Ранние соматические эффекты наблюдаются при воздействии относительно больших доз облучения ($D_{\text{П}} > 50$ рад), вызывающих так называемое «острое» поражение организма. Эти эффекты в значительной мере зависят от величин дозы и мощности дозы и являются *нестохастическими* (*детерминированными*). Это означает, что они предопределены для данной дозы; с увеличением дозы возрастает тяжесть поражения, а ниже определенного значения, называемого порогом (50 рад), не проявляются никак.

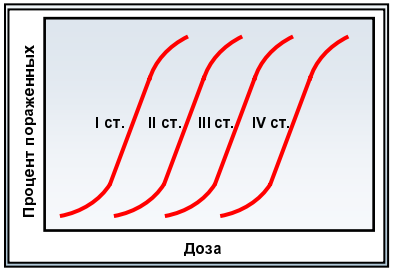


Рис.4.12. Зависимость «доза-эффект» для острых поражений

Зависимость «доза-эффект» для острых поражений имеет вид *S*-образной кривой (рис.4.12), в чем проявляется индивидуальная чувствительность организма к

облучению. Бóльшие дозы от меньших отличаются только временем проявления негативного эффекта, который остается одним и тем же, но наступает быстрее с увеличением дозы.

При однократном остром облучении всего тела у человека возникают различные поражения, которые называют ***лучевой болезнью***. Ее тяжесть зависит от величины дозы:

- легкая степень (первая) – возникает при дозах 100...250 рад;
- вторая (средней тяжести) – при дозах 250...400 рад;
- третья (тяжелая) – при дозах 400...700 рад;
- четвертая (крайне тяжелая) – при дозах более 700 рад:
- молниеносная форма – при дозах более 1000 рад.

Лучевая болезнь любой степени протекает в три стадии: первичная реакция, скрытый период, разгар и исход заболевания.

Первичная реакция характеризуется возникновением тошноты, изнуряющих рвоты и диареи, судорог мышц. Она развивается в первые часы после облучения (0,5...4 часа) и может продолжаться в течение 1...4-х суток в зависимости от степени лучевой болезни. В это время личный состав становится малобоеспособным.

Во время *скрытого периода* (от нескольких дней до месяца) первичные признаки исчезают, боеспособность личного состава частично восстанавливается.

В стадии *разгара* и *исхода заболевания* при активном лечении лучевая болезнь первой, второй и третьей степеней излечима. Для четвертой степени положительный исход маловероятен.

Данные о величинах доз, полученных личным составом, служат для **оценки боеспособности подразделений по радиационному показателю** (табл.4.4).

Отдаленные соматические эффекты проявляются только через много месяцев или лет после облучения. При *остром однократном* облучении наиболее тяжелыми последствиями являются увеличение частоты катаракт и стойкие изменения кожи. В *области малых доз* (5...10 рад/год) в основном наблюдается увеличение злокачественных образований.

Таблица 4.4

Степень боеспособности подразделений в зависимости от величины дозы облучения

Степень боеспособности	Доза облучения (рад), полученная в течение	
	четырех дней	одного месяца
Полностью боеспособны	до 50	до 60
Ограниченно боеспособны 1-й степени (ОБС-1)	50…150	100…200
Ограниченно боеспособны 2-й степени (ОБС-2)	150…250	250…400
Ограниченно боеспособны 3-й степени (ОБС-3)	более 250	более 400

Проявление ***генетических эффектов*** обнаруживается лишь в последующих поколениях в виде различных генетических заболеваний.

Как отдаленные соматические, так и генетические эффекты являются *стохастическими*. То есть, с увеличением дозы возрастает не тяжесть эффекта, а вероятность его появления (риск), при этом эффект остается одним и тем же. Зависимость «доза-эффект» в этом случае имеет прямолинейный и беспороговый вид (рис.4.13).

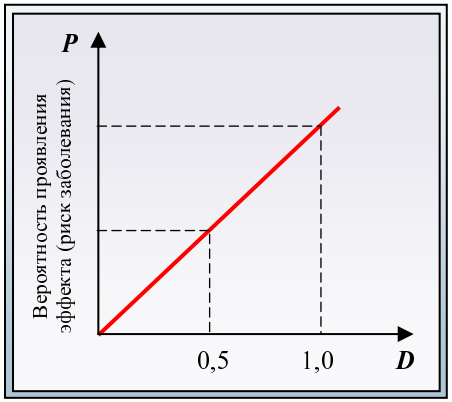


Рис.4.13. Зависимость «доза-эффект» для стохастических эффектов

Это означает, что при увеличении (уменьшении) дозы, например в два раза, риск также увеличивается (уменьшается) в два раза. Отсюда и формулируется беспороговая концепция действия малых доз: **как бы ни уменьшать дозу, риск всегда остается, хотя и малым, но конечным**.

3 По характеру облучение организма может быть **внешним** или **внутренним**.

Если источник ИИ находится вне организма, то он создает внешнее облучение. При попадании радиоактивных веществ внутрь организма с воздухом, водой, пищей происходит внутреннее облучение.

При одной и той же интенсивности **внутреннее** облучение **опаснее внешнего** по следующим **причинам**:

1. Резко увеличивается продолжительность облучения, так как она совпадает с длительностью пребывания радиоактивных веществ в организме.

2. Доза внутреннего облучения возрастает из-за постоянного контакта источника ИИ с облучаемой тканью. Особенно опасно в этом отношении действие заряженных частиц, из-за малых пробегов которых вся их энергия поглощается в прилегающей ткани.

3. Как правило, радиоактивные вещества концентрируются в отдельных органах, а не равномерно по всему организму, что еще больше усиливает их локальное действие.

Как при внешнем, так и при внутреннем облучении эффект воздействия ИИ на человека зависит, прежде всего, от величины суммарной дозы.

4.6. Воздействие ионизирующих излучений на материалы и радиоэлектронную аппаратуру

В условиях воздействия ИИ могут существенно изменяться свойства отдельных узлов, элементов, радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) военной техники и объектов, что приводит к нарушению их нормального функционирования или выходу из строя.

Основной причиной изменения свойств различных материалов под действием ИИ является образование в них **радиационных дефектов**, к которым относятся вакансии, примесные атомы, ионизационные эффекты. По мере накопления дефектов свойства материала изменяются.

Вакансия представляет собой узел кристаллической решетки, в котором отсутствует атом или ион. Вакансии образуются при столкновении быстрых нейтронов или протонов с атомами решетки. Выбитый (смещенный) атом производит следующие столкновения, создавая новые вакансии. Образование вакансий наиболее характерно при воздействии нейтронов или протонов на полупроводниковые материалы.

Примесные атомы образуются в результате ядерных реакций, протекающих под действием тепловых нейтронов или протонов. Внедряясь в кристаллическую решетку, эти атомы могут существенно изменить свойства материала, особенно полупроводникового.

Ионизационные эффекты возникают при действии как γ-излучения, так и нейтронов. Следствием ионизации является разрыв химических связей и образование радикалов, возникновение центров окраски, появление свободных носителей зарядов (электронов).

В общем случае в результате действия γ-излучения преобладают ионизационные эффекты, при облучении нейтронами или протонами – нарушение структуры вещества (вакансии, примесные атомы).

Наряду с непосредственным нарушением структуры вещества при облучении изменение его свойств происходит также в результате различных физико-химических процессов, прежде всего, радиационного нагрева. Нагрев происходит вследствие преобразования поглощенной энергии ИИ в тепловую.

Радиационные дефекты приводят к обратимым и необратимым (остаточным) изменениям свойств материалов.

К **обратимым** относятся изменения, практически исчезающие после прекращения действия ИИ; эти изменения, как правило, являются следствием ионизационных эффектов и зависят от скорости их протекания, т.е. от мощности поглощенной дозы или дозы облучения. Обратимые изменения приводят к временной потере работоспособности РЭА: сбоям, формированию ложных сигналов и т.п.

Необратимые изменения частично или полностью сохраняются после облучения; они являются в основном следствием нарушения структуры вещества и зависят от количества (флюенса) частиц, вызывающих появление радиационных дефектов.

Способность материалов и РЭА сохранять свои свойства и характеристики в пределах установленных норм во время и после облучения называют **радиационной стойкостью** (РС).

В качестве показателей РС при действии γ-излучения используют величины допустимых поглощенной дозы ($D_{\text{П}_{\text{доп}}}$) и мощности поглощенной дозы ($P_{\text{П}_{\text{доп}}}$), превышение которых приводит к выходу свойств и характеристик за пределы установленных норм. При воздействии нейтронов показателем РС является флюенс ($\Phi_{\text{доп}}$).

К наиболее критичным элементам ракетно-космической техники при воздействии ИИ относятся фотоаппаратура космических аппаратов (КА) и РЭА.

Среди **фотоаппаратуры** наибольшей чувствительностью к облучению обладают фотопленки. Воздействие ИИ вызывает изменение их оптической плотности и появление вуали, что носит, как правило, необратимый характер. На крупнозернистых пленках вуаль появляется при облучении дозами $D \le 10$ рад, на мелкозернистых – при $D \approx 100$ рад. В связи с этим на КА с фотоаппаратурой применяются специальные меры защиты фотопленки.

В **РЭА** применяются все классы материалов: металлы, диэлектрики, полупроводники и органические соединения (смолы, наполнители и т.п.). Наименьшей РС среди них обладают полупроводники, поэтому при оценивании воздействия ИИ на РЭА любого назначения в первую очередь обращают внимание на элементную базу на основе полупроводников. В этих элементах могут происходить как обратимые, так и необратимые изменения их характеристик – токов насыщения, темновых токов, вольт-амперных характеристик и т.д. В работающей аппаратуре эти изменения

могут привести к возникновению нежелательных переходных процессов, вплоть до сбоев при работе ЭВМ или срабатывания систем автоматики.

Наибольшей радиационной стойкостью отличаются туннельные диоды и высокочастотные транзисторы (табл.4.5), германиевые и кремниевые диоды имеют меньшую РС.

Таблица 4.5

Радиационная стойкость полупроводниковых приборов

Элементная база	Допустимые значения		
	Φ, n/см^2	$D_{\text{п}}$, рад	$P_{\text{п}}$, рад/с
Диоды:			
германиевые	$\sim 10^{11}$	$\sim 10^{7}$	$\sim 10^{7}$
кремниевые	$\sim 10^{12}$	$\sim 10^{8}$	$\sim 10^{7}$
туннельные	$\sim 10^{16}\ldots10^{17}$	$\sim 10^{5}\ldots10^{10}$	$\sim 10^{7}$
Транзисторы:			
низкочастотные	$\sim 10^{13}$	$\sim 10^{6}\ldots10^{7}$	$\sim 10^{7}$
высокочастотные	$\sim 10^{16}$	$\sim 10^{8}$	$\sim 10^{7}$
солнечные батареи	$\sim 10^{13}$	$\sim 10^{6}\ldots10^{7}$	$\sim 10^{7}$

Радиационные эффекты в интегральных микросхемах (ИМС) определяются, главным образом, необратимыми деградациями их параметров. Импульсное воздействие ИИ вызывает кратковременное изменение их свойств и появление нежелательных переходных процессов, спад которых определяется постоянной времени конкретной микросхемы. Радиационная стойкость активных компонентов ИМС характеризуется данными, приведенными в табл.4.6.

Таблица 4.6

Радиационная стойкость интегральных микросхем

Воздействие	Показатели РС			
	плоскостных диодов	биполярных транзисторов	полевых транзисторов	МДП транзисторов
Φ, п/см^2	$\sim 10^{15}$	$\le 10^{14}$	$\sim 10^{13}$	$\ge 10^{15}$
$D_{\text{п}}$, рад	$\sim 10^{9}$	$\ge 10^{8}$	$\sim 10^{9}$	$\ge 10^{7}$
$P_{\text{п}}$, рад/с	$\le 10^{8}$	$\le 10^{8}$	$\sim 10^{6}$	$\le 10^{9}$

Требования по радиационной стойкости разрабатываются и предъявляются ко всей элементной базе, используемой на космических аппаратах и головных частях.

4.7. Защита от воздействия ионизирующих излучений

Основная **цель** защиты от воздействия ИИ заключается в обеспечении **непревышения радиационными нагрузками установленных пределов** (допустимых значений дозы, мощности дозы, флюенса нейтронов).

К основным **методам** защиты от ИИ относятся:

- физическая защита;
- защита временем;
- снижение радиационной чувствительности облучаемого объекта.

Физическая защита включает в себя защиту экранированием (**экранную защиту**), предназначенную для снижения воздействующих величин мощности дозы (дозы) ИИ путем использования различных конструкций и экранов, изготовленных из материалов, хорошо поглощающих излучение, а также механическое удаление радиоактивных веществ (РВ) с различных поверхностей (**дезактивацию**).

Экранирование является наиболее распространенным видом защиты, применяемым против любого источника ИИ, в том числе и для защиты от радиационных ПФ ЯВ.

Принципиально возможные *схемы* этой защиты зависят от характера источника ИИ, условий пребывания под облучением, предъявляемых к ней требований и могут быть сведены к трем основным вариантам:

1. Общее экранирование.

2. Теневое экранирование.

3. Локальное экранирование наиболее уязвимых узлов РЭА и критических органов человека.

Общее экранирование заключается в том, что защищаемый объект или источник ИИ окружают защитными экранами со всех

сторон. Конструктивно это простейший вид защиты, однако его создание связано с увеличением массы, габаритов как самой защиты, так и объекта в целом. Наиболее распространенными на практике примерами такой защиты являются использование защитных свойств СКЗ, объектов военной техники, сооружений и т.д. Общая экранная защита используется и для защиты ядерных реакторов на атомных электростанциях (АЭС).

Теневое экранирование применяют для защиты от ИИ, приходящего в данную точку с определенного направления. В этом случае защитный экран перекрывает наиболее опасный телесный угол, и защищаемый объект находится в «тени» экрана. Для построения подобной защиты необходимо знание углового распределения излучения источника, т.е. доли излучения, приходящего в данную точку с различных направлений. Использование теневого экранирования позволяет снизить массу и габариты защиты.

Локальное экранирование используют для дополнительной защиты наиболее критических в радиационном отношении узлов РЭА и органов человека в сложной радиационной обстановке. Органами, ответственными за радиационное поражение человека при облучении дозами до 600…1000 рад, являются желудочно-кишечный тракт и костный мозг (основной орган кроветворения). Костный мозг по телу распределяется следующим образом: голова – 13 %; грудь, ребра – 15 %; таз, позвоночник – 61 %; остальное – 11 %.

Как видно, большая часть костного мозга содержится в области живота (таз, позвоночник). Здесь же находится и второй критический орган – желудочно-кишечный тракт. Поэтому локальное экранирование области живота, как показывают эксперименты, дает максимальный защитный эффект.

Практически локальное экранирование реализуется в виде защитных поясов, жилетов, сидений, кресел. В сочетании с общим и теневым экранированием оно позволяет обеспечивать выполнение требований по уровню радиационной защиты как РЭА, так и личного состава.

Эффективность любого вида экранной защиты количественно можно охарактеризовать при помощи **кратности ослабления** $K_{осл}$, показывающей, во сколько раз данный вид защиты ослабляет воздействие ИИ:

$$K_{осл} = П_0/П_{защ}, \qquad (4.24)$$

где $П_0$ – параметр воздействия ИИ в какой-либо точке без защиты; $П_{защ}$ – то же при наличии экранирования.

С учетом использования рассмотренных разновидностей экранной защиты значение суммарного коэффициента ослабления ($K_{осл\,\sum}$) будет равно:

$$K_{осл\,\sum} = \prod_i K_{осл\,i}, \; K_{осл\,i} \geq 1, \qquad (4.25)$$

где $K_{осл\,i}$ – кратность ослабления при i-м виде экранирования, $i = 1…3$.

На практике для инженерных расчетов кратности ослабления используют слои половинного ослабления.

Слоем половинного ослабления называется толщина слоя экрана ($d_{0,5}$), ослабляющая параметры воздействующего излучения (дозу, мощность дозы ИИ) в два раза.

Тогда, например, для кратности ослабления дозы можно записать:

$$K_{осл} = \frac{D_0}{D_{защ}} = \frac{D_0}{D_0 e^{-\mu d_э}} = e^{\mu d_э}, \qquad (4.26)$$

где μ – коэффициент ослабления материалом экрана; $d_э$ – толщина экрана; D_0 – доза перед экраном; $D_{защ}$ – доза за экраном.

При $K_{осл} = 2$, $d_э = d_{0,5}$ и $e^{\mu d_{0,5}} = 2$. Логарифмируя, получаем:

$$d_{0,5} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0{,}693}{\mu}, \text{ откуда } \mu = \frac{0{,}693}{d_{0,5}}. \qquad (4.27)$$

Подставляя значение μ из (4.27) в (4.26), будем иметь:

$$K_{осл} = e^{\frac{0{,}693}{d_{0,5}} \cdot d_э} = 2^{d_э/d_{0,5}} = 2^n, \qquad (4.28)$$

где n – число слоев половинного ослабления.

Значения величин $d_{0,5}$ для различных видов излучений в зависимости от их энергии приведены в справочной литературе.

Защита временем представляет собой совокупность организационных мероприятий, направленных на изменение временных условий пребывания под облучением. Она осуществляется только тогда, когда контакт с источником радиоактивного облучения достаточно продолжителен.

Пути осуществления этой защиты определяются в зависимости от изменения во времени мощности дозы, создаваемой источником. При постоянстве мощности дозы во времени ($P(t)$ = = const) – например, для источников ИИ, имеющих длительный период полураспада, доза внешнего облучения будет равна:

$$D = P \cdot \Delta t. \qquad (4.29)$$

Если мощность дозы изменяется во времени ($P = f(t)$), то дозу внешнего облучения в зависимости от временных условий определяют по формуле:

$$D = \int_{t_н}^{t_к} P(t)dt. \qquad (4.30)$$

В приведенных выражениях Δt – продолжительность облучения; $t_н$ – время начала облучения; $t_к$ – время окончания облучения, $t_к = t_н + \Delta t$.

Как следует из выражений (4.29, 4.30), возможны три *основных способа* защиты временем:

а) $(\Delta t\downarrow) \Rightarrow D\downarrow$ – с уменьшением продолжительности облучения уменьшается величина ожидаемой дозы;

б) $(t_н\uparrow) \Rightarrow D\downarrow$ – увеличение времени начала облучения также приводит к снижению величины ожидаемой дозы;

в) $[(\Delta t\downarrow) \vee (t_н\uparrow)] \Rightarrow D\downarrow$ – сочетание двух предыдущих способов: совместное сокращение Δt и увеличение $t_н$ ($\vee$ – логический знак «и»).

Последний метод заключается в **снижении радиационной чувствительности** облучаемого объекта, при этом воздействующий параметр ИИ не изменяется, а увеличивается показатель радиационной стойкости объекта: допустимые доза, мощность дозы, флюенс.

При ***защите личного состава*** данный метод реализуется путем применения специальных медикаментозных средств, обладающих радиозащитным действием и, тем самым, повышающих устойчивость организма к облучению.

В настоящее время радиозащитные препараты делят на **три группы**:

– препараты, снижающие продолжительность и тяжесть **первичных признаков** лучевых поражений;

– препараты, снижающие тяжесть **лучевой болезни** (радиопротекторы);

– препараты, предотвращающие **накопление** радиоактивных продуктов в отдельных органах.

Препараты первых двух групп входят в состав индивидуальной медицинской аптечки АИв-01, которыми обеспечивается весь личный состав.

Для снижения ***радиочувствительности РЭА*** на этапе ее разработки и проектирования используется целая группа *специальных* методов, получивших в совокупности название **схемотехнической защиты**. К этой группе относятся:

- *структурно-функциональный* метод, основанный на разработке нового или применения уже известного функционального построения РЭА, обеспечивающего ее РС в условиях заданных уровней воздействующих ИИ;
- *конструктивно-технологический* метод, предусматривающий выбор конструкционных материалов и оптимальной компоновки РЭА;
- применение *схемных решений* повышения РС, основанных на целенаправленном уменьшении влияния радиационных изменений параметров электрорадиоизделий (ЭРИ) на характеристики РЭА.

Основная цель разработки радиационно стойкой РЭА заключается в получении для нее показателей РС, удовлетворяющих допустимым или заданным их значениям. Степень соответствия этих показателей, как правило, проверяется экспериментально.

В зависимости от конкретных условий облучения личного состава или РЭА основные методы защиты от ИИ могут применяться в любой совокупности.

Глава 5
ПРОНИКАЮЩАЯ РАДИАЦИЯ И РАДИОАКТИВНОЕ ЗАРАЖЕНИЕ МЕСТНОСТИ

5.1. Общая характеристика источников проникающей радиации

Проникающая радиация представляет собой потоки нейтронов и гамма-излучения, испускаемых последовательно из плазменной и светящейся областей ЯВ.

Для того, чтобы охарактеризовать ПрР, интерпретируем применительно к ней общие характеристики источников ИИ, рассмотренные в п.4.2.

1. Механизм испускания ИИ, их вид, начальная интенсивность (выход) и энергия.

Как отмечено выше, ПрР включает гамма- и нейтронную составляющие.

Гамма-составляющая имеет три компонента: мгновенное, осколочное и вторичное гамма-излучение.

Мгновенные гамма-кванты испускаются в процессе реакции деления. За это время конструкция ЯБП еще не успевает разлететься, поэтому мгновенное излучение почти на 99 % поглощается в плотных материалах конструкции и *доза*, создаваемая мгновенными γ-квантами, будет пренебрежимо мала. Однако, учитывая время их испускания (порядка 10^{-7} с), величина создаваемой *мощности дозы* будет очень высокой, что и учитывается при формировании поражающих явлений.

Средняя энергия этих гамма-квантов составляет $\overline{E}_\gamma^{\text{мгн}} =$ = 1 МэВ.

Удельный выход мгновенных квантов пропорционален среднему числу делений в одной килотонне мощности и составляет $a_\gamma^{\text{мгн}} = 1{,}5\cdot10^{23}$ дел/кт. Поэтому полный выход будет равен:

$$N_\gamma^{\text{мгн}} = a_\gamma^{\text{мгн}} \cdot q\,. \qquad (5.1)$$

Осколочное γ-излучение испускается при радиоактивном распаде осколков деления в основном на последней стадии взрыва, когда материалы оболочки ЯБП и его конструкционных элементов успевают испариться. Поэтому количество осколочных квантов примерно в 100 раз превышает количество мгновенных.

Средняя энергия излучения во время действия ПрР равна $\overline{E}_\gamma^{\text{оск}} = 2$ МэВ.

Полная интенсивность излучения при взрыве мощностью q, кт, составляет:

$$I_\gamma^{\text{оск}} = a_\gamma^{\text{оск}} \cdot q \cdot u(t)\,, \qquad (5.2)$$

где $I_\gamma^{\text{оск}}$ в МэВ/с; $a_\gamma^{\text{оск}} = a_\gamma^{\text{мгн}} = 1{,}5\cdot10^{23}$ дел/кт; $u(t)$ – скорость испускания энергии осколочного излучения, МэВ/(с·дел), при расчетах определяется по табличным данным.

Вторичное γ-излучение возникает при взаимодействии мгновенных нейтронов ЯВ с ядрами атомов воздуха, грунта и конструкционными материалами военных объектов и техники посредством неупругого рассеяния быстрых нейтронов и поглощения тепловых.

Около 70 % мгновенных нейтронов замедляются в оболочке ЯБП до тепловых. Среднее расстояние, проходимое такими нейтронами в воздухе до поглощения, равно около 200 м. Поэтому они на расстоянии от центра взрыва 250…300 м поглощаются атомами азота воздуха по реакции:

$$_7\mathrm{N}^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_7\mathrm{N}^{15} + \gamma.$$

Образующееся γ-излучение называется ***захватным***.

Роль вторичного излучения при воздействии ПрР ограничивается частными случаями.

По физике образования **нейтронная составляющая** содержит мгновенные и запаздывающие нейтроны.

Мгновенные нейтроны генерируются в процессе реакции деления и синтеза ядер атомов ЯВВ. ***Запаздывающие нейтроны*** испускаются некоторыми нестабильными осколками деления с периодами полураспада 0,5…50 с. Учитывая, что вкладом запаздывающих нейтронов в общую нейтронную дозу при ЯВ с $q \le 100$ кт можно пренебречь, а при $q > 100$ кт роль ПрР как ПФ незначительна, этот компонент исключаем из дальнейшего рассмотрения.

Мгновенные нейтроны составляют примерно 99 % общего количества нейтронов. Для нейтронов *атомного* взрыва (боеприпас типа «Д») средняя энергия равна $\overline{E}_n = 2$ МэВ, термоядерные нейтроны имеют максимальную энергию около 14 МэВ.

Выход нейтронов пропорционален мощности взрыва и составляет:

$$N_n^{\text{мгн}} = a_n^{\text{мгн}} q\,, \qquad (5.3)$$

где $a_n^{\text{мгн}}$ – удельный выход мгновенных нейтронов на 1 кт, равный $3\cdot10^{23}$ n/кт; q – мощность ЯВ, кт.

Удельный выход нейтронов при взрыве *термоядерного* боеприпаса такого же порядка, а для *нейтронного* ЯБП – примерно в пять раз выше.

2. Геометрические и временные характеристики источника ПрР.

Мгновенное излучение сопутствует ЦРД, продолжительность которой приблизительно 10^{-6} с, и, следовательно, оно носит мгновенный (импульсный) характер с $\tau_{n,\gamma^{\text{мгн}}} \approx 10^{-6}$ с. Источником мгновенного излучения являются зоны ЦРД или ТЯР, линейные размеры которых не превышают десятков сантиметров. Поэтому источник мгновенного излучения является точечным.

Осколочное излучение испускается последовательно из плазменной области ЯВ и его светящейся области, размеры которых зависят от мощности ЯВ и времени после взрыва и могут составлять $r(q,t) \approx 10\ldots1000$ м. Поэтому в зависимости от конкретных условий рассматриваемой задачи геометрически этот источник может считаться:

$r(q,t) << R$, точечным;

$r(q,t) \le R$, объемным,

где R – расстояние «центр взрыва – объект поражения».

Время действия осколочного излучения на наземные объекты зависит от высоты подъема светящейся области и может составлять $\tau_{\gamma^{\text{оск}}} \approx 10\ldots30$ с. Обычно это время и составляет длительность действия ПрР в целом. Поэтому ПрР относят к **мгновенно действующим** ПФ.

Таким образом, в момент ЯВ появляется (для большинства практически важных случаев) мгновенный (импульсный) точечный источник смешанного гамма-, нейтронного излучения с известными выходом и энергией для каждой составляющей.

Источник захватного излучения может приниматься за точечный практически на всех расстояниях от центра взрыва.

3. Пространственно-временное распределение ИИ в окружающей среде.

Вспомним, что поле ИИ описывают при помощи потоковых величин (флюенса, плотности потока и интенсивности), характеризующих количество частиц или их энергии, приходящих в данную точку пространства, окружающего источник. Скорости γ-квантов и нейтронов различаются; соответственно, различным будет и время их прихода в эту точку:

$$t_\gamma = R/c, \quad t_n = R/v(E_n), \quad t_\gamma > t_n\,, \qquad (5.4)$$

где c – скорость света; $v(E_n)$ – скорость движения нейтронов, зависящая от их энергии ($\le 10^7$ м/с).

По этой причине характеристики поля для γ-квантов и нейтронов можно рассматривать раздельно.

Основные закономерности формирования дозового поля для каждого из компонентов ПрР практически одинаковы и сводятся к следующему:

– источник является точечным;

– с увеличением расстояния от источника геометрическое ослабление интенсивности ИИ происходит по закону «обратного квадрата»: $\dfrac{1}{4\pi R^2}$;

– ослабление воздухом описывается экспоненциальным множителем $e^{-\mu R}$ (для γ-квантов) или $e^{-\Sigma R}$ (для нейтронов).

Это позволяет с учетом всех влияющих факторов и численных значений постоянных коэффициентов получить для расчета

доз каждого компонента ***гамма-излучения*** и их суммарной дозы соотношения вида:

$$D_{\gamma}^{i} = \frac{a^{i} q}{R^{2}} e^{-\mu_{эф}^{i} \cdot R}; \quad D_{\gamma_{\Sigma}} = \frac{a_{\Sigma} q}{R^{2}} e^{-\overline{\mu}_{эф} \cdot R}, \qquad (5.5)$$

где a^{i} – постоянные коэффициенты для каждой из составляющих γ-излучения; $\overline{\mu}_{эф}$ – линейный коэффициент ослабления излучения для средней энергии спектра с учетом как прямого, так и рассеянного воздухом излучения.

Аналогичного вида зависимости получены и для ***мгновенных нейтронов*** ПрР.

Для флюенса:

$$\Phi = \frac{bq}{R^{2}} e^{-\overline{\Sigma}_{эф} R}, \text{ нейтр/см}^{2}; \qquad (5.6,a)$$

для дозы:

$$D_{n}^{мгн} = \frac{b_{1} q}{R^{2}} e^{-\overline{\Sigma}_{эф} R}, \text{ рад}, \qquad (5.6,б)$$

где b, b_1 – постоянные коэффициенты.

Для решения практических задач коэффициенты $\overline{\mu}_{эф}$ и $\overline{\Sigma}_{эф}$ удобнее заменять их выражениями через длины *свободных пробегов* (длины *релаксации*):

$$\overline{\mu}_{эф} = \frac{1}{\lambda_{эф\,\gamma}}, \quad \overline{\Sigma}_{эф} = \frac{1}{\lambda_{эф\,n}}. \qquad (5.7)$$

Так, для дозы осколочного излучения $\lambda_{эф\,\gamma} \approx 300$ м; для дозы мгновенных нейтронов $\lambda_{эф\,n} = 190$ м.

Тогда выражение для ***суммарной дозы проникающей радиации***, обусловленной дозами осколочного гамма-излучения и мгновенных нейтронов, можно записать в следующем виде:

$$D_{ПрР} = D_{\gamma}^{оск} + D_{n}^{мгн} = \frac{aq}{R^{2}} e^{-\frac{R}{300}} + \frac{b_{1} q}{R^{2}} e^{-\frac{R}{190}}. \qquad (5.8)$$

Зависимость суммарной дозы и ее компонент от расстояния до центра взрыва показана на рис.5.1. Из рисунка видно, что вблизи центра взрыва доза нейтронов значительно превышает дозу гамма-излучения. Так как $\lambda_{эф\,\gamma} > \lambda_{эф\,n}$, то с увеличением расстояния доза нейтронов уменьшается быстрее, и на расстояниях $R > 1$ км доза нейтронов не превышает (10…20) % от общей дозы.

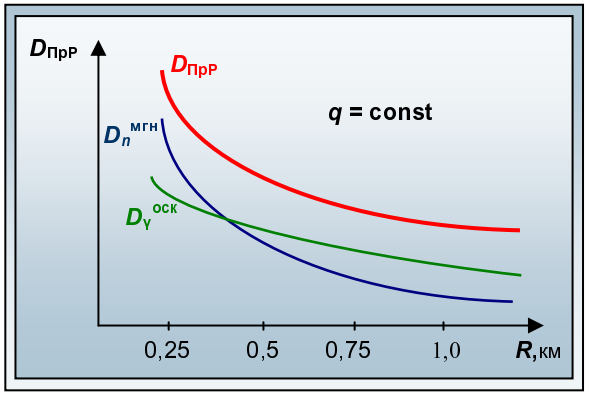


Рис.5.1. Зависимость дозы проникающей радиации от расстояния до центра взрыва

5.2. Особенности поражающего действия проникающей радиации

Проникающая радиация оказывает воздействие как на **личный состав**, так и на **ВВТ**. При этом параметры ПрР, от которых зависят эффекты поражения, специфичны в зависимости от объектов воздействия.

Так как все параметры ПрР зависят только от мощности ЯВ и расстояния до него, то при заданной q величине параметра, вызывающей выход объекта из строя, соответствует расстояние, называемое **радиусом поражения** $R_{п}^{ПрР}$ **проникающей радиацией**.

Среди всей совокупности мгновенных ПФ для наземных и воздушных ядерных взрывов (ВУВ, СИЯВ, ПрР), роль ПрР в поражении объектов существенно зависит от *мощности* ЯВ (рис.5.2). Из рисунка следует, что для этих ПФ роль ПрР возрастает с уменьшением q:

$$q > 10 \text{ кт}, \; R_{\text{п}}^{\text{ПрР}} = \min\{R_{\text{п}}^{i}\};$$

$$q \le 10 \text{ кт}, \; R_{\text{п}}^{\text{ПрР}} = \max\{R_{\text{п}}^{i}\}.$$

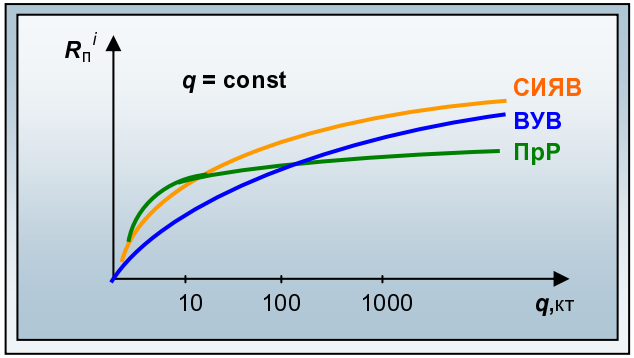


Рис.5.2. Зависимость радиусов поражения ПФ от мощности взрыва

Воздействие на личный состав является однократным, внешним и кратковременным в поле смешанного гамма-, нейтронного излучения.

Как отмечалось выше, основным параметром, определяющим опасность ПрР, является суммарная поглощенная доза $D_{\text{ПрР}}$ осколочного гамма- и мгновенного нейтронного излучения.

Тогда условие поражения личного состава можно записать в виде:

$$D_{\text{ПрР}} > D_{\text{доп}} \text{ или } R_{\text{п}}^{\text{ПрР}}(D_{\text{доп}}) > R,$$

где $D_{\text{доп}}$ – величина допустимой дозы.

Определение ***вклада составляющих дозы*** является необходимым, так как биологическая эффективность рассматриваемых излучений различна. Коэффициент ОБЭ для гамма-излучения равен единице, а для нейтронов ПрР с учетом их спектра – примерно трем.

Как было отмечено в п.4.4, этот коэффициент необходимо учитывать при определении поглощенной дозы нейтронов *внутри тела человека* (так называемой, средней тканевой дозы в ***бэрах***). Однако при воздействии ПрР (как источника **мгновенного острого** облучения) в полевых условиях возможно определение только *поверхностной дозы* со стороны падающего потока нейтронов. В этом случае коэффициент ОБЭ для нейтронов близок к единице. Отсюда следует, что ***эквивалентная доза*** **нейтронов при остром смешанном гамма-, нейтронном облучении численно равна *поглощенной дозе* в *радах***. Именно **эта доза** используется для **оценки боеспособности подразделений по радиационному показателю**.

С учетом ОБЭ **оценка степени тяжести радиационных поражений** проводится в медицинских учреждениях по результатам показаний измерителей доз, принцип действия которых основан на различной чувствительности к этим видам излучений.

Расчетно-экспериментальные данные показывают, что при мощности взрыва $q \le 10$ кт преобладает радиус поражения нейтронами, а при $q > 10$ кт – гамма-излучением ПрР.

Эффекты поражения личного состава **при превышении** однократно допустимой дозы военного времени, равной **50 рад**, проявляются в виде лучевой болезни той или иной степеней тяжести.

Воздействие на ВВТ. В отличие от ударной волны и светового излучения при воздействии ПрР на объекты ВВТ поражение носит не силовой характер, связанный с нарушением физической целостности объекта, а так называемый мягкий, или *функциональный*, при котором объект лишается только способности к нормальному выполнению задач.

Выход из строя объектов ВВТ обычно оценивается по полной совокупности параметров ПрР: мощности дозы мгновенного гамма-излучения, суммарной дозы и флюенсу нейтронов. **Флюенс** нейтронов определяет характер *необратимых* поражений элементов ВВТ (прежде всего, РЭА), а **доза** и **мощность дозы** – ионизационные эффекты *обратимого* и *необратимого* характера. Здесь следует отметить роль мгновенного гамма-излучения, вклад которого в суммарную дозу пренебрежимо мал и обычно не учитывается. Однако вследствие чрезвычайного короткого времени действия ($\tau_{\gamma}^{\text{мгн}} \approx 10^{-7}$ с) оно может формировать импульс излучения с очень большой амплитудой, на несколько порядков превышающей мощность дозы осколочного и захватного излучений. Действие этого импульса может вызывать различные переходные эффекты в РЭА (кратковременные сбои, запаздывания, скачки параметров и т.п.), временно нарушающие ее нормальное функционирование.

Условие поражения ВВТ проникающей радиацией обычно записывается следующим образом:

$$\text{при } \Delta p_{\text{ф}} \le (\Delta p_{\text{ф}})_{\text{доп}}$$

$$\Phi_n > (\Phi_n)_{\text{доп}}, P_{\gamma}^{\text{мгн}} > (P_{\gamma}^{\text{мгн}})_{\text{доп}}, D_n^{\text{мгн}} > (D_n^{\text{мгн}})_{\text{доп}},$$

т.е. действие ПрР наземного и воздушного взрыва оценивается только за пределами зон поражения ударной волной.

5.3. Защита от воздействия проникающей радиации

Особенности источников ПрР и ее поражающего действия предопределяют и некоторые **особенности защиты** от нее. К числу этих особенностей относятся:

1. Необходимость обеспечения защиты на расстояниях от взрыва, на которых **исключается поражение ударной волной**, т.е.: $R_{\text{п}}^{\text{ПрР}} > R_{\text{п}}^{\text{УВ}}$.

2. Необходимость обеспечения **защиты** только **личного состава**, поскольку защита РЭА при воздушных (наземных) ЯВ требуется лишь в отдельных случаях (например, при непосредственном применении ЯБП по шахтной пусковой установке).

3. Невозможность создания защиты в процессе воздействия ПрР вследствие его кратковременности (защита может быть только **заблаговременной**).

4. Необходимость обеспечения защиты от воздействия **каждой из составляющих** ПрР (смешанного гамма- и нейтронного излучения).

Основой защиты от ПрР является **экранирование** различных видов, т.е. общая, теневая и локальная физическая защита. Поэтому в войсках основным способом защиты личного состава от ПрР является использование защитных свойств сооружений, объектов и техники.

Защитные свойства экранов, как отмечалось, характеризуются величиной кратности ослабления $K_{\text{осл}}$, которая показывает, во сколько раз уменьшается за защитой суммарная поглощенная доза смешанного излучения:

$$K_{\text{осл}} = \frac{D_{\text{ПрР}}}{D_{\text{ПрР}}(d_{\text{э}})} \ge 1. \qquad (5.10)$$

Алгоритм расчета защиты может быть представлен в следующем виде:

1. На данном расстоянии R, на котором исключается поражающее действие ударной волны, определяют величину суммарной дозы ($D_{\text{ПрР}}$, см. ф.5.8) на открытой местности.

2. Рассчитывают *требуемую* кратность ослабления:

$$\left(K_{\text{осл}}\right)_{\text{треб}} = \frac{D_{\text{ПрР}}}{D_{\text{доп}}}. \qquad (5.11)$$

При $\left(K_{\text{осл}}\right)_{\text{треб}} > 1$ условие защищенности соблюдается, в противном случае – каждую из составляющих суммарной дозы необходимо уменьшить в $\left(K_{\text{осл}}\right)_{\text{треб}}$ раз.

3. По формуле (4.28) определяют *число слоев половинного ослабления* для составляющих дозы: $\left(K_{\text{осл}}\right)_{\text{треб}} = 2^n$, откуда

$$n_{\text{треб}_i} = \frac{\ln\left(K_{\text{осл}}\right)_{\text{треб}}}{0{,}693}, \qquad (5.12)$$

где индекс i соответствует каждой из составляющих суммарной дозы.

4. Определяют толщину защиты *по каждому виду* излучения:

$$d_{\text{э треб}} \approx n_{\text{треб}} \cdot d_{0{,}5\gamma}, \qquad (5.13,a)$$

$$d_{\text{э треб}\,n} \approx n_{\text{треб}} \cdot d_{0{,}5n}. \qquad (5.13,б)$$

5. Из рассчитанных значений толщин выбирается *бóльшая*:

$$d_{\text{э треб}} = \max\{d_{\text{э треб}\,\gamma}, d_{\text{э треб}\,n}\}. \qquad (5.14)$$

Величины толщин слоев половинного ослабления ПрР приведены в табл.5.1.

Таблица 5.1

Толщины слоев половинного ослабления

Материал	Плотность, г/см^3	Слой половинного ослабления, см	
		для нейтронов	для γ-излучения
Вода	1,0	3…6	14…20
Полиэтилен	0,92	3…6	15…25
Дерево	0,7	10…15	15…30
Грунт	1,6	11…14	10…14
Бетон	2,3	9…12	6…12
Броня	7,8	5…12	2…3
Свинец	11,3	9…20	1,4…2

Подбор материалов защиты должен производиться с учетом **особенностей взаимодействия** нейтронов и гамма-квантов с веществом: **сочетание легких** материалов (для замедления нейтронов) и **тяжелых** (для поглощения гамма-квантов). Наилучшими защитными свойствами в этом отношении обладают железобетон, а также композиции «полиэтилен-сталь», «парафин-свинец».

При использовании композиций большое значение имеет *чередование* слоев защитных материалов. *Оптимальным* можно считать расположение защитных слоев материалов относительно источника ПрР по следующей схеме: «легкий материал – тяжелый материал», что позволяет *минимизировать* интенсивность *вторичного гамма-излучения*, возникающего при неупругом рассеянии и поглощении нейтронов.

Снижение радиационной чувствительности организма человека (медикаментозная защита) при воздействии ПрР достигается путем применения специальных **медицинских препаратов**, снижающих продолжительность и тяжесть первичной реакции организма, проявляющейся в виде рвоты и адинамии.

Вещества, купирующие рвоту, называются **антиэметиками**, а адинамию – **психостимуляторами**.

Существующий табельный **антиэметик** – *этаперазин*, входящий в состав индивидуальной медицинской аптечки, обладает терапевтическим действием при дозах 100…600 рад. Нормы его

приема составляют от 3-х до 10 таблеток в зависимости от возможной степени облучения организма. К этой же группе относится *латран*, принимаемый по одной таблетке за 30…40 мин до облучения или при появлении первых признаков реакции организма на облучение. При дозах 1000…1500 рад противорвотным средством является *диксофен*.

Препаратом **психостимулирующего** действия, входящим в состав АИв-01, обладает *промедол*. С этой же целью может применяться *диметкарб* при пероральном (через желудочно-кишечный тракт) введении 1…2-х таблеток за 40…50 мин до облучения.

Защитный эффект перечисленных средств проявляется в том, что продолжительность и тяжесть первичных признаков становятся такими же, как для дозы в **1,5…2** раза **меньше** полученной.

5.4. Общая характеристика радиоактивного заражения местности при ядерных взрывах

Радиоактивное заражение местности, приземной атмосферы, водоемов и других объектов возникает в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва.

Наиболее сильное РЗМ происходит при наземных ЯВ, когда площади заражения во много раз превышают размеры зон поражения ВУВ, СИЯВ, ПрР. При этом возникновение РЗМ не сопровождается какими-либо зримо наблюдаемыми физическими процессами и может быть обнаружено только при помощи специальных приборов.

В отличие от всех других ПФ поражающее воздействие РЗМ может происходить в течение длительного времени, исчисляемого сутками и неделями.

Несмотря на свою специфику, сформировавшееся РЗМ представляет собой источник ИИ, свойства которого могут быть изучены при помощи общих для этих источников качественных и количественных характеристик.

1. Механизм испускания ИИ, их вид, начальная интенсивность (выход) и энергия.

Радиоактивное заражение создают продукты ЯВ, которые состоят из следующих компонентов: осколков деления, наведенной активности и непрореагировавшей части ЯВВ. Вклад двух последних компонентов в формирование радиационной опасности РЗМ по сравнению с осколками деления ничтожен, и последние являются основным источником, определяющим эту опасность.

Осколки деления представляют собой смесь около 60-ти радиоактивных нуклидов с массовыми числами 70…160, претерпевающих бета-распады, которые сопровождаются, как правило, гамма-излучением (рис.5.3):

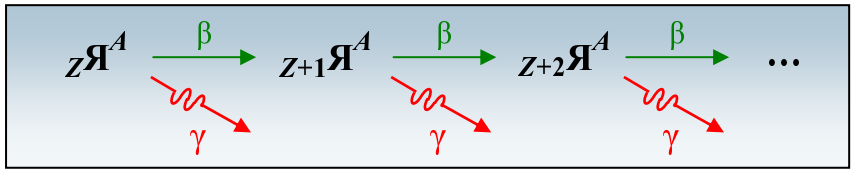


Рис.5.3. Схема бета-распада (деления)

При **наземных** ЯВ большие количества грунта вовлекаются в огненный шар, плавятся, испаряются и перемешиваются с радиоактивными веществами. При охлаждении светящейся области и ее подъеме пары конденсируются и превращаются в каплеобразные и шарообразные частицы разных размеров.

Образование РЗМ начинается сразу после ЯВ, когда наиболее крупные частицы грунта, вовлеченные в огненный шар, выпадают на поверхность земли под действием силы тяжести. При выравнивании плотности воздуха в светящейся области взрыва с плотностью окружающего воздуха, ее подъем прекращается, и она превращается в радиоактивное облако. Под влиянием ветра оно перемещается с его направлением и скоростью, при этом выпадающие частицы образуют подобие шлейфа. Максимальную высоту подъема облака называют *высотой стабилизации*. В зависимости от мощности взрыва она может быть равной 6…20 км.

Скорость выпадения частиц зависит от их размера и скорости ветра. В каждой точке РЗМ выпадают частицы одного размера; с увеличением расстояния от взрыва РЗМ образуют частицы с меньшими размерами и, соответственно, с меньшей активностью.

При **воздушном** ЯВ огненный шар не касается поверхности земли. Центрами конденсации газообразных продуктов деления становятся мелко раздробленные тугоплавкие частицы конструкционных элементов боеприпаса, а также пыль и влага, попадающие в облако при его подъеме и охлаждении. Размеры образовавшихся частиц малы (1…10 мкм), их количество невелико по сравнению с наземным ЯВ. Поэтому они выпадают на больших расстояниях, образуя РЗМ, не представляющее опасности для войск.

В результате выпадения радиоактивных осадков формируются три зоны:

1. *Ближнее* РЗМ, или *след радиоактивного облака*, образованный частицами с $d \geq 50$ мкм. Эти осадки выпадают в течение 10...20 ч после ЯВ на удалении до 500 км от эпицентра взрыва.

2. *Континентальная зона*, образуемая мелкими частицами ($d \approx 5$ мкм), выпадающими из верхней тропосферы в течение 2…3 недель после ЯВ на расстоянии до нескольких тыс. км.

3. *Глобальное* РЗМ состоит из частиц с $d < 1$ мкм, которые были вынесены при ЯВ в стратосферу. Период их выпадения на поверхность земли составляет от полугода до 5…7 лет.

Образование двух последних зон являлось причиной увеличения радиационного фона на поверхности земли и возрастания радиационных нагрузок на население земного шара, что и послужило причиной запрета испытаний ядерного оружия, начиная с 1964 г.

В любой зоне ионизирующее излучение РЗМ состоит из гамма- и бета-излучения осколков деления. Их средняя энергия изменяется со временем и составляет для первых 10-ти часов после ЯВ $\overline{E}_\gamma = 0{,}8…0{,}9$ МэВ, $\overline{E}_\beta = 0{,}3…0{,}5$ МэВ.

Количество образующихся радиоактивных нуклидов характеризуется их ***начальной активностью***, зависящей от мощности ЯВ как:

$$A_0 \approx 5 \cdot 10^5 q, \qquad (5.15)$$

где A_0 – активность осколков деления на 1 час после ЯВ, кюри; q – мощность ЯВ, т.

2. Геометрические и временные характеристики источника РЗМ.

Выпадающие из облака радиоактивные частицы оседают на поверхность земли, образуя поверхностное загрязнение местности. Поэтому данный источник является плоским источником гамма-бета-излучений.

Продолжительность существования этого источника обусловлена радиоактивным распадом осколков деления. Изменение их активности во времени происходит по степенному закону:

$$A(t) = A_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-1,2}. \qquad (5.16)$$

Отсюда следует, что со временем активность осколков деления уменьшается, составляя, например, через 15 дней – $10^{-3} A_0$, через 3 месяца – $10^{-4} A_0$ и т.д. Следовательно, РЗМ является длительно действующим ПФ.

3. **Пространственно-временное распределение ИИ в окружающей среде**.

Основными *количественными характеристиками* РЗМ, определяющими его поражающее действие, являются **мощность дозы** и **доза** гамма-излучения. Знание дозы позволяет определить радиационные потери личного состава, а мощности дозы – спрогнозировать ожидаемую дозу. Напомним, что мощность дозы представляет собой скорость изменения дозы во времени. Следовательно, зная мощность дозы, можно вычислить дозу за любой промежуток времени.

Часто мощность дозы на РЗМ называют уровнем радиации.

Уровень радиации – это мощность дозы, создаваемая на высоте 1 м от поверхности земли.

Выбор высоты обусловлен тем, что в среднем на ней расположены основные критические в радиационном отношении биологические системы человека – желудочно-кишечный тракт и значительная часть костного мозга.

Для расчета мощности дозы гамма-излучения в заданной точке над поверхностью земли рассмотрим упрощенную модель участка РЗМ, равномерно покрытого радиоактивными частицами. Плоский источник можно представить состоящим из элементарных точечных источников и рассчитывать мощность дозы в точке поля путем интегрирования по плоскости, занимаемой этими источниками.

Количество квантов, испускаемых с поверхности элементарного источника ds (рис.5.4), будет равно:

$$a = a_s \cdot ds = a_s \cdot r dr d\varphi, \qquad (5.17)$$

где a_s – плотность заражения, т.е. количество радиоактивных веществ, выпавших на единицу площади, Ки/м^2, расп/(мин·см^2).

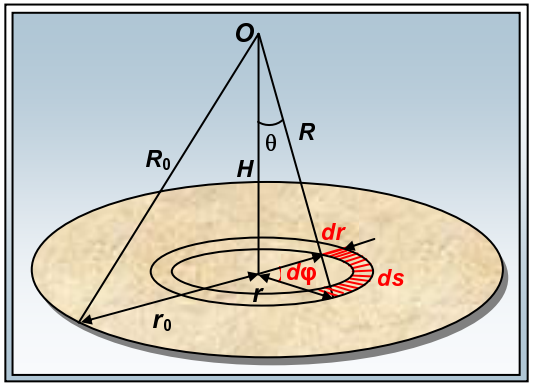


Рис.5.4. Схема для определения мощности дозы на РЗМ

Создаваемая ими мощность дозы определяется из выражения:

$$dP_0 = a_s \cdot \bar{\mu}_a \cdot \bar{E}_\gamma \cdot ds, \qquad (5.18)$$

где $\bar{\mu}_a$ – коэффициент поглощения гамма-квантов средней энергии в воздухе.

Мощность дозы в точке O с учетом ослабления излучения в воздухе на расстоянии R вычисляется по формуле:

$$dP = \frac{dP_0}{4\pi R^2} e^{-\bar{\mu}R}, \qquad (5.19)$$

где $\bar{\mu}$ – коэффициент ослабления в воздухе для средней энергии гамма-квантов.

Отсюда:

$$P = \int_s \frac{a_s \cdot \bar{E}_\gamma}{4\pi R^2} \cdot r dr d\varphi. \qquad (5.20)$$

Учитывая, что $R^2 = H^2 + r^2$, $rdr = RdR$, и производя интегрирование, получим для площадки радиусом $r_0 = (R_0^2 - H^2)^{1/2}$:

$$P(r_0) = a_s \cdot \bar{E}_\gamma \int_H^{R_0} \frac{e^{-\mu R}}{R} dR. \qquad (5.21)$$

Расчеты по приведенным формулам показывают, что на небольшой высоте над землей мощность дозы в основном создается источниками, находящимися не далее 100…150 м от точки излучений (табл.5.2). Излучение от более удаленных участков создает лишь небольшой процент ее величины.

Выражение (5.21) обычно упрощают, используя на практике следующую зависимость, полученную расчетно-экспериментальным путем:

$$P \approx 5 \cdot 10^{-8} \cdot a_s \quad \text{или} \quad a_s \approx 2 \cdot 10^7 \cdot P, \qquad (5.22)$$

где P – мощность поглощенной дозы, рад/ч; a_s – в расп/(мин·см^2).

Таблица 5.2

Радиусы участков (м), создающих определенный вклад в мощность дозы по сравнению с бесконечным плоским источником ($r_0 = \infty$)

H, м	$P(H, r_0)/ P(H/\infty)$, %			
	25	50	75	90
1	~ 3	~ 6	~ 40	~ 140
10	~ 10	~ 40	~ 90	~ 180

Так как с увеличением расстояния от эпицентра взрыва плотность заражения уменьшается, соответственно, уменьшается и мощность дозы излучения. Характер изменения мощности дозы вдоль оси следа и перпендикулярно ей показан на рис.5.5.

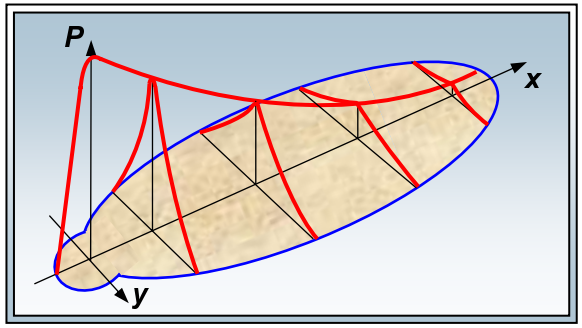


Рис.5.5. Схема распределения мощности дозы излучения по следу наземного ядерного взрыва

Во времени мощность дозы изменяется по тому же степенному закону, по которому происходит изменение активности (см. ф.5.16). Отсюда доза в заданной точке будет равна:

$$D(t_1,t_2) = \int_{t_1}^{t_2} P(t)dt = \int_{t_1}^{t_2} P_0\left(\frac{t}{t_0}\right)^{-1,2} dt = 5P_0 \cdot t_0^{1,2}(t_1^{-0,2} - t_2^{-0,2}), \quad (5.23)$$

где $D(t_1,t_2)$ – доза излучения за время от t_1 до t_2; при этом t_1 и t_2 отсчитываются от момента взрыва.

При $t_0 = t_1$, а $t_2 \to \infty$ доза до полного распада осколков деления будет равна:

$$D(\infty) = 5P_0 \cdot t_0 . \quad (5.24)$$

Это соотношение положено в основу определения границ зон с различной степенью опасности на следе РЗМ (рис.5.6).

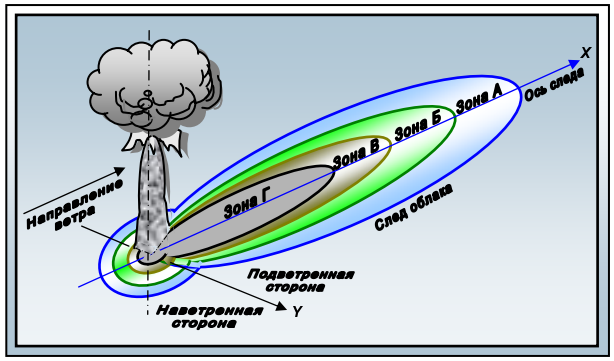


Рис.5.6. Схема РЗМ в районе взрыва и по следу движения облака

Различают следующие **зоны радиоактивного заражения**:

- зона **А** – «*умеренного* радиоактивного заражения» с $D(\infty)$ = = 40 рад на внешней границе;
- зона **Б** – «*сильного* радиоактивного заражения» с $D(\infty)$ = = 400 рад на внешней границе;
- зона **В** – «*опасного* радиоактивного заражения» с $D(\infty)$ = = 1200 рад на внешней границе;
- зона **Г** – «*чрезвычайно опасного* радиоактивного заражения» с $D(\infty)$ = 4000 рад на внешней границе.

5.5. Особенности поражающего действия радиоактивно зараженной местности

Величины основных характеристик поля РЗМ (мощности дозы и дозы) значительно ниже величин тех же характеристик при

воздействии ПрР. Поэтому на объекты военной техники, вооружение, РЭА излучение РЗМ практически поражающего воздействия не оказывает. Объектами воздействия являются разнообразные биологические системы и, прежде всего, человек (личный состав).

Личный состав на РЗМ может подвергаться однократному или многократному внешнему, внутреннему и контактному облучению.

Внешнее облучение обусловлено, в основном, *гамма-излучением от зараженной местности* (90 %), остальная его часть создается *зараженными техникой, вооружением и т.п.* В зависимости от величины дозы облучения у людей может возникать лучевая болезнь той или иной степеней тяжести.

Вследствие большой длительности действия РЗМ облучение в его поле может быть **многократным** с интервалами между отдельными воздействиями. При многократном облучении дозы суммируются с учетом процессов восстановления в организме. Величина дозы, обусловливающей эффекты поражения во времени, называется **эффективной остаточной дозой** (ЭОД):

$$\text{ЭОД} = D_1\{f + (1\text{-}f)\cdot e^{-t/\tau_в}\}, \qquad (5.25)$$

где D_1 – доза однократного облучения; $f = 0{,}1$ – необратимая часть остаточной дозы; t – время, прошедшее после облучения, сутки; $\tau_в$ – период полувосстановления, т.е. время, в течение которого восстанавливается 50 % обратимой части остаточной дозы, $\tau_в$ = = 30…40 дней.

Из (5.25), например, следует, что при действии гамма-излучения скорость восстановления лучевого поражения составляет около 2,5 % в сутки. Следовательно, через 40 суток эффект облучения будет соответствовать 10 % полученной дозы.

При вдыхании зараженного воздуха, при потреблении на РЗМ воды и пищи, а также при контакте с зараженными объектами, может происходить **внутреннее облучение**. Усвоение и отложение в организме нуклидов, поступающих через органы дыхания, как правило, гораздо выше, чем при попадании с водой и пищей. Внутреннее облучение обусловлено *суммарным действием смешанного гамма-, бета-излучения*. При этом *наиболее опасным является попадание внутрь источников бета-излучения*, которые малодейственны при внешнем облучении ввиду их низкой проникающей способности.

Особенностью воздействия РЗМ является то, что *дозу внешнего облучения можно прогнозировать* на основании расчетов или результатов измерений мощности дозы *и определять степень радиационной опасности* (рис.5.7):

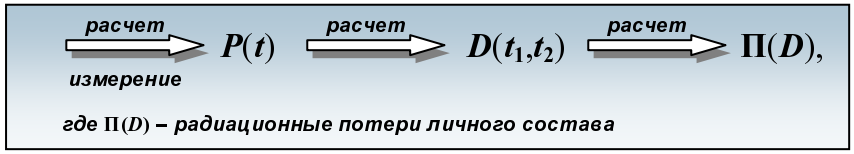


Рис.5.7. Схема определения степени радиационной опасности

Если $D(t_1,t_2) > D_{доп}$, то происходит поражение личного состава и необходимы меры по его защите.

5.6. Защита на радиоактивно зараженной местности

К **особенностям** защиты на РЗМ относятся:

1. Возможность **заблаговременного планирования** уровня защиты (его повышения или снижения в зависимости от конкретной радиационной обстановки), обусловленную длительным характером воздействия РЗМ во времени.

2. Осуществление планирования защиты на основе постоянно получаемой информации о значениях величины **мощности дозы** излучения на РЗМ как **определяющего фактора**, влияющего на выбор того или иного метода защиты.

3. Обеспечение защиты **только личного состава**, поскольку значения величин создаваемых на РЗМ доз (мощностей доз) недостаточны для осуществления поражающего воздействия на элементы ВВТ.

4. Необходимость обеспечения защиты личного состава как от **внешнего**, так и от **внутреннего** облучений.

Для защиты личного состава на РЗМ **от внешнего облучения** могут быть использованы *все методы*, рассмотренные в п.4.7.

Экранная защита так же, как и при защите от воздействия ПрР, заключается в использовании защитных свойств убежищ, укрытий, сооружений, военной техники и т.п. Защитные свойства всех этих объектов оценивают при помощи **коэффициентов ослабления** ($K_{осл}$), которые показывают, во сколько раз снижается мощность дозы (доза) РЗМ внутри объекта по сравнению с открытой местностью (табл.5.3).

Величина мощности дозы может быть снижена также и путем проведения **специальной обработки местности** (**дезактивации**), т.е. механического удаления радиоактивных веществ с зараженного участка местности.

Защитное действие дезактивации можно определить при помощи **коэффициента дезактивации** $K_д$. Этот коэффициент показывает, во сколько раз снижается мощность дозы при проведении дезактивации участка местности радиусом $r_0 = r_д$:

$$K_д = \frac{P(1, r_0 = \infty)}{P(1, r_0 = \infty) - P(1, r_0 = r_д)}, \qquad (5.26)$$

где $P(1, r_0 = \infty)$ – мощность дозы на высоте 1 м на бесконечном плоском участке РЗМ ($r_0 = \infty$); $P(1, r_0 = r_д)$ – мощность дозы, создаваемая в центре дезактивируемого участка местности с радиусом, равным $r_д$.

Значения этого коэффициента могут составлять $K_д = 2…10$. Так, если $r_д = 6$ м, то $K_д = 2$, а при $r_д = 140$ м, $K_д = 10$.

Защита временем на РЗМ заключается:

• в сокращении продолжительности выполнения боевой задачи в условиях РЗМ путем *организации посменного выполнения задач* или *увеличении скорости перемещения*.

Таблица 5.3

Значения коэффициентов ослабления $K_{осл}$ для некоторых объектов

Объект	$K_{осл}$	Объект	$K_{осл}$
Окопы, траншеи	3	Танки	10
Перекрытые щели	40	Каменный 1-эт. дом	10
Блиндажи	300	Каменный 2-эт. дом	20
Убежища легкого типа	1000	Многоэтажный дом	70
Автомобили	2	Деревянный дом	3
Бронетранспортеры	4	Подвалы домов	40…400

Коэффициент защиты в этом случае будет равен:

$$K'_{защ} = \frac{D\{P(1), t_н, \Delta t\}}{D_{доп}\{P(1), t_н, \Delta t_{доп}\}}, \qquad (5.27)$$

где $P(1)$ – мощность дозы излучения на 1 час после ЯВ; $\Delta t_{доп}$ – допустимое время пребывания на РЗМ, определяемое из условия: $D_{доп}(\Delta t_{доп}) < D(\Delta t)$.

• в *увеличении времени начала облучения* (использовании так называемой «*временно́й задержки*» δt).

Этот способ применим, если в конкретном случае организация посменной работы невозможна или не достигает требуемого эффекта. Новое, допустимое, время будет равно $t_{н\,доп} = t_н + \delta t$ при $\Delta t = \text{const}$, что и позволяет определить допустимое время входа на зараженную местность. Коэффициент защиты при этом будет равен:

$$K''_{защ} = \frac{D\{P(1), \Delta t, t_н\}}{D_{доп}\{P(1), \Delta t, t_{н\,доп}\}}. \qquad (5.28)$$

• в *сочетании* совместного сокращения Δt и увеличения $t_н$.

На практике – это наиболее распространенный способ временной защиты. Действительно, при планировании посменной

работы для каждой смены, начиная со второй, будет действовать временна́я задержка, равная общей продолжительности работы предшествующих смен:

– для 2-ой смены $\delta t_2 = \Delta t_{1\,доп}$, ($\Delta t_{1\,доп}$ – продолжительность работы 1-ой смены);

– для 3-ей смены $\delta t_3 = \delta t_2 + \Delta t_{2\,доп}$ и т.д.

При *планировании* условий выполнения задач на РЗМ значения времен $\Delta t_{1\,доп}$ и $\Delta t_{доп}$ определяют *табличным методом*.

Снижение радиочувствительности организма человека на РЗМ достигается использованием как препаратов против первичной реакции, так и радиопротекторов. При *появлении первичных признаков* (тошнота, рвота) препарат принимают самостоятельно. *Радиопротектор* принимается по распоряжению командира подразделения за 30…40 мин до начала выполнения задач на РЗМ (по 6 таблеток за один прием), при этом защитное действие препарата продолжается в среднем 6…7 часов. Принятие радиопротектора после облучения защитного действия не оказывает. **Степень ослабления** радиационного воздействия препаратом **составляет около 1,5**.

Защита от внутреннего облучения.

Доза внутреннего облучения $D_{вн}$ сложным образом зависит от количества радиоактивных веществ, попавших внутрь организма, их энергии, периода полураспада, периода полувыпадения, условий контакта с источниками ИИ, местом локализации в организме и т.д. Так как рассчитать и спрогнозировать эту дозу практически невозможно, то при оценке степени опасности внутреннего облучения, *процедура расчета опасности дозы внутреннего облучения* состоит в следующем.

1. На основании **нормативных данных** о величинах доз внутреннего облучения **критических органов** человека («Нормы радиационной безопасности, НРБ-99/2009») определяют *допустимую активность* (количество) радиоактивных веществ в организме.

2. В соответствии с этими значениями, находят *допустимую концентрацию* радиоактивных веществ в воздухе, воде, продуктах

питания или *допустимые плотности заражения* для поверхностей различных объектов, с которыми личному составу необходимо контактировать в течение времени выполнения боевых задач.

3. Сравнивая величины допустимых концентраций или плотностей заражения, выраженные в единицах *допустимой мощности дозы*, используемой в войсках для оценки степени опасности внутреннего облучения на РЗМ, делают **вывод** о превышении степени заражения допустимого уровня и необходимости принятия мер защиты.

Защита от внутреннего облучения, относительно защиты от внешнего облучения, основывается на двух **дополнительных мероприятиях**:

1) **перекрытии** основных путей попадания РВ внутрь организма и на кожные покровы (использовании СИЗ органов дыхания и кожи; регламентировании приема пищи и употребления воды на РЗМ; ограничении контактов с зараженными ВВТ и т.п.);

2) **снижении** степени радиоактивного заражения объектов (**дезактивации** ВВТ, СИЗ, обмундирования, снаряжения и т.п., очистки воды).

Эти мероприятия дополняют радиационную защиту от внешнего облучения, так как вполне очевидно, что защита от внешнего облучения играет свою роль и по снижению опасности внутреннего облучения.

Глава 6
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИМПУЛЬС ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

Ядерный взрыв любого вида сопровождается испусканием электромагнитного излучения радиочастотного диапазона, которое проявляется в окружающем пространстве в виде кратковременного интенсивного изменения напряженности электрического и магнитного полей – **электромагнитного импульса**.

Способность ЭМИ распространяться в атмосфере, грунте, а также по различным проводящим коммуникациям может привести к поражению военных объектов и техники в условиях, при которых другие ПФ ЯВ теряют свое значение.

Современные образцы ВВТ представляют собой сложные комплексы, оснащенные разнообразной РЭА, средствами вычислительной техники, разветвленными сетями коммуникаций – проводными и кабельными линиями связи, управления, энергоснабжения, и поэтому наиболее подвержены действию ЭМИ. Это приводит к необходимости оценивания возникающих электромагнитных полей и разработке путей и методов защиты различных объектов от поражающего воздействия ЭМИ.

Несмотря на неизменность первичных процессов, связанных с возникновением ЭМИ – взаимодействие ИИ ЯВ с окружающей средой, и схожесть картины электродинамического воздействия на объекты, механизм генерации ЭМИ имеет отличия в зависимости от среды, в которой произведен ЯВ. Наиболее ярко эти отличия проявляются в механизмах возникновения ЭМИ при наземном (воздушном) и космическом ЯВ.

6.1. Механизм образования и основные параметры электромагнитного импульса наземного и воздушного ядерных взрывов

Для **возникновения ЭМИ** в общем случае необходимо соблюдение **двух** основных **условий**:

– наличие в объеме источника ЭМИ электрических токов, изменяющихся в пространстве и времени по величине и направлению;

– несимметричное распределение токов относительно центра источника.

Указанные условия соблюдаются при наземных и воздушных ЯВ, однако в зависимости от электрофизических параметров среды, в которой произведен взрыв, механизм образования ЭМИ имеет отличительные особенности.

В основе генерирования электромагнитного поля при этих ЯВ лежит *комптоновская модель* образования ЭМИ. Согласно этой модели, ЭМИ возникает в результате взаимодействия мгновенного гамма-излучения взрыва с атомами окружающей среды. Мгновенное γ-излучение со средней энергией E_γ = 1,0 МэВ, взаимодействуя с материалом ядерного боеприпаса и окружающей средой посредством комптон-эффекта, образует первичные (комптоновские) электроны $e_к$ с энергией $E_{эл}$ = 0,5 МэВ.

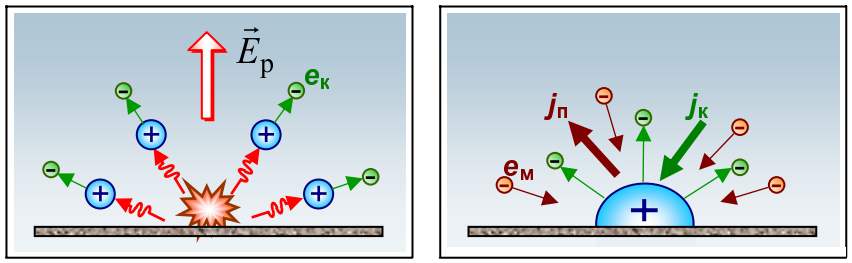
Первичные электроны движутся преимущественно в направлении порождающих их гамма-квантов и создают упорядоченный (конвекционный) ток с плотностью:

$$j_к = e \cdot F_e, \qquad (6.1)$$

где e – заряд электрона; F_e – поток комптоновских электронов.

Значительно менее подвижные положительные ионы можно считать неподвижными относительно быстрых электронов. Таким образом, в пространстве происходит *разделение электрических зарядов*, при котором примыкающие к центру взрыва области заряжаются положительно, а периферийные – отрицательно. Вследствие этого образуется сильное радиальное электрическое поле $\vec{E}_р$, напряженность которого достигает максимального значения через $10^{-8}…10^{-7}$ с после взрыва. Механизм образования этого поля для наземного ЯВ показан на рис.6.1,*а*.

В процессе замедления комптоновские электроны производят дальнейшую ионизацию среды, создавая вторичные (медленные) электроны $e_м$. Так, один комптоновский электрон с энергией около 0,5 МэВ порождает примерно 30 тыс. вторичных пар «электрон-ион». Медленные электроны не имеют преимущественного направления движения и вместе с положительными ионами существенно увеличивают проводимость среды $\sigma_{ср}$.



а *б*

Рис.6.1. Образование ЭМИ при наземном ядерном взрыве

Под действием радиального электрического поля вторичные электроны движутся к положительно заряженной области, в результате чего в среде возникает ток проводимости, направленный противоположно току комптоновских электронов и компенсирующий первичные электрические поля и токи (рис.6.1,*б*). Плотность тока проводимости будет равна:

$$j_п = \sigma_{ср} \cdot E_р, \qquad (6.2)$$

где $\sigma_{ср}$ – проводимость среды.

Таким образом, выполняется первое необходимое условие: в объеме источника ЭМИ возникают **электрические токи, изменяющиеся в пространстве и времени по величине и направлению**.

Другим условием образования ЭМИ является **несимметричность распределения зарядов и токов**. В противном случае из-за идеальной симметрии происходит взаимная компенсация полей противоположно направленных образовавшихся элементарных электрических диполей.

В реальных условиях существует ряд причин, нарушающих сферическую симметрию:

– начальная асимметрия выхода гамма-квантов из-за несимметричности конструкции ядерного боеприпаса;

– неоднородность среды, обусловленная градиентом плотности атмосферы;

– влияние границы раздела «воздух-грунт».

При ***наземных*** взрывах на образование и распределение токов существенное влияние оказывает земная поверхность, которая ограничивает расположение области взрыва и определяет преимущественное распространение мгновенных γ-квантов в верхнюю полусферу.

При ***воздушных*** взрывах основное влияние на образование и распределение токов оказывает неоднородность плотности атмосферы по высоте. Взаимодействие γ-квантов с атмосферой в верхней полусфере происходит на бóльших расстояниях от центра взрыва из-за уменьшения плотности атмосферы с высотой, что и приводит к асимметрии распределения зарядов и токов (рис.6.2).

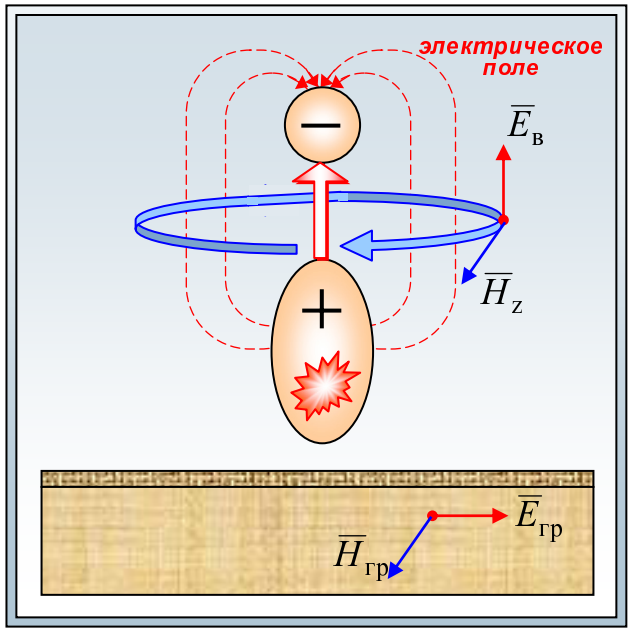


Рис.6.2. Образование ЭМИ при воздушном ядерном взрыве

В результате указанных процессов в воздухе и в грунте возникают кратковременные результирующие **электрические** и **магнитные поля**, которые и представляют собой **ЭМИ**.

Пространство, окружающее центр взрыва, можно разделить на две основные области: зону источника и волновую зону.

Зона источника представляет собой область образования максимальных токов комптоновских электронов и проводимости и, соответственно, максимальных по величине и длительности электрических и магнитных полей. Размеры зоны определяются длиной свободного пробега гамма-квантов в воздухе и ограничены усеченной сферой для наземного взрыва (полной – для воздушного взрыва) радиусом, равным примерно 1…1,5 км, и центром, совпадающим с координатами взрыва.

Волновая зона – это область существования ЭМИ, распространяющегося в окружающем пространстве от источника на расстояния в десятки и сотни километров.

Основными параметрами ЭМИ, определяющими его поражающее действие, являются:

– максимальные значения напряженности электрического и магнитного полей (амплитуды импульсов) – E_{max}, H_{max}, соответственно;

– характер изменения во времени напряженности полей (форма импульсов) – $E(t)$, $H(t)$ и связанные с ней спектральные характеристики ЭМИ – $S(\omega)$.

В общем случае параметры ЭМИ сложным образом зависят от многих факторов, к числу которых относятся мощность боеприпаса, высота взрыва, расстояние от центра взрыва и проводимость грунта.

Напряженности электрической и магнитной составляющих – $E(t)$, $H(t)$ являются векторными величинами, поэтому необходимо учитывать их ориентацию в пространстве.

Электрическое поле ЭМИ воздушного и наземного ЯВ в *воздухе* имеет преимущественно вертикальную поляризацию, а в *грунте* – горизонтальную. Вектор напряженности магнитного поля лежит в горизонтальной плоскости и перпендикулярен к радиусу, проведенному из центра взрыва.

Теоретический расчет параметров ЭМИ достаточно сложен вследствие многообразия факторов, влияющих на его формирование. Поэтому на практике пользуются эмпирическими зависимостями, полученными по результатам экспериментальных натурных и модельных испытаний.

Амплитуда напряженности электрического поля ЭМИ (E) в ***зоне источника*** практически не зависит от расстояния, проводимости грунта и пропорциональна мощности взрыва. Амплитуда вертикальной составляющей в *воздухе* может достигать значений $E_в = 10^1 \ldots 10^4$ В/м, а амплитуда горизонтальной составляющей $E_г$ примерно на порядок ниже. В *грунте* бóльшей амплитудой обладает горизонтальная составляющая $E_г$.

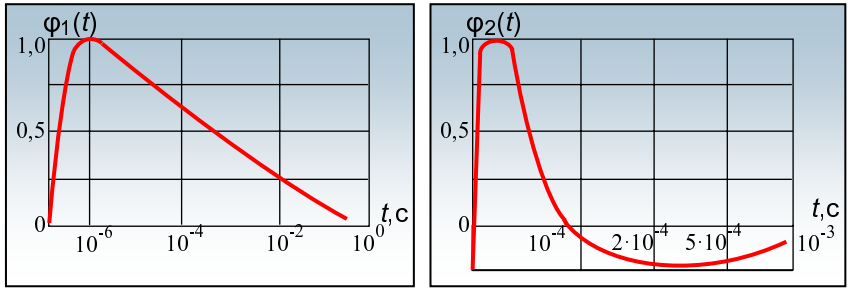
Амплитуда горизонтальной составляющей в ***волновой зоне*** в *грунте* может достигать значений $E_г = 10^3 \ldots 10^4$ В/м.

Таким образом, **поражающее действие** ЭМИ в *воздухе* обусловлено, главным образом, вертикальной составляющей электрического поля ЭМИ, а в *грунте* – горизонтальной составляющей.

Амплитуда напряженности магнитного поля ЭМИ (H) в ***зоне источника*** слабо зависит от мощности взрыва и расстояния. Ее величина может достигать значений H = 1…10 кА/м. В ***волновой зоне*** ее значение не зависит от проводимости грунта и пропорциональна мощности взрыва.

Временная форма ЭМИ отражает процессы его формирования и распространения в окружающей среде. В ***зоне источника*** ЭМИ представляет собой однополярный сигнал с крутым передним фронтом длительностью $\tau_ф \cong 10^{-6}$ с (рис.6.3,*а*), что соответствует протеканию тока комптоновских электронов, а общая длительность импульса $\tau_и \cong 0{,}1$ с обусловлена действием компенсационных токов проводимости. В ***волновой зоне*** (рис.6.3,*б*) на форму ЭМИ существенно влияет характер распространения поля в окружающей среде. Поскольку низкочастотная составляющая спектра ЭМИ излучается менее интенсивно, а грунт (как провод-

ник) ее отражает, то форма ЭМИ приобретает затухающий колебательный характер с длительностью $\tau_и \cong 10^{-3}$ с.



а – зона источника *б – волновая зона*

Рис.6.3. Типовые формы ЭМИ

Форма и длительность ЭМИ определяют его **спектральную плотность** $S(\omega)$.

Данные о параметрах спектра, как правило, необходимы при оценке воздействия ЭМИ на частотно-избирательные радиотехнические системы. Спектр ЭМИ для ***зоны источника*** содержит, в основном, низкие частоты в диапазоне $1…10^3$ Гц, а в ***волновой зоне*** сосредоточен в диапазоне частот $10^2…10^6$ Гц.

6.2. Поражающее действие электромагнитного импульса

Результатами воздействия ЭМИ на различные объекты могут быть:

- снижение качества функционирования аппаратуры во время действия ЭМИ (*помеховое воздействие*);
- временная потеря работоспособности («*ослепление*»);
- необратимый вывод из строя чувствительных к импульсным электрическим перегрузкам элементов РЭА (*катастрофические отказы*).

Эти процессы определяют **функциональное поражение** объекта, при котором он, сохраняя свою физическую целостность, временно или постоянно лишается способности нормального функционирования при выполнении задач по предназначению.

При расположении объекта в воздухе и грунте ***вне источника*** ЭМИ различают прямое и косвенное воздействие.

Прямое воздействие заключается в непосредственном выделении в элементах объекта электромагнитной энергии воздействующего поля ЭМИ. **Оценка воздействия** при этом заключается в сравнении максимальной энергии ЭМИ (воспринимаемой эффективными приемниками) с минимальной энергией, которая необходима для вывода из строя самых чувствительных к электромагнитным перегрузкам элементов аппаратуры. Эти перегрузки приводят к **тепловым пробоям** различных типов. Относительные энергетические уровни, при которых наблюдаются тепловые пробои некоторых элементов РЭА, приведены в табл.6.1.

Таблица 6.1

Минимальные значения энергии повреждения

Тип элемента	Минимальная энергия, Дж
Высокочастотный диод	$(1…5)\cdot10^{-7}$
Маломощные транзисторы	$10\cdot10^{-6}$
Интегральная аналоговая микросхема	$(8…10)\cdot10^{-5}$

При **косвенном воздействии** («антенный эффект») энергия ЭМИ первоначально воспринимается *эффективными рецепторами* электромагнитного поля, в результате чего возникают импульсные напряжения и токи наводки, которые, растекаясь по проводящим цепям, оказывают воздействие на элементы РЭА. *К эффективным рецепторам относятся* антенны, проводные и кабельные линии, межблочные соединения. Возникающие наводки воздействуют, в первую очередь, на подключенные к перечисленным рецепторам блоки РЭА.

Как правило, РЭА размещается внутри металлических оболочек (корпусов объектов, приборов, железобетонных конструкций и т.п.), ослабляющих действие ЭМИ. Поэтому **наиболее сильное** влияние ЭМИ на аппаратуру объектов и систем оказывают токи и напряжения, наводимые в **наружных** коммуникационных кабельных линиях и антенно-фидерных устройствах (АФУ). При этом может быть выведена из строя аппаратура объектов, расположенных **вне зоны** непосредственного действия ударной волны и светового излучения ЯВ.

Воздействие ЭМИ на АФУ. В военно-технических объектах применяется большое количество разнообразных антенн, которые предназначены для работы в составе систем связи и управления. Они отличаются конструкцией, частотными свойствами, формой диаграммы направленности и другими параметрами. С учетом воздействия ЭМИ, АФУ можно рассматривать как систему, состоящую из фидера и собственно антенны. Результирующее напряжение (ток) на первом элементе входных цепей РЭА, подключенных к антенне, определяется как сумма наведенных напряжений (токов) на фидере и на антенне.

Антенно-фидерные устройства как системы с частотно-избирательной реакцией на действие электромагнитных полей становятся особенно чувствительными к воздействию ЭМИ, если их рабочий диапазон частот совпадает с частотами, генерируемыми ЭМИ.

Воздействие ЭМИ на проводные линии. *Воздушная проводная линия* – это линия связи или электроснабжения, которая находится на некоторой высоте над поверхностью земли. Реакция такой линии на воздействие внешнего электромагнитного поля заключается в **разделении зарядов** на линии и их **растекании** под действием ЭДС, направленной вдоль линии. Причинами возникновения ЭДС является горизонтальная составляющая электрического поля ЭМИ и его магнитное поле.

Линии электропередачи и их оборудование в большинстве случаев рассчитывают на напряжение, измеряемое десятками и сотнями киловольт. Поэтому они являются более стойкими к воздействию ЭМИ ЯВ, чем антенны и воздушные линии связи и управления.

Ориентировочные расстояния, на которых напряжение, наводимое в антеннах и воздушных проводных линиях, превышает 10…50 кВ, приведены в табл.6.2. На больших расстояниях воздействие ЭМИ оказывается аналогичным воздействию не очень далекого разряда молнии и не вызывает повреждения аппаратуры.

Таблица 6.2

Ориентировочные расстояния (км), на которых напряжение, наводимое на антеннах и воздушных проводных линиях, превышает 10 и 50 кВ

Мощность взрыва, кт	Наводимое напряжение, кВ	
	Более 10	Более 50
1	2	1
10	2,5	1,3
100	3	1,5
1000	3,3	1,7

Воздействие ЭМИ на подземные кабельные линии. Такие кабельные линии являются элементами систем управления и электроснабжения, в первую очередь, СФС (шахтных пусковых установок, командных пунктов, пунктов управления и т.п.), выдерживающих большие механические нагрузки от действия ВУВ ЯВ. При значениях избыточного давления до 100 кгс/см^2 СФС будут находиться в ***зоне источника*** ЭМИ, в которой амплитуды напряженностей электрического и магнитного полей могут достигать значительных величин. Расчеты показывают, что напряжение между жилой и экраном может значительно превышать импульсные пробивные напряжения кабеля (20…70 кВ), а ток короткого замы-

кания – достигать величины 1…10 кА. Меньшее напряжение, распространяясь вдоль жил кабеля, оказывается потенциально опасным для подключенной аппаратуры.

Ориентировочные расстояния, на которых напряжение, наводимое на подземных кабельных линиях превышает 10…50 кВ, приведены в табл.6.3. Если в пределах этих зон будут проходить протяженные линии, то возникающие в них напряжения распространяются на многие километры за пределы зон и могут повреждать входные цепи аппаратуры на удаленных участках линий.

Таблица 6.3

Ориентировочные расстояния (км), на которых напряжение, наводимое на подземных кабельных линиях, превышает 10 и 50 кВ

Мощность взрыва, кт	Наводимое напряжение, кВ	
	Более 10	Более 50
1	1,1	0,4
10	1,6	0,6
100	2,0	0,7
1000	2,4	0,9

Воздействие ЭМИ на РЭА. Поражающее действие ЭМИ на РЭА различного конструктивного исполнения и назначения в значительной степени будет определяться стойкостью используемой элементной базы – электрорадиотехнических изделий. **Наиболее чувствительными** к воздействию ЭМИ являются **полупроводниковые приборы** (ППП), **интегральные схемы** (ИС), а также **элементы**, принцип действия которых основан на взаимодействии с электрическими и (или) магнитными полями и сигналами. Образующиеся физические эффекты являются причиной *изменения электрических и функциональных характеристик* ППП и ИС, которые, в свою очередь, приводят к сбоям, переключениям, появлению ложных и искажению полезных сигналов. В цифровых вычислительных системах, ППП и ИС, которые имеют сравнительно низкие уровни пороговых напряжений переключения, воздействие ЭМИ может привести к изменению логического состояния элементов памяти, ошибкам вычислений, задержкам распространения рабочих сигналов, искажению и потере информации и т.п. Если энергия импульса достаточно велика, то в ЭРИ могут происходить *катастрофические отказы*, приводящие к полному прекращению их работоспособности. Основные отказы этих изделий связаны с возникновением электрического (лавинного, туннельного) или теплового пробоя. Характер возникающих повреждений зависит от типа ЭРИ.

При **воздействии ЭМИ на человека** через его органы протекает кратковременный электрический ток. Чем выше уровень ЭМИ и больше величина электромагнитной связи человека с линией связи, тем сильнее воздействие ЭМИ. В обычных условиях без электромагнитной связи непосредственное воздействие ЭМИ не приводит к поражению личного состава. Однако эта связь существенно возрастает, если человек находится в контакте с электропроводящими коммуникациями (кабелями, металлическими трубами, корпусами объектов). В этих случаях наводимые на коммуникациях напряжения и токи могут вызывать поражение личного состава.

6.3. Защита от воздействия электромагнитного импульса воздушного (наземного) ядерного взрыва

В большинстве своем принципы защиты военно-технических систем (ВТС) от воздействия ЭМИ традиционны и эффективно применяются для защиты от действия молниевых разрядов, индустриальных помех, излучений радиостанций, а также для обеспечения электромагнитной совместимости аппаратуры и объектов. Однако ЭМИ ЯВ в плане защиты отличается рядом **особенностей**:

1. В отличие от молниевых разрядов, поражающее действие которых носит точечный характер, воздействие ЭМИ проявляется

практически мгновенно по всей длине протяженных линий и на объектах, расположенных на больших площадях.

2. Амплитуды напряженностей электрических и магнитных полей ЭМИ на порядки превышают наводки от молниевых разрядов и имеют более широкий энергетический спектр (10…30 Гц – для молний и десятки-сотни кГц – для ЭМИ).

3. Фронт импульса ЭМИ нарастает во времени на два-три порядка быстрее, чем импульс разряда молнии.

Все это выделяет вопросы защиты от воздействия ЭМИ в самостоятельную проблему.

При реализации методов защиты от ЭМИ используется известный **принцип равнопрочности**, который заключается в том, что защита должна обеспечивать функционирование объекта при воздействии ЭМИ с уровнями, соответствующими значениям параметров механических ПФ, при которых объект еще сохраняет свою физическую целостность.

Защита от ЭМИ предусматривает применение специальных технических методов.

Технические методы защиты по месту их применения и виду электромагнитного фактора, воздействие которого должно быть снижено, можно разделить на **две группы**:

- методы и способы *уменьшения напряженности полей* ЭМИ, воздействующих непосредственно на чувствительные элементы аппаратуры и эффективные приемники энергии;
- методы и способы *защиты чувствительных элементов* от импульсных токов и напряжений, вызванных действием ЭМИ.

По особенностям реализации методы и способы защиты подразделяют на конструкционные, схемотехнические и структурно-функциональные. Их классификационная схема будет приведена на рис.6.4.

Конструкционный метод заключается в выборе оптимальной конструкции экранирования объекта и аппаратуры, а также в выполнении рационального заземления, монтажа линий и др.

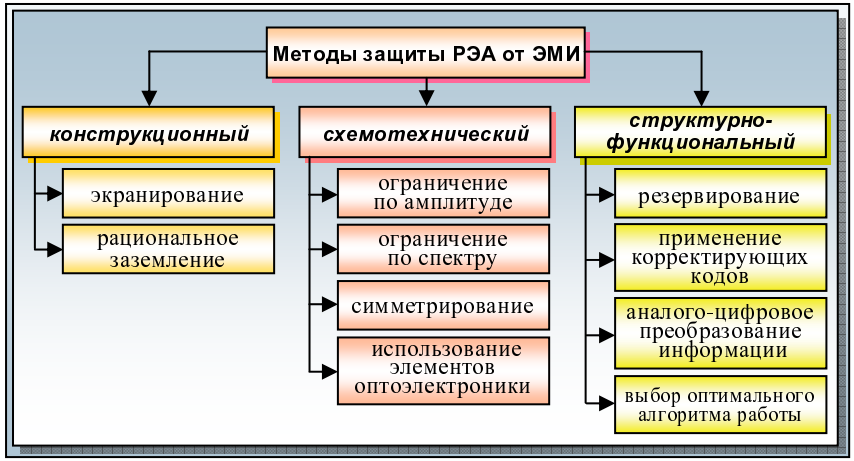


Рис.6.4. Классификация методов и способов защиты РЭА от ЭМИ

Экранирование – основной способ защиты объектов и аппаратуры от воздействия ЭМИ. Оно осуществляется с помощью проводящих оболочек – электромагнитных экранов. Действие экрана заключается в поглощении энергии электромагнитной волны и ее рассеянии. Эффективность экранирования характеризуется **коэффициентом экранирования** (η_i), под которым понимается отношение напряженностей электрической и магнитной составляющих ЭМИ при отсутствии экрана (E_0, H_0) к их значениям в защищаемом объеме (E, H):

$$\eta_E = E_0/E; \quad \eta_M = H_0/H. \qquad (6.3)$$

Однородные сплошные экраны достаточно эффективно ослабляют поля ЭМИ. Однако, реальные конструкции объектов имеют большое количество неоднородностей, которые существенно снижают экранирующий эффект проводящих корпусов аппаратуры. К таким неоднородностям относятся двери, окна, вентиляционные отверстия, люки, места ввода силовых и информационных кабелей. Для достижения требуемого экранирования

следует применять электромагнитные *уплотняющие прокладки* и *проводящие материалы*, обеспечивающие надежный электрический контакт между корпусом и металлическими крышками, дверями, люками и т.п. Ослабление внешнего поля ЭМИ, проникающего через отверстия, достигается путем применения *сотовых решеток*, в которых каждая ячейка одновременно является для частотного диапазона ЭМИ отрезком волновода и элементом, заменяющим большое отверстие системой малых отверстий.

На практике роль электромагнитного экрана выполняют корпуса объектов, аппаратуры, строительные конструкции сооружения (арматура железобетонных конструкций, металлическая гидроизоляция, тюбинги и т.п.), что является особенно важным для защиты СФС.

Для уменьшения влияния ЭМИ на аппаратуру и снижения уровня поля внутри объекта осуществляется ***рациональное заземление***.

Заземляющая система объекта имеет несколько назначений:

– обеспечение общей точки заземления схем аппаратуры;

– исключение появления высокочастотных потенциалов;

– уменьшение наводок на экранах и оборудовании при воздействии ЭМИ;

– защиту обслуживающего личного состава и аппаратуры от грозовых разрядов и неисправностей в источниках питания.

Защитное заземление должно поддерживать элементы РЭА на заданном уровне потенциала, равном или близком потенциалу «земли».

К **общим рекомендациям** по уменьшению наводок относятся следующие:

1. Применение более коротких цепей заземления.

2. Уменьшение связи между системой заземления схем, узлов и блоков аппаратуры с корпусом объекта.

3. Исключение связи между цепями заземления с высоким уровнем наводок и высокочувствительными элементами аппаратуры.

Заземляющие проводники и шины необходимо присоединять к экрану без нарушения его целостности и не создавать дополнительных отверстий, сварных швов и других локальных нарушений электрической однородности защитных элементов. Для СФС заземление реализуется с помощью специальных контуров заземления.

Схемотехнический метод защиты от ЭМИ представляет собой комплекс мероприятий, заключающихся в целенаправленном изменении структур отдельных схем или введения дополнительных элементов для ослабления влияния воздействующего ЭМИ на нормальное функционирование РЭА. В общем случае этот метод сводится к следующему:

– ограничению наводок по амплитуде;

– ограничению наводок по спектру;

– применению симметричных двухпроводных линий;

– использованию элементов оптоэлектроники.

Ограничение наведенных напряжений и токов ***по амплитуде*** в цепях аппаратуры и кабельных линиях осуществляется с помощью *газоразрядных* и *полупроводниковых ограничителей*. При возрастании амплитуды импульса ограничители замыкают жилу кабеля на землю, защищая нагрузку от больших токов.

Для ограничения **значительных** по амплитуде токов и напряжений используют *искровые разрядники*. Так как время их срабатывания велико, то они непригодны для защиты полупроводниковых приборов. Для ограничения импульсов напряжения на этих приборах до 10…20 В применяется другой класс ограничителей (*варисторы*, *стабилитроны* и *полупроводниковые ограничители*), которые практически мгновенно срабатывают при низком пробивном напряжении.

При значительных перенапряжениях используют комбинированную защиту. В этом случае искровые разрядники играют роль первичной защиты, а ограничительные полупроводниковые диоды – вторичной. Основная доля энергии импульса перенапряжения поглощается разрядником, который включается после срабатывания ограничительного диода, рассеивающего энергию быстрых переходных процессов.

Ограничение наведенных напряжений и токов ***по спектру*** заключается в применении элементов в виде фильтров различных типов, трансформаторов и дросселей. Основное назначение этих ограничителей – пропускание без значительного ослабления сигналов на частотах рабочего диапазона РЭА и подавление их в остальной части спектра.

Способ симметрирования двухпроводных линий широко используется для подавления помех, возникающих в нагрузках линий связи, управления и электроснабжения в результате действия ЭМИ. Симметрирование заключается в обеспечении *одинаковых* электрических параметров (прежде всего, электрической емкости) проводов линии по отношению к земле или оболочке кабеля. При воздействии ЭМИ напряжение на нагрузке двухпроводной линии равно разности потенциалов на прямом и обратном проводах, зависящей от емкостной разности жил проводов относительно земли. На практике для выравнивания параметров провода скручивают с определенным шагом. Кроме того, для улучшения условий симметрирования проводные и кабельные линии подключают к *симметричным устройствам* (балансным усилителям, симметричным трансформаторам и мостовым схемам).

Применение ***оптоволоконных*** кабелей позволяет полностью исключить воздействие ЭМИ на них.

Структурно-функциональный метод заключаются в выборе функциональных принципов построения аппаратуры или их составных частей и структуры используемых сигналов. Этот метод защиты предусматривает:

– резервирование и дублирование узлов и схем;

– применение помехоустойчивого кодирования;

– аналогово-цифровое преобразование информации;

– алгоритмические способы защиты.

Каждый из типов объектов и аппаратуры требует конкретного комплекса рассмотренных методов и способов защиты в зависимости от их функционального назначения и конструктивных особенностей.

Глава 7
РАЗВИТИЕ КОСМИЧЕСКОГО (ВЫСОТНОГО) ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА И ФОРМИРОВАНИЕ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ

7.1. Краткая характеристика околоземного космического пространства

Особенности развития этих видов ЯВ и формирование их ПФ полностью определяется двумя основными свойствами околоземного космического пространства (ОКП): изменением плотности атмосферы с высотой и влиянием геомагнитного поля.

От **плотности атмосферы** зависят характер поглощения гамма-, нейтронного и рентгеновского излучений ЯВ и условия торможения расширяющейся плазмы взрыва. **Геомагнитное поле** определяет динамику поведения заряженных частиц (прежде всего, β-электронов), образующихся при радиоактивном распаде осколков деления – продуктов ЦРД.

С увеличением высоты **плотность воздуха** уменьшается, что можно описать приближенной зависимостью:

$$\rho(H) \approx \rho_0 \cdot \exp(-H/7), \qquad (7.1)$$

где ρ_0 – плотность воздуха на уровне моря, H – в км.

Из уравнения (7.1) следует, что при увеличении высоты на 7 км плотность воздуха уменьшается в e раз (2,72 раз). Так, на высоте $H = 100$ км $\rho(H) \approx \rho_0 \cdot 10^{-6}$, что позволяет пренебрегать ею при распространении излучений взрыва в космическом пространстве. Соответственно возрастает длина свободного пробега $\lambda(H)$ этих излучений:

$$\lambda(H) = \lambda_0 \cdot \frac{\rho_0}{\rho(H)}, \qquad (7.2)$$

где λ_0 – длина свободного пробега на уровне моря.

Например, длина свободного пробега рентгеновского излучения на высоте 100 км возрастет до $\lambda(H)$ = 1…5 км (доли и единицы сантиметров – на уровне моря).

Геомагнитное поле Земли приближенно представляют полем гигантского магнитного диполя, расположенного в центре Земли. Ось диполя не совпадает с осью вращения планеты (угол α между осями составляет около 11°). Точки пересечения оси диполя с земной поверхностью $S_м$ и $N_м$, называются *геомагнитными полюсами*. При этом, как известно, северный магнитный полюс Земли находится вблизи южного географического полюса, а южный – вблизи северного географического полюса. (Вспомним закон взаимодействия полюсов магнита: противоположные полюса притягиваются. Стрелка компаса (северный ее конец) всегда указывает на географический Север и, следовательно, там должен находиться южный магнитный полюс).

Силовые линии геомагнитного поля выходят из поверхности Земли в южном полушарии, достигают максимального удаления от Земли на геомагнитном экваторе и подходят к поверхности Земли в северном полушарии (рис.7.1).

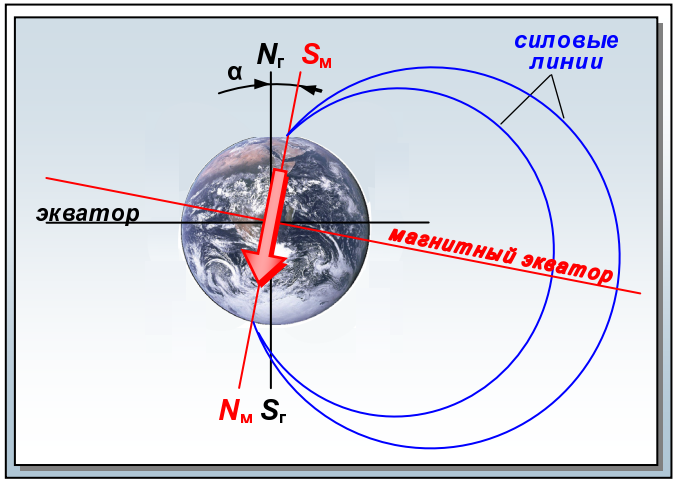


Рис.7.1. Магнитное поле Земли

Геомагнитное поле сугубо неравномерно: оно уменьшается вдоль силовой линии от полюсов к экватору и по высоте от поверхности Земли.

Для характеристики магнитного поля в дипольном приближении достаточно иметь два параметра: относительное удаление силовой линии L от центра Земли (номер силовой линии) и напряженность магнитного поля B.

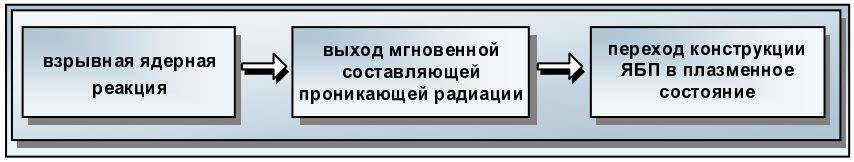
В совокупности они представляют собой так называемую систему L, B координат. К настоящему времени составлены специальные таблицы и карты, на основании которых можно получить значение координат L и B для любой точки пространства. Напряженность поля указывается в гауссах, номера силовых линий – в радиусах Земли.

Совокупность магнитных силовых линий с одинаковым параметром L образует вокруг Земли магнитную оболочку – поверхность вращения силовой линии вокруг оси магнитного диполя.

7.2. Формирование поражающих факторов

Физические процессы, лежащие в основе формирования ПФ, сходны до высот H = 80…90 км. Различия носят лишь количественный характер.

Начальная стадия космического (КЯВ) и высотного ЯВ протекает так же, как и при воздушном взрыве:



Так как с ростом высоты взрыва увеличивается длина свободного пробега РИ, испускаемого плазмой, то оно до поглощения в атмосфере проходит все увеличивающиеся расстояния. При этом возрастает объем светящейся области, а начальные температура и давление в ней уменьшаются. В свою очередь, уменьшение темпе-

ратуры приводит к смещению максимума излучения из рентгеновской в оптическую область спектра. Поэтому доля энергии при высотном взрыве, выделяющаяся в виде светового излучения ($\alpha_{СИ}$), вначале возрастает, как показано на рис.7.2, а при взрыве на $H > 60$ км резко падает, так как поглощение РИ на этих высотах почти не происходит. На высотах $H = 80…90$ км **световое излучение** как ПФ практически **исчезает**.

Уменьшение первоначального давления в светящейся области приводит к уменьшению скорости ее газодинамического расширения и, следовательно, к уменьшению интенсивности ударной волны ($\alpha_{УВ}$). При высоте взрыва $H > 60$ км **воздействием ВУВ** на наземные объекты **пренебрегают**.

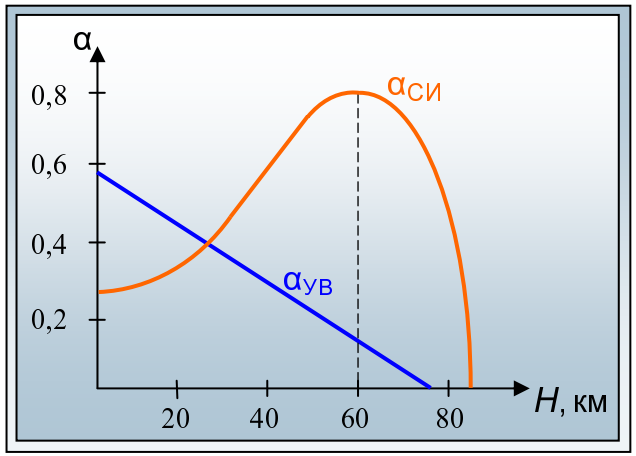


Рис.7.2. Доля энергии взрыва, идущая на образование ударной волны ($\alpha_{УВ}$) и светового излучения ($\alpha_{СИ}$)

При взрывах на высотах более 90…100 км (КЯВ) **рентгеновское излучение**, испускаемое плазмой, в окружающей среде практически не поглощается, уходит на большие расстояния и становится самостоятельным ПФ, оказывающим воздействие на объекты в космическом пространстве.

Рентгеновское и мгновенное γ-излучение, распространяющиеся в *сторону плотных слоев атмосферы*, взаимодействуют с ней, производя ионизацию, в результате чего, в атмосфере образуются **области повышенной ионизации** (ОПИ), влияющие на прохождение радиоволн на трассах «Земля–Космос», «Космос–Земля».

Образующиеся в результате ионизации электроны на высотах $H = 20…40$ км взаимодействуют с геомагнитным полем, что приводит к их движению по спиралевидным траекториям и образованию кольцевых токов, излучающих **электромагнитный импульс**.

Рентгеновское и мгновенное γ-излучение, распространяющиеся в *космическом пространстве*, при воздействии на космические объекты образуют целый комплекс электродинамических явлений, получивших название **вторичный ЭМИ** (ВЭМИ).

Таким образом, на **начальной стадии** развития КЯВ образуются **следующие ПФ**: проникающая радиация, рентгеновское излучение, области повышенной ионизации, электромагнитный импульс и вторичный ЭМИ.

Дальнейшие процессы формирования ПФ связаны с **расширением плазмы** КЯВ в окружающем пространстве.

В зависимости от мощности ЯВ ***скорость разлета плазмы*** может составлять $u_0 \approx (1…4)\cdot 10^3$ км/с.

Первоначально концентрация энергии в расширяющейся плазме настолько велика, что наличие разреженной атмосферы и влияние геомагнитного поля можно не учитывать. Они вытеснятся из области взрыва, а сама плазма получит сферическую форму. По мере расширения плазмы концентрация энергии в ней уменьшается, и в направлениях, перпендикулярных силовым линиям, происходит торможение продуктов взрыва, обусловленное «противо-

давлением» геомагнитного поля. Плазменная область приобретает форму вытянутого вдоль силовых линий эллипсоида вращения (рис.7.3).

Весь процесс разлета плазмы длится десятые доли секунды. Находящиеся в плазме осколки деления при радиоактивном распаде испускают β-электроны, которые захватываются геомагнитным полем, в результате чего образуется **искусственный радиационный пояс Земли** (ИРПЗ). Этот пояс может оказывать поражающее воздействие на обитаемые и необитаемые космические объекты.

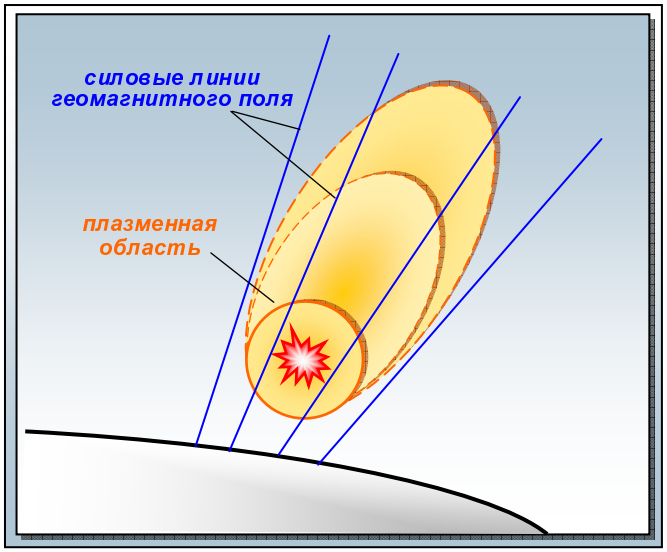


Рис.7.3. Расширение плазмы КЯВ

Таким образом, при космическом ЯВ образуется совокупность ПФ, обусловленных **прямым действием** ионизирующих излучений КЯВ – ***радиационных*** ПФ (ПрР, РИ, ИРПЗ) или результатами их **взаимодействия с атмосферой и космическими объектами** – ***электромагнитных*** ПФ (ЭМИ, ВЭМИ, ОПИ).

Развитие космического ядерного взрыва

Глава 8
РАДИАЦИОННЫЕ ПОРАЖАЮЩИЕ ФАКТОРЫ КОСМИЧЕСКОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

8.1. Особенности проникающей радиации космического ядерного взрыва

Особенности ПрР КЯВ полностью определяются изменением плотности воздуха с высотой и динамикой разлета плазмы взрыва.

Как было указано выше, с увеличением высоты взрыва ***эффективная длина поглощения*** гамма-квантов и нейтронов (средняя длина свободного пробега) ***возрастает*** (7.2). Это приводит к тому, что экспоненциальные множители в формулах для параметров ПрР (5.5, 5.6) при $H \geq 100$ км по значению величин приближаются к единице, а сами формулы упрощаются, так как при этом учитывается только геометрическое ослабление компонентов ПрР.

Следовательно, для каждого параметра ПрР (дозы, мощности дозы, флюенса) можно записать:

$$П = \frac{\text{const} \cdot q}{R^2}. \qquad (8.1)$$

Изменяется по сравнению с воздушным (наземным) взрывом и ***структура*** учитываемых ***компонентов*** ПрР.

Так, практически *исчезает захватное гамма-излучение*, вследствие отсутствия азота в атмосфере при $H \geq 100$ км. Быстрый разлет плазменной области взрыва, в которой сосредоточены все осколки деления, приводит к значительному увеличению ее размеров (за десятые доли секунды радиус возрастает до нескольких сотен километров), и, как следствие, *доза осколочного излучения* становится *пренебрежимо малой*.

Поэтому при КЯВ **основными компонентами** ПрР, оказывающими поражающее действие на космические объекты, становятся **мгновенное излучение** ЯВ: гамма-излучение и нейтроны.

Кванты **γ-излучения** распространяются со скоростью света c, достигая различно удаленных точек окружающего пространства почти одновременно:

$$t_\gamma = R/c\ . \qquad (8.2)$$

Нейтроны, выделяющиеся одновременно с γ-квантами, имеют меньшую скорость, зависящую от их кинетической энергии E_n:

$$\upsilon_n \approx 1{,}38\cdot 10^4\cdot\sqrt{E_n}\ . \qquad (8.3)$$

Время их прихода в заданную точку равно:

$$t_n = \frac{R}{1{,}38\cdot 10^4\cdot\sqrt{E_n}}, \qquad (8.4)$$

где R – в метрах; E_n – в электронвольтах; t – в секундах.

Следовательно, в пространстве происходит разделение гамма- и нейтронного излучений во времени. Учитывая различия в характере воздействия этих излучений на материалы, при оценке радиационной стойкости оборудования КА и, прежде всего, РЭА следует рассматривать *раздельно* воздействие гамма-импульса и флюенса нейтронов. Качественная картина изменения плотности потоков γ-квантов и нейтронов в определенной точке пространства показана на рис.8.1.

Как отмечалось выше (см. п.4.4), поле **гамма-излучения**, создаваемое любым источником ИИ, описывается в терминах экспозиционной дозы (мощности экспозиционной дозы).

Характеристиками этого поля для КЯВ будут являться:

– мощность экспозиционной дозы (Р/с) при длительности импульса $\tau_\gamma \approx 10^{-7}$ с:

$$P = \frac{10^{15}}{R^2}\cdot q\,; \qquad (8.5,a)$$

– экспозиционная доза (в рентгенах) за время действия импульса:

$$D = \frac{10^8}{R^2}\cdot q\ . \qquad (8.5,б)$$

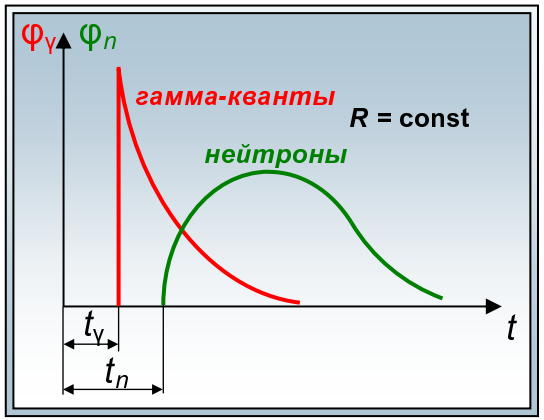


Рис.8.1. Изменение плотности потоков излучений на заданном расстоянии

Флюенс **мгновенных нейтронов** будет равен (нейтрон/м^2):

$$\Phi = \frac{7{,}5\cdot 10^{22}}{R^2}\cdot q\ . \qquad (8.5,в)$$

В приведенных выражениях R – в метрах, q – в килотоннах.

Процессы формирования **радиационных эффектов** в РЭА КА при воздействии ПрР КЯВ аналогичны тем, которые происходят при воздушном (наземном) ЯВ.

Для определения радиусов зон поражения РЭА при КЯВ в качестве *допустимых* приняты следующие значения параметров ПрР:

- 10^7 рад/с – по мощности поглощенной дозы;
- 10^6 рад – по поглощенной дозе излучения;
- 10^{17} нейтрон/м^2 – по нейтронному флюенсу.

Переход от величин экспозиционных дозы и мощности дозы к поглощенной дозе (мощности дозы) для конкретных материалов производится с учетом коэффициентов поглощения гамма-излучения для этих материалов.

Расчеты показывают, что радиусы поражения ПрР орбитальных средств при КЯВ существенно превышают радиусы поражения наземных объектов при воздушном (наземном) ЯВ ($R_{\text{п}}^{\text{ПрР}} = 1\ldots3$ км) и могут находиться в пределах от нескольких десятков до 100…150 км.

8.2. Защита радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата от проникающей радиации

Защита от проникающей радиации КЯВ может быть обеспечена по **двум** основным **направлениям**:

– путем использования различного рода экранов;

– путем применения схемотехнических методов.

В силу естественных ограничений на массу и габариты КА и его оборудование **первое направление** имеет очень небольшое применение. Оно реализуется в виде *дополнительного экранирования* наиболее чувствительных к воздействию ИИ узлов и блоков. Примерами такой локальной защиты могут служить:

– заливка отдельных узлов или блоков компаундом;

– защита отдельных микросхем.

Существенно бóльшими возможностями обладает **схемотехническая защита**. Основным ее назначением является повышение радиационной стойкости РЭА как ее внутреннего свойства путем выбора элементной базы (ЭБ) и применения схемотехнических методов при проектировании аппаратуры.

Выбор ЭБ создает начальный уровень стойкости РЭА. При наличии сведений о стойкости ЭБ используются комплектующие элементы, показатели стойкости которых имеют значения не ниже требуемых в техническом задании. Этот способ повышения радиационной стойкости является самым простым и достаточно эффективным. По некоторым оценкам, за счет выбора элементов в пределах одного класса (например, среди микросхем) стойкость РЭА может быть повышена в 5…10 раз.

Схемотехнические методы повышения радиационной стойкости предусматривают разработку и выбор структуры схемы, принципа ее работы, а также оптимизацию электрических режимов, номинальных значений параметров ЭБ и допусков на их изменение с целью ослабления зависимости выходных параметров схем от изменения параметров ЭБ.

Как было отмечено в п.4.7, методы схемотехнической защиты можно разделить на три группы: структурно-функциональные, конструкционно-технологические и схемные решения.

К способам **структурно-функционального** метода можно отнести:

– резервирование и дублирование малостойких схем и узлов;

– выбор алгоритмов автоконтроля состояния схем после воздействия;

– блокирование РЭА во время действия ПрР путем отключения или снижения питающих напряжений с последующим восстановлением информации и номинальных режимов работы и т.п.

Конструкционно-технологический метод предусматривает:

– исключение материалов, необратимо ухудшающих свои физико-химические свойства при малых или средних уровнях параметров ПрР (фторопласты, отдельные типы герметиков, стекол и т.д.);

– применение вакуумирования, снижающего уровни наводимых ионизационных токов и зарядов;

– исключение паразитных контуров, образованных проводами, уменьшение их протяженности и т.п.

Применение **схемных решений** заключается в:

– введении глубоких отрицательных обратных связей для повышения быстродействия схем при глубоких режимах насыщения транзисторов и стабилизации их характеристик;

– применении компенсационных схем и схем стабилизации;

– отключении отдельных схем во время действия ПрР;

– применении стабилитронов, варисторов, разрядников и быстродействующих реле.

Конкретные реализации схемотехнической защиты весьма разнообразны. Однако их применение достаточно эффективно и позволяет создавать РЭА с требуемым уровнем радиационной стойкости.

8.3. Рентгеновское излучение космического ядерного взрыва

8.3.1. Образование рентгеновского излучения и его основные параметры

Рентгеновское излучение является одним из основных ПФ космического ЯВ. На его долю приходится до 80 % энергии взрыва. По своему спектральному составу РИ подразделяют на мягкое и жесткое.

Источником **мягкого РИ** (МРИ) является высокотемпературная плазма ($\approx 10^7$ К), в которую переходит вещество боеприпаса в результате реакции деления или синтеза. Длина волны λ_{max}, соответствующая максимальному значению лучеиспускания абсолютно черного тела, которым является плазма, обратно пропорциональна его температуре T (закон Вина):

$$\lambda_{max} = b/T, \qquad (8.6)$$

где b – постоянная Вина, равная 0,29 см·град.

В результате ускорения реакций деления (синтеза) и использования специальных конструкционных материалов возникает **жесткое РИ** (ЖРИ), выходящее из области плазмы. *Источником* ЖРИ является процесс торможения электронов плазмы в кулоновском поле ядер конструкционных элементов боеприпаса. Поэтому ЖРИ называют «тормозным» излучением.

Основными параметрами РИ, определяющими его поражающее действие, являются:

- спектральный состав;
- время выхода;
- полная энергия излучения;
- распределение энергии в пространстве.

Спектральный состав. В **мягком** спектре РИ, характерном для взрывов *обычных* ядерных боеприпасов, основная доля энергии излучения принадлежит квантам с энергией 0,5…20 кэВ.

Кванты **жесткого** РИ имеют энергию в диапазоне 20…100 кэВ, их количество составляет до 30…40 % от общего числа квантов спектра РИ. Боеприпасы с *повышенным выходом* ЖРИ называют «*спектральными*» боеприпасами. Конструктивно оболочки спектральных боеприпасов выполняются из материалов, которые имеет сравнительно малые линейные коэффициенты ослабления для жесткой составляющей плазмы, поэтому спектральный состав жесткого РИ близок к спектру тормозного излучения плазмы.

Время выхода РИ по порядку величины совпадает со временем основного энерговыделения в заряде. Для *обычных* ядерных боеприпасов с мягким спектром длительность рентгеновского импульса $\tau_{РИ}$ составляет $(0{,}5\ldots1)\cdot10^{-7}$ с, а для жесткой составляющей РИ *спектральных* боеприпасов – примерно на порядок меньше.

Полная энергия РИ ($E_{РИ}$) составляет определенную долю $\alpha_{РИ}$, от энергии взрыва q:

$$E_{РИ} = \alpha_{РИ} \cdot q. \qquad (8.7)$$

Величина $\alpha_{РИ}$ зависит от отношения q к полной массе боеприпаса (M) и продолжительности ($t_р$) протекания ядерных реакций деления и синтеза. Чем больше отношение (q/M) и чем меньше $t_р$ для заданного значения q, тем сильнее разогревается материал боеприпаса и возрастает $\alpha_{РИ}$. Для боеприпасов с $q = 10^4\ldots10^6$ т величина $\alpha_{РИ}$ изменяется в пределах 0,5…0,7.

Параметром поля РИ ***в пространстве*** является **рентгеновский импульс** $U_{РИ}$. Величина $U_{РИ}$ представляет собой энергию РИ, приходящуюся на единичную площадку, ориентированную перпендикулярно к направлению на центр взрыва, за все время облучения. Она определяется выражением:

$$U_{РИ} = \frac{E_{РИ}}{4\pi R^2} = \frac{3{,}3 \cdot 10^4 \alpha_{РИ} \cdot q}{R^2}, \qquad (8.8)$$

где R – расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки, м; q – в тоннах; $U_{РИ}$ – в Дж/м^2.

8.3.2. Поражающее действие мягкого рентгеновского излучения

Воздействие РИ на поверхность КА сопровождается передачей энергии излучения материалу поверхности.

Пробеги квантов МРИ в подобных материалах, используемых в качестве теплозащиты и оболочек КА, малы и составляют доли миллиметра. Например, при $E_{РИ} \approx 5$ кэВ длина релаксации ($\lambda_{эф\,РИ}$, см. 5.7) в алюминии составляет $5{,}6 \cdot 10^{-3}$ см. Поэтому энергия МРИ практически *полностью поглощается* в поверхностном слое, равном приблизительно $2\,\lambda_{эф\,РИ}$.

Первичная ионизация вещества приводит к его *разогреву*. В зависимости от концентрации поглощенной энергии и характеристик материала в поверхностном слое могут происходить *температурные деформации*: нагрев, плавление, испарение. При **значительных** рентгеновских импульсах наиболее типичным является **испарение взрывообразного характера** (рентгеновская эрозия). При этом энергия МРИ переходит в кинетическую энергию испаренного вещества. В результате на облучаемой поверхности КА возникает **импульс давления**, аналогичный импульсу, образуемому при взрыве на этой поверхности обычного ВВ.

Образование импульса давления приводит к формированию **двух механизмов** поражения:

1. **Механическому повреждению** внешних и внутренних элементов КА (рис.8.2,*а*);

2. **Изменению параметров орбиты** КА и потере его ориентации (рис.8.2,*б*).

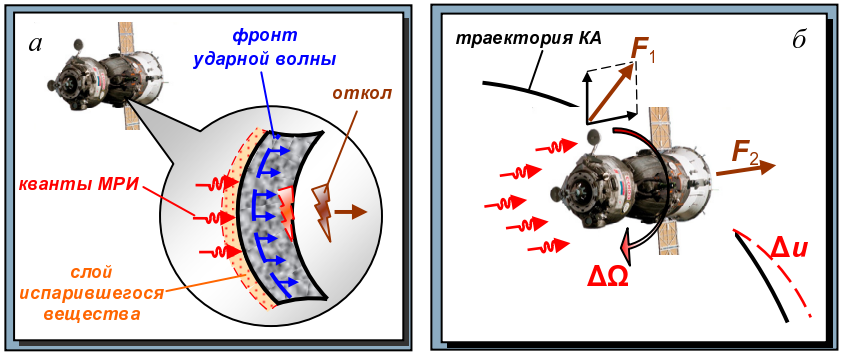


Рис.8.2. Воздействие рентгеновского излучения на космический аппарат: а – на наружную оболочку; б – на параметры траектории

1 Вследствие действия импульса давления по материалу оболочки внутрь распространяется *ударная волна*. В силу этого воздействие МРИ называют «рентгеновским ударом». Прохождение по материалу ударной волны сопровождается ее отражением как от неоднородностей в корпусе, так и от его внутренней границы. **Действие нагрузки**, создаваемой ударной волной, может вызвать **деформацию** силовой оболочки корпуса, **расслоение** теплозащиты, **разгерметизацию**, **отколы** и, как следствие, **выход КА** из строя.

Не проводя сложных расчетов, на основе ряда упрощающих допущений определим радиусы поражения различных элементов КА при действии кратковременной механической нагрузки.

Импульс давления $J_д$ образуется за счет уноса со средней скоростью $\overline{\upsilon}$ массы вещества m_S с единицы поверхности:

$$J_д = m_S \cdot \overline{\upsilon}\,. \qquad (8.9)$$

Масса m_S может быть найдена из условия, что поглощенная энергия РИ ($\mu_a U_{РИ}$) расходуется только на испарение вещества. Это условие можно записать в виде:

$$\mu_a U_{РИ} = Q m_S \text{, откуда } m_S = \mu_a U_{РИ} / Q, \qquad (8.10)$$

где Q – энергия испарения единицы массы вещества; μ_a – коэффициент поглощения РИ.

Принимая во внимание, что поглощенная энергия переходит в кинетическую энергию испаренного слоя, получим:

$$\mu_a U_{РИ} = \frac{m_S \bar{\upsilon}^2}{2} \text{, откуда } \bar{\upsilon} = \left(2\mu_a U_{РИ}/m_S\right)^{1/2}. \qquad (8.11)$$

Подставляя в (8.9) значения $\bar{\upsilon}$ из (8.11) и m_S из (8.10), получим окончательно выражение для импульса давления:

$$J_д = \mu_a U_{РИ} \sqrt{\frac{2}{Q}}. \qquad (8.12)$$

Поражение различных систем КА будет определяться величиной *поражающего* импульса давления ($J_д^п$), значения которого для некоторых систем КА приведены в табл.8.1.

Таблица 8.1

Величина поражающего импульса давления

Наименование систем и отсеков КА	Характер повреждения	$J_д^п$, (н·с)/м^2
Система терморегулирования	Заклинивание жалюзи	24,5
Солнечная батарея	Разрушение фотопреобразователей	29,5
Бортовая кабельная сеть	Разрушение изоляции, срыв соединительных разъемов	980
АФУ	Деформация антенн	150
Корпус приборного отсека	Разгерметизация	343

С учетом выражений (8.8) и (8.12), можно в явном виде определить радиус поражения для конкретной системы КА:

$$R_п = \left[\frac{3{,}3\cdot 10^3 \alpha_{РИ} q\, \mu_a}{J_д^п}\left(\frac{2}{Q}\right)^{1/2}\right]^{1/2}. \qquad (8.13)$$

Например, радиус поражения солнечных батарей при взрыве мощностью 1 Мт составляет 52 км ($\alpha_{РИ} = 0{,}7$; для кремния $Q = 1{,}6\cdot 10^7$ Дж/кг).

(2) При рентгеновском ударе внешние элементы КА испытывают импульсную силовую нагрузку (F_1 и F_2 см. на рис.8.2,*б*), в результате чего КА в целом приобретает *дополнительную* вращательную $\Delta\Omega$ и поступательную Δu скорости. В простейшем случае осесимметричного цилиндрического КА, когда точка приложения равнодействующего импульса силы находится на продольной оси, имеем:

$$S_{КА} J_д = M_{КА} \Delta u;\ \Delta u = \frac{S_{КА} J_д}{M_{КА}}, \qquad (8.14)$$

где $S_{КА}$ – площадь облучаемой поверхности КА; $M_{КА}$ – масса КА.

Так, например, при рентгеновском ударе на уровне разгерметизации приборного отсека ($J_д^п$ = 343 (н·с)/м^2, см. табл.8.1) для КА с $S_{КА} = 2$ м^2 и $M_{КА} = 1000$ кг получаем $\Delta u = 7$ м/с.

8.3.3. Поражающее действие жесткого рентгеновского излучения

Жесткое рентгеновское излучение с энергиями в диапазоне 20…100 кэВ обладает **бóльшей проникающей способностью**, чем мягкий компонент, и легко проходит через тонкостенные оболочки КА внутрь объекта. В этом случае РИ будет непосредственно воздействовать на его *внутреннее оборудование*. Для реальных КА

доля энергии ЖРИ, воздействующая на внутренние узлы и блоки, может достигать 30…80 %, в то время как для спектра мягкого РИ это значение не превышает единиц процентов. В этой связи физическая картина поражающего действия ЖРИ оказывается более сложной по сравнению с действием мягкого излучения, поскольку процесс поглощения ЖРИ происходит по всему внутреннему объему КА.

К **основным процессам** воздействия ЖРИ можно отнести:

1. Тепловые и термомеханические процессы, приводящие к нагреву конструкционных материалов и элементов внутреннего оборудования КА;

2. Радиационные воздействия на внутренние узлы и блоки РЭА.

(1) **Тепловые эффекты** обусловлены первичной ионизацией и последующим радиационным разогревом материала. Полагая, что вся энергия ЖРИ идет на нагревание, можно оценить повышение температуры ΔT для различных материалов внутри КА, используя выражение:

$$U_{\text{РИ}}\mu_{am} = c_m \Delta T \ , \text{ откуда } \ \Delta T = U_{\text{РИ}}\mu_{am}/c_m \ , \qquad (8.15)$$

где μ_{am} – массовый коэффициент поглощения, см^2/г; c_m – массовая теплоемкость, Дж/г·град.

Следовательно, ΔT тем больше, чем больше коэффициент поглощения ЖРИ и меньше массовая теплоемкость материала. За *поражающую температуру* принимается температура плавления материала в наиболее критичных элементах внутреннего оборудования КА. Из различных материалов, используемых в РЭА, **тепловой эффект** характерен **для оловянно-свинцового припоя** и **полупроводниковых приборов**. Так, припой плавится и разбрызгивается при рентгеновских импульсах порядка (2…4)·10^5 Дж/м^2. Разогрев полупроводниковых кристаллов может привести к необратимому изменению параметров в полупроводниковых приборах, например, к тепловому пробою транзисторов.

Термомеханические эффекты характерны для соединений **разнородных материалов**, разогреваемых ЖРИ до различных температур. Появляющиеся при этом *механические напряжения* могут вызвать разрушение соединений. Из комплектующих изделий РЭА наименее стойки к термомеханическим эффектам полупроводниковые приборы, в которых (в зависимости от конструкции и технологии изготовления присутствуют) соединения таких материалов, как кремний, золото, серебро, сплавы меди и др. Так, например, при воздействии ЖРИ на соединение «кремний-золото», в соответствии с формулой (8.15), для энергии кванта 100 кэВ приращение температуры золота на два порядка выше, чем для кремния $\left(\dfrac{c_{\text{Au}}}{c_{\text{Si}}} = \dfrac{3{,}0}{0{,}17} \approx 18 \, ; \ \dfrac{\mu_{am}(\text{Au})}{\mu_{am}(\text{Si})} \approx 50 \right)$. Это, в свою очередь, может привести к отслоению токоподводящего контакта от кристалла кремния.

Термомеханические эффекты вызывают необратимые повреждения РЭА и возникают в полупроводниковых приборах при рентгеновских импульсах порядка (4…15)·10^4 Дж/м^2 и (4…10)·10^5 Дж/м^2 – в конденсаторах, резисторах, ферритах.

(2) Радиационные воздействия ЖРИ приводят к формированию ионизационных эффектов.

Ионизационные эффекты связаны с образованием свободных зарядов (носителей) при фотопоглощении и комптоновском рассеянии рентгеновских квантов.

Среди ионизационных эффектов выделяют **две группы**:

- эффекты, пропорциональные мощности дозы, т.е. интенсивности воздействия;
- эффекты, пропорциональные дозе, т.е. интегральному воздействию.

Первая группа эффектов характерна для кабельных линий и схем с полупроводниковыми приборами.

В результате взаимодействия ЖРИ с веществом составных частей *кабеля* в его оболочке и жилах создается ток комптонов-

ских электронов. Наведенные токи, протекая по нагрузке кабеля, воздействуют на конечные устройства РЭА, нарушая ее работоспособность. Этот эффект называется эффектом **радиационно наведенных потенциалов** (РНП).

В *полупроводниках* при увеличении числа свободных носителей и протекании ионизационных токов во внешних цепях появляются **приращения токов**, вызывающие в итоге уменьшение параметров выходного сигнала.

Так как в обоих случаях уровень воздействия определяется величиной ионизационных токов, то он пропорционален ***мощности дозы излучения***.

Вторая группа эффектов возникает при захвате и накоплении *диэлектриком* свободных носителей (суммарного заряда). В результате могут изменяться **физические свойства** – электрическая прочность диэлектриков, оптические характеристики прозрачных материалов и т.п. За счет тепловых эффектов захваченные заряды могут освобождаться, характерное время восстановления для различных материалов составляет от долей секунды до суток.

Так как уровень воздействия зависит от суммарного освобожденного заряда, то он пропорционален ***дозе излучения***.

Ионизационные эффекты возникают при мощностях и дозах ЖРИ, соответствующих рентгеновскому импульсу порядка 10^5 Дж/м^2, что приводит к радиусам поражения около нескольких сотен километров.

8.3.4. Защита космического аппарата от воздействия рентгеновского излучения

Защита от воздействия мягкого рентгеновского излучения.

Мягкое рентгеновское излучение, как указывалось ранее, воздействует на поверхностный слой материала. Поэтому, прежде всего, повышение защищенности КА заключается в выборе **материала корпуса**. Характер поведения оболочки КА определяется его

коэффициентом температуропроводности, представляющим собой отношение коэффициента теплопроводности к объемной теплоемкости и имеющим размерность см^2/с. Если температуропроводность материала **велика**, то даже при малой длительности импульса значительная толщина приповерхностного слоя успевает прогреться. В случае **низкой** температуропроводности вся энергия излучения выделяется в виде тепла только в том слое, в котором произошло поглощение – этот слой может успеть расплавиться, испариться, а весь остальной материал останется даже холодным. Значения этой величины для некоторых материалов, применяемых в ракетно-космической технике, приведены в табл.8.2.

Как видно из таблицы, у покрытий на основе углепластиков коэффициент температуропроводности почти на три порядка ниже, чем у алюминия, что позволяет этому покрытию сохранять свои теплозащитные свойства в течение достаточно длительного времени.

Таблица 8.2

Значения коэффициента температуропроводности

Материал	Коэффициент температуропроводности a, см^2/с
Алюминий	0,83
Титан	0,086
Магний	0,57
Медь	1,15
Углерод	0,625
Углепластик	0,001

Таким образом, эффект теплового поражения можно существенно снизить, если покрыть поверхность оболочки КА слоем вещества с низкой температуропроводностью (абляционным покрытием).

Защита от воздействия жесткого рентгеновского излучения.

Защита от жесткой составляющей РИ может быть обеспечена по **двум** основным **направлениям**:

• путем использования различного рода экранов из материалов, хорошо поглощающих излучение (экранная защита);

• путем применения схемотехнических методов (схемотехническая защита).

В силу естественных ограничений на массу и габариты КА и его оборудование **первое направление** может быть реализовано следующими техническими решениями:

1. Применением материалов, содержащих химические элементы с большим атомным номером, наносимых на *внешние оболочки* некоторых объектов посредством вакуумного напыления (например, окислов редкоземельных элементов так называемых рентгенопоглощающих покрытий). Так, в защитном экране, содержащем 60 % окислов редкоземельных элементов, при воздействии ЖРИ на глубине 0,1 мм от границы экрана уменьшение энерговыделения может достигать примерно 20 %.

2. Дополнительным экранированием *наиболее чувствительных* к воздействию ЖРИ узлов и блоков. Примерами такой локальной защиты могут служить:

– заливка отдельных узлов или блоков компаундом;

– защита отдельных микросхем;

– защита от радиационного разогрева мест пайки;

– теневая защита путем размещения наименее стойких узлов и блоков в «тени» (внутри) более стойких.

Второе направление реализуется на основе применения схемотехнических методов, аналогичных схемотехнической защите РЭА КА от ПрР КЯВ, рассмотренных в п.8.2.

8.4. Искусственный радиационный пояс Земли

Искусственный радиационный пояс Земли – это область космического пространства, в которой наблюдается аномально высокая концентрация заряженных частиц, образовавшихся при космическом ядерном взрыве и захваченных геомагнитным полем.

Искусственный радиационный пояс Земли оказывает поражающее воздействие на экипажи КА, выводит из строя РЭА. При этом, в сравнении с другими поражающими факторами космического ядерного взрыва, ИРПЗ обладает *длительным воздействием* и отличается *пространственной глобальностью*. Все это приводит к необходимости учета ИРПЗ при оценке поражающего действия КЯВ на КА.

8.4.1. Образование искусственного радиационного пояса

Искусственный радиационный пояс Земли образуется в результате ядерных и термоядерных взрывов на больших высотах (свыше 60…80 км). Основной причиной образования ИРПЗ является захват заряженных частиц, появляющихся при взрыве, магнитным полем Земли.

Так как взрывы на больших высотах происходят в условиях, близких к вакууму, то основная энергия взрыва, заключенная в кинетической энергии осколков, не передается веществу окружающей среды. Эта энергия более или менее равномерно распределяется между осколками деления и атомами вещества конструктивных элементов боеприпаса, находящихся в плазме. При этом все атомы и осколки деления окажутся ионизованными и будут разлетаться во все стороны от центра взрыва со скоростью ~ 10^3 км/с.

При разлете осколков поперек магнитного поля Земли происходит их торможение в результате воздействия «магнитного давления» со стороны поля. При уравновешивании давления плазмы и давления магнитного поля разлет прекращается, и часть осколков захватывается этим полем.

Осколки деления, испытывающие бета-распад, прежде чем стать стабильными, испускают каждый в среднем около шести электронов (см. п.1.1.1). Первый электрон испускается в среднем через секунду после взрыва, остальные пять испускаются приближенно по закону $t^{-1,2}$ (t – время в секундах). Таким образом, если *продукты деления* попадают в зону захвата геомагнитным полем, то они *испускают электроны* в течение длительного времени

(до нескольких суток) после взрыва. Однако основная часть электронов испускается в пределах минуты после взрыва.

При **ядерном** взрыве мощностью 1 кт происходит $1{,}5\cdot10^{23}$ делений и выделяется около 10^{24} электронов. При возрастании мощности взрыва количество электронов пропорционально возрастает согласно зависимости:

$$N_e = 10^{24}\, q\,, \qquad (8.16)$$

где N_e – количество электронов, выделившихся при взрыве мощностью q кт.

Средняя энергия электронов распада осколков составляет $E_e \approx 1$ МэВ.

В случае взрыва **термоядерного** боеприпаса конечные продукты реакции (ядра гелия) являются стабильными. Однако при этом испускается большое количество нейтронов, имеющих энергию около 14 МэВ, часть которых (≈ 1 %) может распадаться в зоне действия геомагнитного поля. Нейтрон вне ядра нестабилен и его распад происходит с периодом полураспада $T_{1/2} \approx 13{,}5$ мин с образованием протона и электрона.

Таким образом, радиационный пояс в момент его образования будет содержать *равные* количества протонов и электронов при взрыве **термоядерных** боеприпасов, в то время как при взрыве **атомного** боеприпаса – *только* электроны.

Заряженные частицы в геомагнитном поле участвуют в **трех** независимых **типах движения**.

Первый тип движения представляет собой *вращение* частицы вокруг магнитной силовой линии под действием силы Лоренца.

Величина этой силы в скалярной форме определяется из выражения:

$$F_л = q\upsilon B\sin\theta\,, \qquad (8.17)$$

где q – заряд частицы; υ – ее скорость; B – напряженность магнитного поля; θ – угол между вектором скорости и вектором напряженности (питч-угол).

В постоянном и однородном магнитном поле ($B = \text{const}$) при $\theta = \pi/2$ сила Лоренца является центростремительной (рис.8.3), что и заставляет частицу двигаться *по окружности*.

Следовательно, $F_л = F_ц$, где $F_ц$ – центростремительная сила и:

$$q\upsilon B = m\upsilon^2/r,$$

откуда

$$r = m\upsilon/qB, \qquad (8.18)$$

где r – радиус окружности вращения (циклотронный радиус на рис.8.3).

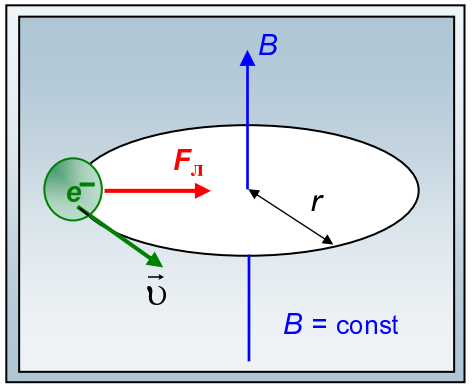


Рис.8.3. Вращательное движение частицы вокруг магнитной силовой линии

При $B = \text{const}$ и $\theta \neq \pi/2$ вектор скорости раскладывается на две составляющие: параллельную $\upsilon_{\|}$ и перпендикулярную $\upsilon_{\perp}$ направлению напряженности B.

При этом:

$$\upsilon_{\perp} = \upsilon\sin\theta,\ \ \upsilon_{\|} = \upsilon\cos\theta\,. \qquad (8.19)$$

Под действием $\upsilon_{\|}$ помимо вращательного, частица приобретает *поступательное* движение вдоль силовой линии. Это являет-

ся **вторым типом** движения частицы в магнитном поле Земли. Траектория частицы представляет собой винтовую линию (рис.8.4), «навивающуюся» на силовую линию с шагом:

$$h = 2\pi q \upsilon \cos\theta / B \,. \qquad (8.20)$$

Таким образом, заряженная частица, попавшая в однородное магнитное поле под произвольным углом θ, начинает *вращаться вокруг силовой линии и двигаться вдоль нее*. Период вращения (τ_1) для бета-электронов ЯВ составляет $\tau_1 = 10^{-6}$ с и, следовательно, частота вращения (ν) будет равна: $\nu = \tau_1^{-1} = 10^6$ об/с.

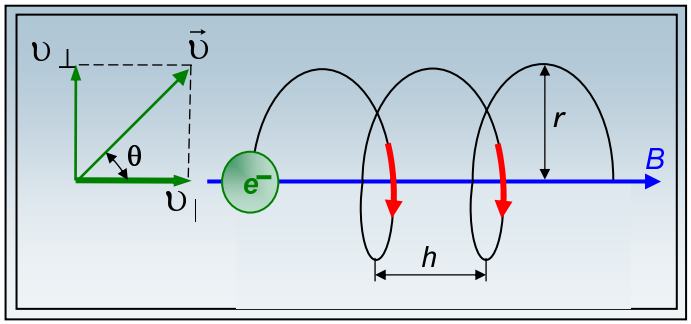


Рис.8.4. Поступательное движение частицы вокруг магнитной силовой линии

Так как напряженность геомагнитного поля вдоль силовой линии изменяется, увеличиваясь к полюсам, то шаг винтовой линии (8.20) при движении к полюсам постепенно уменьшается, а угол θ, соответственно, возрастает и стремится к значению 90°. В некоторой точке (*точке отражения*) шаг становится равным нулю, частица отражается и начинает двигаться в обратном направлении – к магнитному экватору. Это происходит вследствие появления силы, действующей на частицу в направлении продольной составляющей скорости. Если частица движется в сторону возрастания вектора $\vec{B}$, то эта сила тормозит продольное движение, в противном случае она ускоряет частицу вдоль силовой линии.

Происхождение этой силы (F_2) показано на рис.8.5.

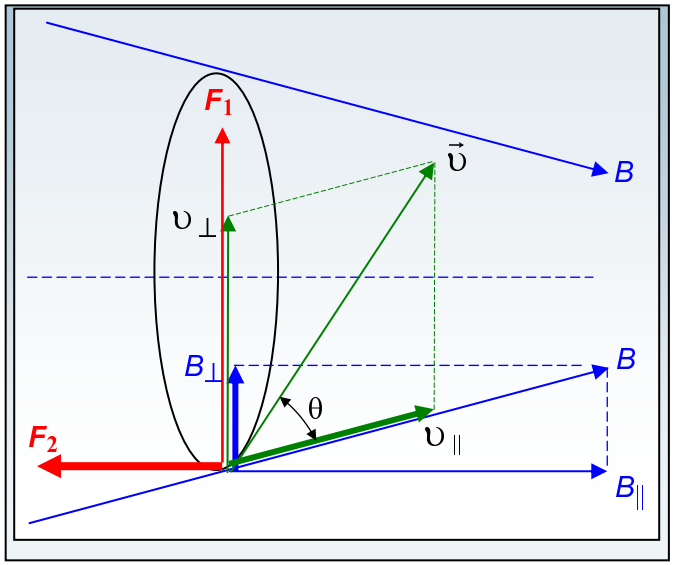


Рис.8.5. Образование силы, тормозящей частицу в неоднородном магнитном поле

Так как в районе полюсов силовые линии перестают быть параллельными и образуют сходящийся или расходящийся пучок, то вектор $\vec{B}$ раскладывается на две составляющие: $B_\perp$ и $B_\parallel$. Сила F_2 возникает за счет составляющей поля $B_\perp$, взаимодействующей с продольной составляющей скорости $\upsilon_\parallel$. Эта сила направлена всегда в сторону уменьшения $B_\parallel$ и тормозит частицу, двигающуюся к полюсу. В точке отражения движение вдоль силовой линии прекращается ($\upsilon_\parallel = 0$). Но так как сила F_2 продолжает действовать, то частица как бы отражается и начинает двигаться в обратную сторону. При этом скорость $\upsilon_\parallel$ растет, а угол θ падает, достигая на экваторе значения $\theta = 0$. Начиная с экватора, сила F_2 меняет направление и тормозит частицу до тех пор, пока она не отразится и не пойдет в обратную сторону.

Таким образом, в геомагнитном поле Земли **второй тип** движения частицы представляет собой *поступательно-колебательное движение* между двумя точками, в которых происходит ее отражение. Эти точки называют *зеркальными* или *магнитосопряженными*. Схема движения частицы показана на рис.8.6. Период колебания (τ_2) между зеркальными точками для электронов ЯВ составляет от 0,1 до нескольких секунд.

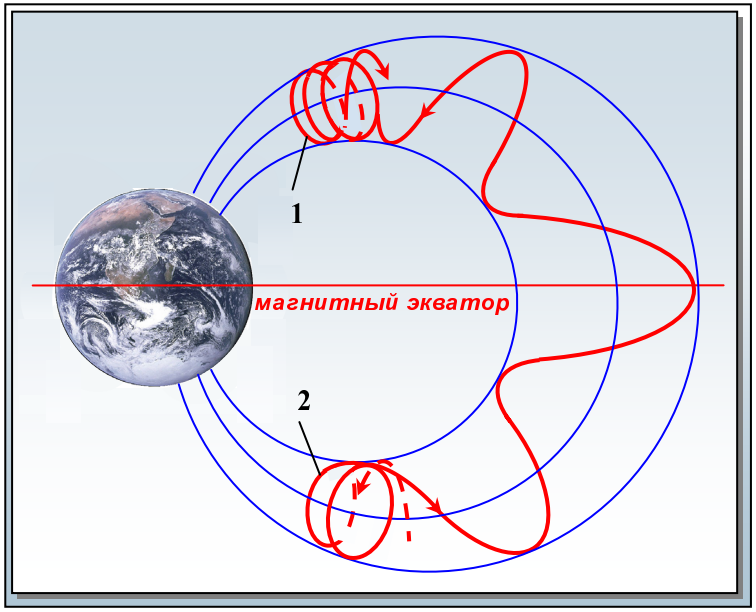


Рис.8.6. Движение частицы вдоль силовой линии: 1, 2 – зеркальные точки

Кроме вышеперечисленных двух движений, частицы совершают и **третье** – *дрейф вокруг Земли*, или магнитный дрейф. Этот дрейф обусловлен неоднородностью геомагнитного поля по высоте.

В соответствии с выражением (8.18), радиус вращения обратно пропорционален напряженности магнитного поля. Поскольку с увеличением высоты над поверхностью Земли напряженность уменьшается, то, следовательно, возрастает радиус вращения.

Таким образом, траектория частицы не замыкается после полного оборота, а представляет собой петлю, смещающуюся в сторону увеличения радиуса вращения (рис.8.7).

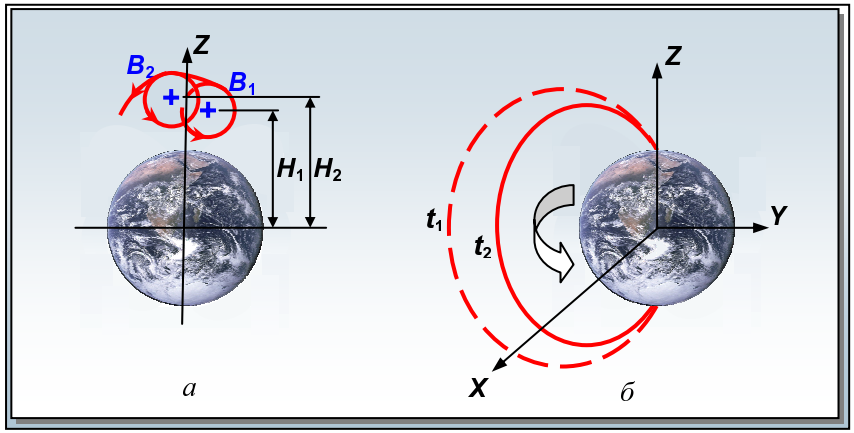


Рис.8.7. Механизм дрейфа частицы (а) и положение частицы в разное время (б)

Смещение идет в направлении, перпендикулярном магнитным меридианам. В процессе дрейфа электроны смещаются с запада на восток, протоны – с востока на запад.

Полный оборот частицы вокруг Земли в результате дрейфа происходит за время τ_3, составляющее от нескольких минут до нескольких суток, в зависимости от энергии.

Таким образом, в результате сложения трех движений – вращения вокруг силовой линии, поступательно-колебательного движения между зеркальными точками вдоль силовой линии и магнитного дрейфа – вокруг Земли образуется устойчивая оболочка из заряженных частиц. Каждая частица как бы находится на некоторой поверхности, которая совпадает с поверхностью, получаемой вращением магнитной силовой линии вокруг оси магнитного диполя. Совокупность этих захваченных геомагнитным полем частиц и составляет искусственный радиационный пояс Земли.

По форме ИРПЗ представляет собой усеченный тороид, изображенный на рис.8.8.

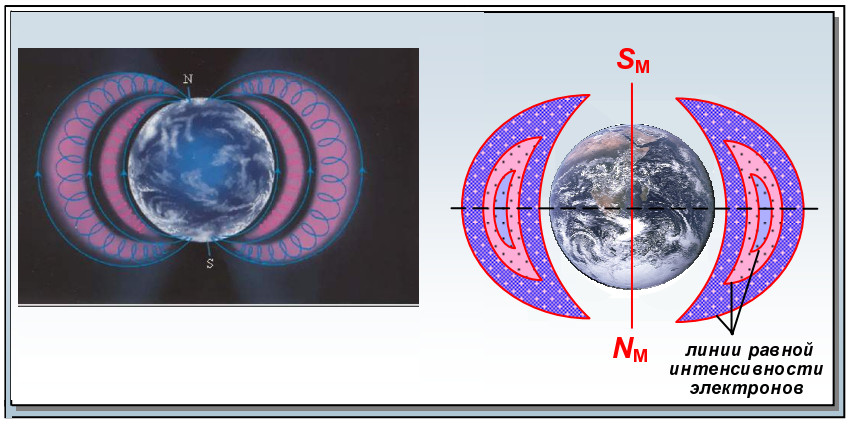


Рис.8.8. Схема искусственного радиационного пояса Земли (сечение в экваториальной плоскости)

8.4.2. Основные характеристики искусственного радиационного пояса

Основными характеристиками ИРПЗ являются:

- объем, занимаемый поясом;
- концентрация электронов в поясе;
- время существования пояса.

Объем пространства, занимаемый ИРПЗ, зависит от мощности взрыва и его координат. Максимальный радиус разлета осколков деления (R) определяет размеры ИРПЗ в направлении, перпендикулярном магнитным силовым линиям, и может быть получен из выражения:

$$R = 51{,}2\sqrt[3]{q/B^2}\ , \qquad (8.21)$$

где B – напряженность магнитного поля в точке взрыва, Гс.

Знание объема ИРПЗ необходимо для расчета ***средней концентрации*** электронов в нем:

$$\bar{n}_0 = \frac{N_e \eta}{V_п} = \frac{10^{24} q \eta}{V_п}\ , \qquad (8.22)$$

где $\bar{n}_0$ – средняя концентрация электронов в поясе, 1/см^3; $V_п$ – объем пояса; N_e – количество электронов, образующихся при взрыве; $\eta = 0\ldots1$ – коэффициент захвата, т.е. отношение количества захваченных частиц к их общему количеству, инжектированному в данную точку пространства, который зависит от высоты взрыва и напряженности поля.

Зная концентрацию, можно определить среднюю плотность потока электронов:

$$\bar{\varphi}_0 = \bar{n}_0 c\ , \qquad (8.23)$$

где $\bar{\varphi}_0$ – плотность потока электронов, 1/(см^2·с); c – скорость света, см/с.

Как показывают расчеты, максимальные значения $\bar{\varphi}_0$ составляют $10^8 \ldots 10^{11}$ эл/(см^2·с).

Продолжительность существования ИРПЗ определяется временем жизни в нем электронов. Каждая частица имеет ограниченное время нахождения в пределах пояса, что объясняется *двумя* механизмами утечки частиц из него.

Первый механизм состоит во взаимодействии частиц пояса с атмосферой. Если частица имеет на геомагнитном экваторе слишком *малый питч-угол*, то зеркальная точка для нее лежит в пределах земной атмосферы. Направление частицы при рассеянии ее на атомах атмосферы может резко изменяться, и она покинет пояс, вероятнее всего, вследствие поглощения в атмосфере.

Для частиц с *большим питч-углом* основной механизм утечки из пояса состоит в кулоновском взаимодействии заряженных частиц, приводящим к сильному рассеянию, способному вывести частицу из зоны ИРПЗ. Процесс рассеяния частиц с последующим поглощением их атомами атмосферы называют *высыпанием частиц* из магнитной трубки.

Таким образом, время жизни электрона в ИРПЗ зависит от высоты зеркальной точки, т.е. от плотности атмосферы. С увеличением высоты точки время жизни электронов возрастает пропорционально уменьшению плотности атмосферы.

В области значений L = 1,1…2,2$R_З$ (где $R_З$ – радиус Земли, км) спад плотности потока электронов можно описать приближенной формулой:

$$\bar{\varphi}(t) = \bar{\varphi}_0 \frac{\tau}{\tau + t}, \qquad (8.24)$$

где t – время после взрыва, сут.; τ – характеристическое время спада, сут.

Зависимость характеристического времени от координаты L показана на рис.8.9.

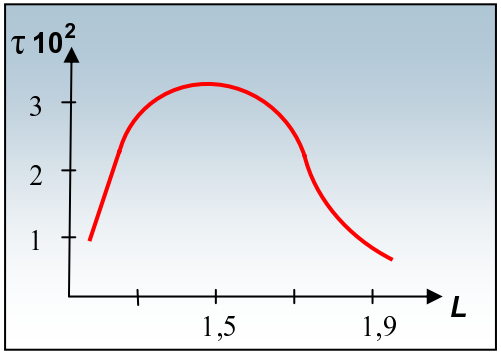


Рис.8.9. Зависимость времени жизни электронов в поясе от номера силовой линии

Первый ИРПЗ был образован в результате трех ядерных взрывов мощностью q = 1…2 кт, произведенных США на высоте около 500 км в 1958 г. В результате этих взрывов образовался ИРПЗ на оболочках с L = 1,75…2,16. Плотность потока электронов в этом поясе составляла около $3 \cdot 10^5$ эл/(см^2·с), и просуществовал он несколько месяцев.

Наиболее мощный ИРПЗ был образован в 1962 г. в результате взрыва, произведенного США на высоте 400 км, q = 1,4 Мт. Максимальная плотность потока электронов составила при этом 10^9 эл/(см^2·с). Средняя часть пояса находилась в плоскости геомагнитного экватора на высоте около 800 км; края его находились на высоте около 300 км. Толщина пояса составляла приблизительно 650 км, ширина – около 6500 км. Существование пояса оценивалось продолжительностью времени не менее десятилетия, прежде чем интенсивность электронов в ИРПЗ достигла естественного уровня.

8.4.3. Поражающее действие искусственного радиационного пояса

Образование ИРПЗ приводит к появлению в космическом пространстве длительно действующего высокоинтенсивного источника ИИ. В течение ряда лет, прошедших после взрывов 1958 и 1962 годов, возникшие ИРПЗ продолжали оставаться источниками радиационной опасности для космических полетов и для работы аппаратуры спутников. В результате взрыва 1962 г. многие спутники прекратили свою работу полностью или временно, многие вышли из строя гораздо быстрее, чем это могло произойти в нормальных условиях. В частности, спутник «Ариэль» перестал функционировать спустя примерно неделю после взрыва, а спутники *TRAAC* и «Транзит 4В» в течение месяца не передавали данных.

Искусственный радиационный пояс Земли состоит из быстрых электронов. Как было указано ранее (см. п.4.3.2), при прохождении последних через вещество необходимо учитывать воздействие *непосредственно потока* электронов, прошедших через определенную толщину материала, и воздействие генерируемого ими *тормозного излучения*. Суммарная доза в ИРПЗ может быть определена по формуле:

$$D_{\text{ИРПЗ}} = \int_t \{P_e(t) + P_\gamma(t)\} \cdot dt, \qquad (8.25)$$

где $P_e(t)$ – мощность дозы, создаваемая электронным потоком;

$P_\gamma(t)$ – мощность дозы тормозного излучения; t – продолжительность пребывания объекта в ИРПЗ.

При функционировании КА в условиях ИРПЗ возможен выход его аппаратуры из строя. Наиболее чувствительной к действию высокоэнергетических электронов является РЭА на основе полупроводниковых элементов, в особенности с высокой степенью интеграции. Предъявление тактико-технических требований по стойкости к бортовой аппаратуре и оценка радиационных условий функционирования КА в ИРПЗ производится в соответствии с основными положениями ГОСТов. Воздействие высокоэнергетических электронов на элементы аппаратуры КА аналогично воздействию ПрР, поэтому оно оценивается, как правило, по величине поглощенной дозы.

Оценка поражающего действия ИРПЗ на бортовую аппаратуру КА проводится в следующем порядке:

1. По существующим моделям образования ИРПЗ определяются плотность потока и энергетический спектр электронов на траектории полета КА, $\varphi_e(E)$.

2. Решается задача прохождения электронного потока через корпус КА с учетом образования тормозного излучения.

Если длина пробега электронов R_e больше толщины оболочки d объекта, то плотность потока электронов за оболочкой определяется по формуле:

$$\varphi_e(E,d) = \varphi_e(E)\cdot e^{-\mu_e d}, \qquad (8.26)$$

где μ_e – коэффициент ослабления для электронов.

В противном случае электроны полностью поглощаются в оболочке.

Интенсивность тормозного излучения определяют по формуле:

$$J_{\gamma\mathrm{T}} = \varphi_e(E,d)\cdot c(z,\overline{E}_e), \qquad (8.27)$$

где $c(z,\overline{E}_e)$ – средняя энергия тормозного излучения, зависящая от атомного номера Z вещества оболочки и средней энергии $\overline{E}_e$ электронов.

3. Определяется поглощенная доза от электронного и тормозного излучений в конкретном элементе бортовой аппаратуры.

4. Рассчитывается суммарная поглощенная доза.

5. Сравнивая полученную величину с допустимой для данной аппаратуры дозой, можно сделать выводы об ее работоспособности и времени выхода из строя.

Результаты расчетов показывают, что для оболочек толщиной (0,5…1) г/см^2 основной вклад в полную дозу дают *электроны*, а при толщине более 1 г/см^2 – *тормозное гамма-излучение*. Максимальная суточная доза на поверхности КА для электронов может составить от $2\cdot10^4$ до $2\cdot10^5$ рад. Учитывая допустимое значение дозы для РЭА (10^6 рад), суммарная доза за время функционирования КА может превысить это значение.

8.4.4. Защита от воздействия электронов искусственного радиационного пояса

Защита от электронов ИРПЗ должна обеспечивать снижение суммарной дозы до величины, не превышающей допустимую дозу для длительности данного полета.

В настоящее время применяют два вида радиационной защиты КА различного назначения:

- пассивную;
- активную.

Основным назначением **пассивной** защиты является максимальное снижение параметров воздействующих электронов и генерируемого ими тормозного излучения.

Пассивная защита для РЭА *включает*:

– **экранную защиту** (ослабление излучений путем увеличения толщины обшивки корабля, создания локальных экранов, рациональной компоновки оборудования);

– применение **схемотехнических методов**, рассмотренных в п.8.2.

Для ***пилотируемых КА*** могут быть использованы экранная защита (аналогичная защите РЭА), защита критических органов и систем космонавтов, медикаментозная защита. Последние два вида аналогичны тем, которые рассмотрены для защиты личного состава в п.4.7.

При создании экранной защиты для КА необходимо учитывать ее особенности, к которым относятся:

– резкое возрастание массы защиты при увеличении ее толщины;

– появление в защите вторичного (тормозного) гамма-излучения.

Для снижения массы физической защиты необходимо учитывать экранирующее влияние бортовой аппаратуры, запасов топлива и др. Особенно важно это для космических кораблей с толщиной корпуса 2…4 см по алюминию.

В целом, если толщина защиты больше или равна максимальному пробегу частиц в данном веществе, то они полностью поглощаются в защите и необходимо учитывать действие только тормозного излучения. При меньшей толщине оценивается суммарное воздействие частиц и тормозных гамма-квантов.

Для уменьшения генерации тормозного излучения защиту необходимо изготавливать из материала с малым Z, а для увеличения поглощения тормозного излучения – из материала с большим Z. Этим условиям удовлетворяет комбинированная защита, состоящая из слоя материала с малым Z (наружный слой) и слоя материала с большим Z (внутренний слой).

Активная защита КА от заряженных частиц предназначается для исключения их воздействия на оболочку объекта. С этой целью для отклонения траекторий частиц от защищаемого объекта можно использовать электрические, магнитные или электромагнитные поля.

Проведенные исследования показали, что такая защита весьма перспективна, так как обладает меньшей массой по сравнению с равноценной экранной защитой и низким уровнем генерации вторичного излучения.

В искусственном радиационном поясе наиболее эффективной является *электростатическая защита* (ЭСЗ). Принцип действия такой защиты основан на взаимодействии электрона с электростатическим полем, создаваемым у поверхности объекта специальными электродами, имеющими потенциал $U \geq E_{\beta max}$ относительно окружающего пространства, где $E_{\beta max}$ – максимальная энергия β-частиц. В качестве изоляции ЭСЗ может быть использован вакуум космического пространства, а также газообразная среда или твердый диэлектрик. Для снижения утечек заряда с ЭСЗ предназначается специальный защитный электрод. Результаты исследования показывают, что ЭСЗ при больших защищаемых объемах имеет вес в 10 раз меньший веса соответствующей экранной защиты. Энергопотребление ЭСЗ незначительно (несколько Вт).

Глава 9
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОРАЖАЮЩИЕ ФАКТОРЫ КОСМИЧЕСКОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

Напомним, что КЯВ сопутствуют электромагнитные ПФ двух основных видов. Эти ПФ полностью отличаются друг от друга по механизму образования. *Первый* ПФ влияет на изменение электрической проводимости атмосферы и может вызвать значительные возмущения электромагнитных волн тех частот, которые используются в радиосвязи и радиолокации на радиотрассах «Земля–Земля», «Земля–Космос», «Космос–Земля» (**области повышенной ионизации**). *Второй* ПФ представляет собой излучение электромагнитных волн в диапазоне радиочастот. Вследствие кратковременности действия он получил название **электромагнитный импульс**.

9.1. Области повышенной ионизации

9.1.1. Образование и основные параметры областей повышенной ионизации

Для того, чтобы понять влияние свободных электронов в атмосфере на распространение радиоволн, рассмотрим кратко формирование ионизированных областей в нормальной атмосфере в естественных условиях. Ионизация атмосферы производится солнечным излучением (фотоионизация), а исчезновение электронов – в результате рекомбинации с положительными ионами, что становится особенно заметным в ночное время. Характер изменения концентраций электронов n_e в ионосфере показаны на рис.9.1.

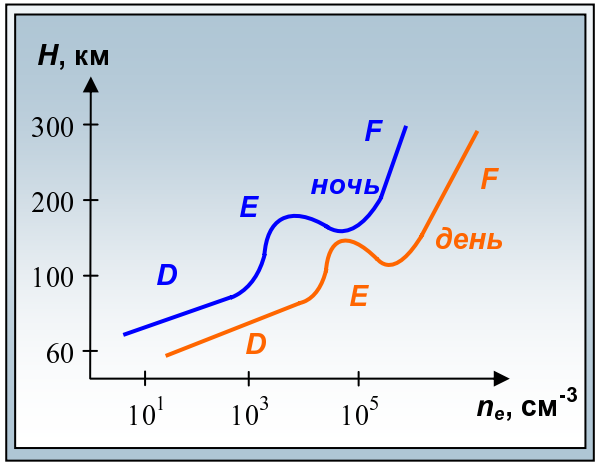


Рис.9.1. Высотные профили электронов в ионосфере

Ионосферой называют ионизированную область верхней атмосферы. Она состоит из трех областей D, E, F с концентрациями электронов (днем):

D-область на высотах $H = 60…90$ км с $n_e \approx 10^2…10^4$ см$^{-3}$;

E-область на высотах $H = 100…160$ км с $n_e \approx 10^5$ см$^{-3}$;

F-область на высотах $H > 180$ км с $n_e \approx 10^6$ см$^{-3}$.

Ночью величина n_e примерно на порядок меньше.

При взрывах на высотах более 60…100 км наиболее существенное влияние на распространение радиоволн оказывают нижняя область повышенной ионизации (**НОПИ**) и сопряженные области повышенной ионизации (**СОПИ**). Их **основными параметрами** являются:

- геометрические размеры;
- концентрация электронов;
- длительность существования.

Нижняя область повышенной ионизации образуется в атмосфере на высоте 20…100 км в зоне прямой видимости от точки взрыва (рис.9.2).

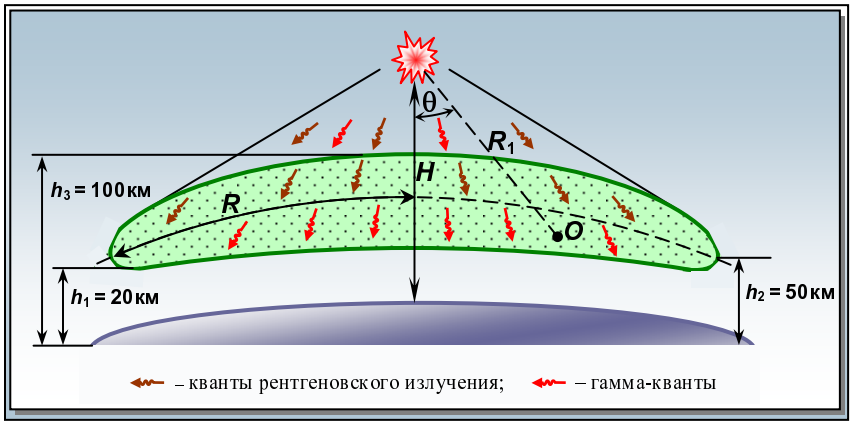


Рис.9.2. Схема образования НОПИ

Ионизация воздуха в НОПИ в момент взрыва обусловлена действием рентгеновского (на высотах 100…50 км) и мгновенного гамма-излучения (на высотах 50…20 км).

Радиус НОПИ в горизонтальной плоскости (R) в зависимости от высоты взрыва (H) может составлять от нескольких сотен до нескольких тысяч км (рис.9.3).

Электронные концентрации в НОПИ, в соответствии с рис.9.2, могут быть рассчитаны по следующей упрощенной схеме.

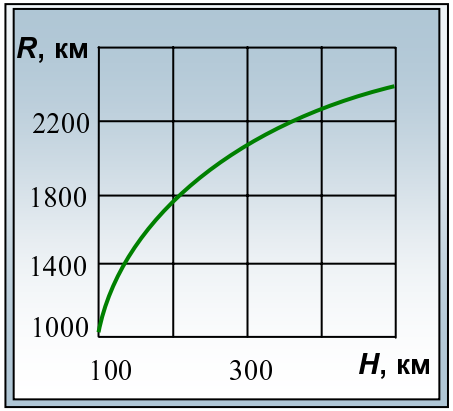


Рис.9.3. Зависимость радиуса НОПИ от высоты взрыва

1. Энергия гамма-излучения, поглощенная в единице объема на расстоянии R_1 от точки взрыва, равна:

$$J_\gamma = \bar{\mu}_a \cdot \frac{J_{0\gamma}}{4\pi R_1^{\,2}} \cdot e^{-\bar{\mu} R_1}, \qquad (9.1)$$

где $\bar{\mu}_a$, $\bar{\mu}$ – средние коэффициенты поглощения и ослабления γ-излучения, соответственно; $J_{0\gamma}$ – интенсивность мгновенного излучения, испускаемого из зоны взрыва; $J_{0\gamma} \approx 1{,}5 \cdot 10^{26} q$, МэВ/т.

2. Расстояние R_1 от точки взрыва определяется по формуле:

$$R_1 = \frac{H - h_1}{\cos\theta}. \qquad (9.2)$$

3. Концентрация электронов в точке O будет равна:

$$n_{e\gamma} \approx \frac{J_\gamma}{\varepsilon}, \text{ см}^{-3}, \qquad (9.3)$$

где ε – энергия, затрачиваемая на образование пары ионов. Для воздуха $\varepsilon = 34 \cdot 10^{-6}$ МэВ.

Расчеты показывают, что при взрыве на высоте H = 150 км концентрация электронов в слое 20…50 км может достигать $(10^5 \ldots 10^9)$ см$^{-3}$. Концентрации электронов в результате действия рентгеновского излучения (на высотах 50…100 км) имеют тот же порядок. Отсюда следует, что концентрация электронов в НОПИ при КЯВ на несколько порядков *увеличивает* концентрацию электронов в естественной ионосфере.

Сопряженные области повышенной ионизации образуются в магнитосопряженных точках на высотах ~ 40…80 км. Как было отмечено выше, часть электронов в этих точках отражается и продолжает оставаться в геомагнитном поле (см. рис.8.6). Другая же часть электронов в результате «высыпания» из магнитной силовой трубки будет сталкиваться с атомами и молекулами воздуха. На высотах ~ 70…80 км бета-частицы входят в слои воздуха, имеющие достаточную плотность, при которой происходит поглощение частиц, т.е. ионизация среды. Таким образом, там, где силовые линии геомагнитного поля входят в слой D, будут создаваться два сопряженных объема ионизации – по одному в каждой полусфере (рис.9.4).

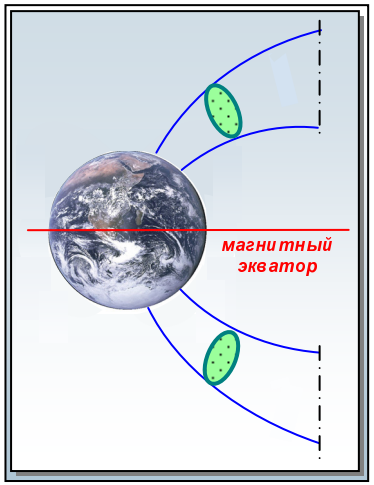


Рис.9.4. Положение СОПИ в геомагнитном поле Земли

Размеры СОПИ в горизонтальной плоскости определяются площадью сечения силовой трубки $S_{ст}$, которая, в свою очередь, зависит от высоты, мощности, геомагнитной широты ЯВ, а также времени после взрыва. Так, для $q = 0{,}3\ldots1$ Мт величина $S_{ст}$ на время $10^3\ldots10^4$ с после взрыва имеет порядок 10^6 км^2.

Электронные концентрации в СОПИ находятся так же, как и в НОПИ – при решении уравнения (9.3). Их значения по порядку величины могут достигать $(10^5\ldots10^6)$ см$^{-3}$.

Длительность существования обеих областей определяется временем жизни свободных электронов на данной высоте и зависит от плотности атмосферы и начальной концентрации электронов (мощности взрыва). Образовавшиеся при ионизации воздуха свободные электроны и положительные ионы взаимодействуют с атомами атмосферы и в итоге рекомбинируют или прилипают к нейтральным атомам.

В области высот от 60 до 80 км (слой D) плотность нейтральных атомов сравнительно мала, поэтому свободные электроны существуют в течение нескольких минут. Так, для *полного* восстановления концентрации электронов в слое D до естественной потребуется около 3-х часов днем и около 100 секунд ночью.

Выше слоя D в слое E (80…130 км), вследствие очень малой плотности нейтральных частиц, частота их столкновения с электронами столь мала, что она не влияет на ослабление электромагнитных сигналов.

Оценка пространственно-временных характеристик НОПИ и СОПИ показывает, что они, имея горизонтальные размеры в сотни и тысячи километров, и, располагаясь на высотах 20…80 км, с большой вероятностью будут перекрывать радиолинии различных длин волн.

9.1.2. Воздействие областей повышенной ионизации на космические радиолинии

Методики оценки воздействия ОПИ на радиолинии различных диапазонов имеют свои особенности, поэтому ограничимся рассмотрением наиболее часто используемых в космических радиолиниях дециметрового и сантиметрового диапазонов.

Основными **радиофизическими эффектами** воздействия ОПИ на радиоволну являются:

– *поглощение* энергии электромагнитной волны, приводящее к затуханию сигнала;

– *преломление* радиоволны, приводящее, в том числе, к ее отражению.

Эти эффекты могут привести к разрыву радиолинии и прекращению ее функционирования вследствие полной потери информации.

Поглощение сигнала A на единице длины пути (затухание) приводит к уменьшению его амплитуды и может быть рассчитано по формуле:

$$A = 4\cdot10^{-8} n_e / f^2, \text{ дБ/км}, \qquad (9.4)$$

где f – частота в МГц (для дециметровых и сантиметровых волн $f = 300\ldots3000$ МГц).

Преломление радиоволны зависит от угла падения (θ) и угла преломления и характеризует искривление луча, т.е. его отклонение от первоначального направления. При некоторых значениях θ может происходить отражение сигнала.

Критическая частота для ОПИ в случае нормального падения волны на слой ионизированного воздуха рассчитывается по формуле:

$$f_{кр} = 9\cdot10^{-3}\sqrt{n_{e\max}}, \text{ МГц}, \qquad (9.5)$$

где $n_{e\max}$ – максимальное значение электронной концентрации в ОПИ, см$^{-3}$.

Отсюда, радиолинии, пересекающие ОПИ, могут распространяться только с $f > f_{кр}$.

Ряд эффектов зависит от интегрального содержания электронов в вертикальном столбе единичного сечения в ОПИ. К этим эффектам относятся:

– ошибка определения расстояния до КА (ΔR);

– угломестная ошибка ($\Delta\alpha$);

– угол поворота плоскости поляризации ($\Delta\psi$);

– доплеровский сдвиг частоты (ω_D).

В табл.9.1 приведены значения радиофизических эффектов для центра НОПИ.

Проведенные расчеты влияния ОПИ на космические радиолинии показывают, что в наиболее неблагоприятных условиях может наблюдаться:

– **полный разрыв** радиолиний с длиной волны (λ) 3 см – на время до единиц секунд;

– **поглощение** десятков дБ – в течение десятков секунд;

– **ошибки определения координат** – единиц градусов по углу и десятков метров по дальности.

Таблица 9.1

Радиофизические эффекты в НОПИ
(q = 1000 кт, H = 500 км, θ = 60°, $h_{КА}$ = 600 км)

t, с	Эффекты				
	A, дБ	ΔR, м	$\Delta\alpha$, град	$\Delta\psi$, град	ω_D, Гц
	f = 1000 МГц				
10	3	16	3,3	0,5	9,2
10^2	0,8	4	0,8	0,1	2,3
10^3	0,2	0,8	0,2	$2\cdot10^{-2}$	0,5
10^4	0,1	0,08	0,02	$2\cdot10^{-3}$	0,05

9.1.3. Защита от воздействия областей повышенной ионизации

Исходя из пространственно-временных характеристик ОПИ, нельзя предложить какой-либо один принципиальный путь полного исключения влияния ОПИ на космические радиолинии. Снижение воздействия может быть достигнуто использованием только целого **комплекса мер** технического и организационного характера. **Основными** из них являются:

– уменьшение длины волны;

– повышение энергетического запаса радиолинии;

– использование двухчастотного режима работы с компенсацией ошибок распространения радиоволн;

– работа при углах места наземных антенн более 30…40°;

– использование антенн с круговой поляризацией;

– пространственное и временно́е дублирование радиолиний;

– использование дополнительных сигналов, позволяющих тестировать прохождение радиоволн в радиолиниях.

9.2. Электромагнитный импульс космического ядерного взрыва

При взрывах на высотах свыше 80 км ЭМИ генерируется в следующих областях пространства:

- непосредственно в области взрыва (ОблВ) – ЭМИ ОблВ;
- в нижней области повышенной ионизации – ЭМИ НОПИ;
- в КА, находящихся в области прямой видимости из центра взрыва – вторичный ЭМИ или ЭМИ, генерируемый в системе (ЭМИ ГС).

В **области взрыва** ЭМИ возникает вследствие взаимодействия комптоновских электронов (выбитых мгновенным гамма-излучением из оболочки боеприпаса) с геомагнитным полем. Напряженность поля ЭМИ ОблВ быстро уменьшается с расстоянием и поэтому он самостоятельного поражающего действия не имеет, поскольку на малых расстояниях от центра взрыва КА будут поражаться другими ПФ (ПрР и РИ).

9.2.1. Механизм образования и основные параметры электромагнитного импульса в нижней области повышенной ионизации

Генерация ЭМИ в НОПИ происходит за счет поглощения мгновенного гамма- и рентгеновского излучения атмосферой Земли на высотах 20…80 км в пределах прямой видимости из центра взрыва. Наиболее мощный ЭМИ генерируется в области поглощения мгновенного гамма-излучения на высотах от 20 до 40 км. Эту зону обычно и рассматривают как зону источника ЭМИ НОПИ. Радиус зоны в горизонтальной плоскости в зависимости от высоты ЯВ приведен на рис.9.3.

Так же как и при наземном (воздушном) ЯВ, мгновенные гамма-кванты, распространяющиеся в сторону Земли, взаимодействуют с атмосферой и в результате порождают поток комптоновских электронов. Эти электроны со скоростью света двигаются по радиусу от центра взрыва в сторону Земли. Они захватываются геомагнитным полем, и под действием силы Лоренца траектория их движения представляет собой винтовую линию (см. рис.8.4), «навивающуюся» на силовую линию поля. Таким образом, вследствие влияния геомагнитного поля в НОПИ появляется поперечная к радиусу из центра ЯВ составляющая тока электронов. Этой составляющей и излучается электромагнитная волна в направлении по радиусу от центра взрыва в сторону Земли. Ускорение, которое испытывают электроны в магнитном поле, пропорционально углу θ (питч-углу) между силовой линией поля B и вектором начальной скорости электрона $\vec{\upsilon}_0$ (рис.9.5).

Ускорение максимально при $\theta = \pi/2$ и электроны, вылетевшие в этом направлении (направление A), излучают максимум электромагнитной энергии. В продольном направлении (направление B) $\theta = 0$ и электроны практически не ускоряются, а излучение отсутствует. В других направлениях между $\theta = \pi/2$ и $\theta = 0$ поперечная составляющая тока принимает промежуточное значение.

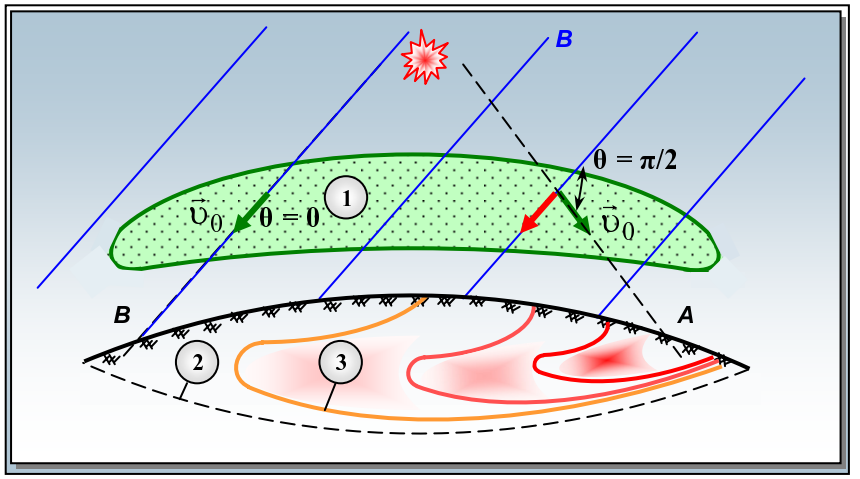


Рис.9.5. Образование ЭМИ НОПИ:
1 – зона источника;
2 – граница зоны прямой видимости;
3 – линии равных амплитуд ЭМИ;
A – область максимума поля ЭМИ;
B – область минимума поля ЭМИ

Основными параметрами ЭМИ НОПИ, определяющими его поражающее действие, являются:

– максимальные значения напряженности электрического и магнитного полей (амплитуды импульсов) – E_{max}, H_{max}, соответственно;

– характер изменения во времени напряженности полей (форма импульсов) – $E(t)$, $H(t)$ и связанные с ней спектральные характеристики ЭМИ НОПИ – $S(\omega)$.

Так же как и при воздушном (наземном) ЯВ, параметры ЭМИ НОПИ сложным образом зависят от многих факторов, к числу которых относятся мощность боеприпаса, высота взрыва, расстояние от центра взрыва и проводимость грунта.

Максимальная **амплитуда напряженности** *электрического поля* на поверхности Земли (направление A) достигает значений

$E_{max} = 10^2 \ldots 10^3$ кВ/м, а *магнитного поля* (H_{max}) – около 300 А/м. При этом поле обычно имеет преимущественно горизонтальную поляризацию (в области максимальных амплитуд горизонтальная компонента ЭМИ НОПИ примерно вдвое превышает вертикальную составляющую).

По **временной форме** ЭМИ НОПИ представляет собой однополярный импульс с *длительностью фронта* $\tau_ф = 5 \ldots 10$ нс и *длительностью импульса* $\tau_и$ несколько мкс.

Форма и длительность ЭМИ НОПИ определяют его **спектральную плотность**. Спектр ЭМИ НОПИ в отличие от воздушного (наземного) ЯВ содержит, в основном, высокие частоты ($S(\omega) = 10^6 \ldots 10^8$ Гц).

9.2.2. Механизм образования и основные параметры вторичного электромагнитного импульса

При воздействии ионизирующих излучений ЯВ на космические объекты возникает целый комплекс электродинамических явлений, получивших название вторичный ЭМИ (ВЭМИ или ЭМИ ГС).

Вторичный ЭМИ представляет собой кратковременные локальные электромагнитные поля, возникающие при взаимодействии мгновенного гамма- и рентгеновского излучения ЯВ с корпусом КА, РЭА и кабельными линиями. Образующиеся электромагнитные поля, наведенные ими потенциалы и токи, приводят к нарушению нормального функционирования аппаратуры объектов или полному ее выходу из строя.

Различают три основных вида ВЭМИ:

– внешний ЭМИ, возникающий на наружной поверхности корпуса объекта;

– внутренний ЭМИ, генерируемый во внутренних полостях корпусов объекта и аппаратуры;

– ЭМИ, возникающий в кабельных линиях.

Уровни ВЭМИ при воздействии ИИ определяются амплитудно-временными параметрами интенсивности ИИ, материалом корпуса и его геометрическими размерами, электрическими характеристиками среды внутри корпуса, степенью заполнения объема КА аппаратурой и элементами конструкции.

Внешний ЭМИ возникает вследствие взаимодействия **МРИ** с наружной поверхностью корпуса космического объекта. Для МРИ основным процессом взаимодействия с веществом оболочки является *фотоэффект*. В результате этого возникает электронная эмиссия с поверхности объекта (ток фотоэлектронов) и облучаемая часть оболочки приобретает положительный потенциал (рис.9.6,*а*).

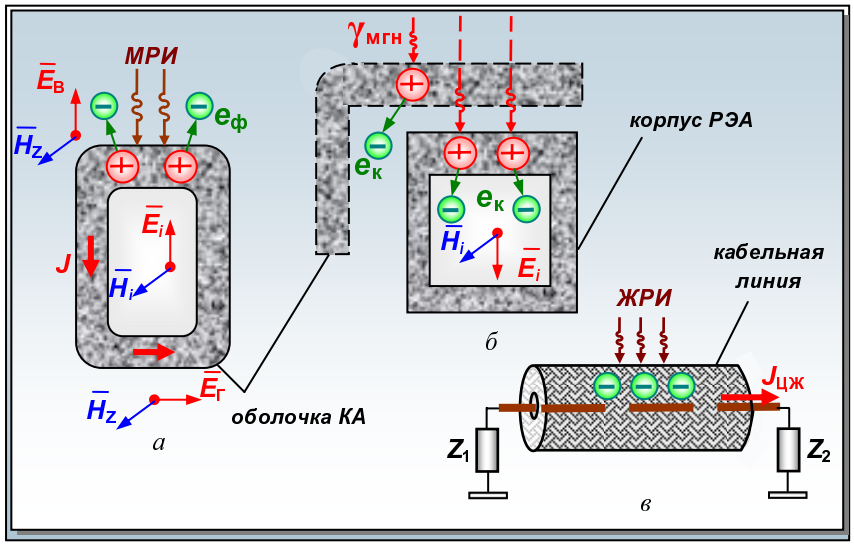


Рис.9.6. Образование вторичного ЭМИ:
а – внешний ЭМИ; б – внутренний ЭМИ;
в – радиационно-наведенные потенциалы

Между этой оболочкой и «теневой» частью поверхности возникает разность потенциалов, что приводит к появлению переходных токов по поверхности объекта и токов в наружных элементах подсистем КА (антеннах, солнечных батареях, датчиках и

др.). На «теневой» стороне КА также возникает электромагнитное поле с горизонтальной поляризацией электрической составляющей. Наведенные токи через соответствующие кабели и разъемы могут воздействовать на внутреннюю аппаратуру КА, приводя к нарушению ее работоспособности.

Параметры внешнего ЭМИ зависят от величины импульса РИ ($U_{РИ}$), его энергии ($E_{РИ}$), теплофизических характеристик поверхности объекта и его геометрии. Импульс МРИ имеет длительность фронта $\tau_ф = 10$ нс и общую длительность $\tau_и = 20…50$ нс. Поэтому временная форма внешнего ЭМИ представляет собой однополярный импульс, аналогичный форме импульса ЭМИ НОПИ, и его спектр $S(\omega)$ содержит частоты до 10^9 Гц.

Для проводящих покрытий корпусов КА из материалов с достаточно большим атомным номером величина плотности тока фотоэмиссии с проводящей поверхности может составлять примерно 1 А/см^2. Поэтому максимальная амплитуда нормальной составляющей электрического поля может достигать величины $E_{max} \sim 10^5$ В/м, магнитной составляющей – $H_{max} \sim 3 \cdot 10^2$ А/м, а величина наведенных поверхностных токов J_{max} – около 10 А.

Внутренний ЭМИ представляет собой электромагнитные поля, возникающие во внутренних полостях облучаемого объекта или внутри блоков аппаратуры. Эти поля генерируются током комптоновских электронов, эмитированных со стенок корпуса, а также образовавшихся при ионизации среды (воздуха) в полости КА (рис.9.6,*б*). Эффект внутреннего ЭМИ наблюдается при облучении объектов *мгновенными гамма-квантами* и *ЖРИ*.

Параметры полей внутреннего ЭМИ определяются теми же факторами, что и для внешнего ЭМИ, однако роль «внешней» в этом случае играет среда в объеме объекта или в корпусе РЭА, поэтому существенное значение приобретает внутренняя конструкция КА и его наполнение аппаратурой.

Форма внутреннего ЭМИ представляет собой однополярный импульс, близкий к форме ЭМИ НОПИ. Расчеты показывают, что верхние значения амплитуд электрической и магнитной составляющих внутреннего ЭМИ могут достигать значений величин примерно $5 \cdot 10^4$ В/м и 500 А/м, соответственно.

Механизм возбуждения ЭМИ **в кабелях** обусловлен воздействием *мгновенных гамма-квантов* и *ЖРИ* с энергией более 50 кэВ на оболочку, жилы кабеля, а также на материал диэлектрика. В результате взаимодействия ИИ с веществом составных частей кабеля в его оболочке и жилах создается ток комптоновских электронов (рис.9.6,*в*). Наведенные токи, протекая по нагрузке кабеля, воздействуют на оконечные устройства РЭА, нарушая ее работоспособность. Этот эффект называют эффектом **радиационно наведенных потенциалов**.

Основным ***параметром*** РНП является величина наводимого потенциала. Ее значение может достигать десятков вольт.

9.2.3. Поражающее действие электромагнитного импульса космического ядерного взрыва

Характер поражающего действия ЭМИ КЯВ на космические объекты и их системы аналогичен процессам воздействия ЭМИ воздушного (наземного) ЯВ на наземные объекты. Поэтому в данном подразделе ограничимся рассмотрением *особенностей*, характерных для ЭМИ НОПИ и ВЭМИ.

К особенностям воздействия **ЭМИ НОПИ** относятся:

- *направленность* электромагнитной волны в сторону Земли (в силу механизма ее генерации), вследствие чего ЭМИ НОПИ является **единственным** ПФ КЯВ, оказывающим поражающее действие на наземные объекты;
- существенно *бóльшие* по сравнению с воздушным (наземным) ЯВ *площади поражения* наземных ВТС, что обусловлено пространственным масштабом зоны источника (см. рис.9.5);

• *превышение* максимального значения *амплитуды напряженности* электрического поля (100 кВ/м) примерно на порядок по сравнению с амплитудой ЭМИ воздушного наземного) взрыва в зоне источника (1…10 кВ/м).

Как отмечалось, **вторичный ЭМИ** может оказывать влияние на работоспособность внешних и внутренних элементов оборудования КА. При этом ЭМИ может воздействовать на объекты совместно с ИИ КЯВ (мгновенным гамма-, рентгеновским излучением и электронами ИРПЗ). Вследствие чего в аппаратуре КА возникают сложные ионизационные эффекты, которые могут приводить как к снижению влияния ЭМИ, так и к его усилению. Поэтому учет эффектов совместного действия особенно актуален для орбитальных средств. Исследование этой задачи представляет собой сложную научно-техническую проблему, которая к настоящему времени полного решения еще не получила. По этой причине чаще всего рассматривают наиболее неблагоприятную ситуацию, связанную с увеличением поражающего действия из-за дополнительного появления наводимых токов и напряжений.

При воздействии **внешнего ЭМИ** критическими элементами конструкции КА являются солнечные батареи и антенные устройства, расположенные на внешней поверхности корпуса КА. При этом наводимые на них токи и напряжения через распределительную и регулирующую аппаратуру, кабели и разъемы могут проникнуть во внутренний объем КА и воздействовать на размещенную там РЭА.

Расчеты показывают, что при условиях воздействия максимальных напряженностей электрических и магнитных полей ($E_{max} \sim 10^5$ В/м и $H_{max} \sim 3 \cdot 10^2$ А/м, соответственно) при КЯВ мощностью 1 Мт и величине импульса рентгеновского излучения $U_{РИ} = 10^{-4} \ldots 10^{-1}$ кал·см$^{-2}$ радиус поражения типового КА диаметром около 2 м составляет 250…1000 км.

В случае воздействия **внутреннего ЭМИ** наиболее «слабыми звеньями» РЭА являются полупроводниковые приборы и микросхемы, в которых могут происходить обратимые и необратимые отказы, приводящие к нарушению работоспособности РЭА в целом.

Оценка поражающего действия внутреннего ЭМИ от ЖРИ показывает, что при величине $U_{РИ} = 10^{-3} \ldots 10^{-1}$ кал/см^2 радиус поражения КА составляет около 100 км.

Многообразие соединительных типов кабелей и их протяженности между блоками аппаратуры затрудняет расчет **радиационно наведенных потенциалов** в целом. Поэтому значения наводимых потенциалов в общем виде могут быть определены только для конкретного КА с учетом реального заполнения аппаратурой и реальной протяженности кабельных линий. При степени заполнения КА РЭА от 0,7 до 0,9 параметры РНП могут изменяться в пределах порядка значений величин. Учитывая незначительную протяженность внутренних кабельных линий и уровня наводок на них, радиусы поражения КА по этому виду ЭМИ гораздо ниже, чем по видам внешнего и внутреннего ЭМИ.

9.2.4. Защита от воздействия электромагнитного импульса космического ядерного взрыва

В зависимости от параметров ЭМИ, особенностей конструктивного исполнения КА и функционального предназначения РЭА методы и способы защиты могут существенно различаться.

В общем случае защита от ЭМИ КЯВ предусматривает применение специальных технических и организационных мероприятий.

Технические мероприятия основываются на реализации **двух** основных **принципов**:

1. *Ослаблении* интенсивности ИИ ЯВ за оболочкой объекта и обеспечении защиты внешних и внутренних подсистем РЭА.

2. *Ограничении* уровней импульсных наводок в цепях РЭА, возникающих в результате электродинамических эффектов при воздействии ЭМИ.

Реализация **первого** принципа позволяет уменьшить уровни напряженностей генерируемых ИИ полей внешнего и внутреннего ЭМИ, а **второго** – защитить чувствительные к электрическим перегрузкам элементы входных каскадов бортовой РЭА от наведенных импульсов напряжения.

В отличие от наземных объектов, **защита КА** имеет ряд особенностей. Прежде всего, это связано с тем, что КА проектируются с учетом жестких массогабаритных ограничений. Поэтому **конструкционный метод** защиты КА имеет свою специфику и предусматривает:

1. Применение специальных покрытий, уменьшающих эмиссию фотоэлектронов, образуемых МРИ, с поверхностей, а также пленок, предотвращающих прямое осаждение заряда на платы электронных схем и проводящие шины.

2. Экранирование корпусов объекта и РЭА, главным образом, посредством рационального (с точки зрения уменьшения электромагнитных наводок) расположения (монтажа) блоков РЭА, антенн и прокладки фидера.

Перспективными материалами для **корпусов КА** и аппаратуры являются *специальные композиционные материалы и сплавы*. Так, использование титановых сплавов, а также многослойных корпусов с оптимальным сочетанием материалов (алюминий, титан, свинец, диспрозий) позволяет снизить уровень ЖРИ за оболочкой в несколько раз.

Для снижения уровня внешнего ЭМИ на внешнюю и внутреннюю поверхность КА наносятся *полимерные покрытия* из тефлона, капрона или майлара толщиной 10…200 мкм, что способствует снижению эмиссии электронов под действием МРИ. Для этих же целей на корпуса может быть нанесен слой защитного покрытия на основе углерода толщиной до 10 мкм. Платы электрических схем и проводящие шины покрываются слоем стекловолокна, что препятствует прямому осаждению на них заряда, образующегося внутри корпусов РЭА.

Применительно к **радиотехническим системам** КА, которые строятся на базе радиоприемных и радиопередающих устройств, конструкционный метод представляет собой комплекс технических мероприятий, основанных на выборе оптимальной конструкции АФУ.

Оптимизация конструкции АФУ предполагает применение фидера минимально возможной длины и обеспечение электромагнитной однородности его экрана. Из анализа процессов воздействия ЭМИ на антенны следует, что при прочих равных условиях предпочтительнее использовать плоские спирали, наводки на которых меньше по сравнению с цилиндрическими и коническими спиралями.

Одним из основных способов, ведущих к снижению наводок, является *уменьшение эффективной площади антенны*.

Эффективным способом снижения уровней наводимых сигналов в антеннах, внутренних и внешних линиях связи функциональных узлов, блоков аппаратуры и систем при воздействии ЭМИ является *гальваническое разделение* корпуса АФУ с корпусом КА. В этом случае исключается протекание поверхностного тока на корпусе КА по апертуре антенны, что существенно ограничивает уровень наведенного напряжения на ее выходе.

В качестве элементов гальванического разделения могут быть использованы трансформаторы, датчики Холла и т.д. При этом стремятся к уменьшению связи между системой заземления корпусов РЭА и общим проводом схемы. *Экранирование* и *скрутка* проводов также улучшает помехозащищенность линий связи.

Схемотехнический метод защиты является наиболее эффективным при создании высокозащищенной бортовой РЭА. В зависимости от частотного диапазона защищаемой цепи бортовой РЭА применяются различные *средства ограничения наводок* по амплитуде и спектру.

В **системе управления** КА наиболее подвержены воздействию ЭМИ исполнительные элементы: пиропатроны, пироболты, пирозамки, а также различные электромеханические устройства (шаговые двигатели, электропневмоклапаны и др.). Управление такими элементами и устройствами осуществляется, как правило, по низковольтным электрическим цепям сигналами низких и средних частот (до 1 МГц). Поэтому для защиты их цепей управления применяются защитные устройства (ЗУ) на основе газораз-

рядных и полупроводниковых ограничителей напряжения (варисторов, импульсных диодов и стабилитронов) относительно невысокого быстродействия, что позволяет предотвратить нештатное срабатывание исполнительных элементов.

Надежной защитой нагрузок ППП и ИС в **информационных цепях** и высокочастотных **кабельных линиях связи** (1…100 МГц) всех систем КА от электрических перегрузок служат разрядники в сочетании с малоемкостными ограничительными и (или) импульсными диодами.

В **системах электроснабжения** (СЭС) КА для защиты ППП и ИС коммутирующей аппаратуры (например, дешифратора команд бортовых цифровых вычислительных комплексов (БЦВК)), вторичных источников питания и силовых кабельных линий устанавливаются разрядники или варисторы.

Для защиты **РЭА** КА от импульсных перенапряжений в бортовой сети устанавливают быстродействующие стабилитроны, срезающие импульсы напряжения на уровне (25…30 В). Кроме того, для питания РЭА всех систем КА рекомендуется использовать отдельные вторичные источники питания.

В радиотехнических системах КА в **наибольшей** степени подвержены воздействию импульсных электромагнитных полей **радиоприемные устройства** (РПУ).

Схемотехнические способы защиты РПУ в этом случае сводятся:

– к выработке *оптимальных* по стойкости и защищенности *схемотехнических решений* входных каскадов приемников (малошумящих усилителей, смесителей, детекторов и т.п.);

– к применению *специальных* ЗУ, ограничивающих наводки на АФУ по амплитуде и по спектру.

Основным **требованием**, предъявляемым **к ЗУ**, является обеспечение его **минимального влияния** на работу защищаемой цепи (устройства, аппаратуры) при отсутствии воздействия.

Существует большое разнообразие схем ЗУ, применяемых в бортовых РПУ (ограничительные диоды, фильтры и т.п.). В ряде

случаев ЗУ функциональных узлов РЭА КА строятся на основе гибридных схем, сочетающих в себе и ограничители напряжения, и фильтры-ограничители по спектру.

Как показывают расчетные оценки, применение вышеприведенных способов в совокупности позволяет повысить степень электромагнитной защиты РПУ примерно на порядок.

Защита КА от воздействия ЭМИ основывается не только на использовании перечисленных схемотехнических способов, позволяющих ослабить уровень помех в цепях РЭА, но и достигается применением **ЭРИ**, обладающих **повышенной стойкостью** к импульсным электрическим перегрузкам. Так, существенное снижение РНП на внутренних кабельных линиях достигается применением кабелей с низкой радиационной чувствительностью.

Структурно-функциональный метод защиты РЭА в КА получил наибольшее распространение при создании цифровых электронных схем системы управления, радиоэлектронных устройств обработки сигналов приемо-передающей аппаратуры специальных и радиотехнических систем КА.

Способами реализации этого метода являются:

– увеличение энергии полезных сигналов, их амплитуды и длительности;

– выбор несущих частот принимаемых сигналов с учетом спектральных характеристик ЭМИ;

– выбор оптимальной структуры сигнала и алгоритма его обработки;

– применение специальных блоков противодействия ЭМИ, обеспечивающих включение защитных схем по сигналу датчика ЭМИ и восстановление работоспособности аппаратуры после окончания действия ЭМИ.

В частности, при выборе *структуры сигнала* обеспечивается:

• жесткая временна́я привязка последовательности возможных мест расположения единичных сигналов;

• фазовая модуляция, при которой вероятность ошибок, вызываемых импульсными помехами, в два раза меньше, чем при

когерентном приеме сигналов с амплитудной или частотной модуляцией (при одной и той же мощности полезного сигнала).

Одним из направлений повышения стойкости **цифровых** радиоэлектронных средств к воздействию ЭМИ является использование специальных *программных и алгоритмических способов*, которые получили наибольшее применение в БЦВК. В этих комплексах устранение сбоев и отказов, восстановление вычислительного процесса производится способами, которые базируются на временной программной и информационной избыточности и реализуются аппаратно-программной системой обеспечения надежности функционирования и достоверности вычислений.

Для снижения степени воздействия ЭМИ на вычислительный процесс применяются способы защиты, базирующиеся на следующих особенностях организации восстановления вычислений:

– сбросе промежуточных результатов вычислений в память (создании контрольных точек);

– обработке прерываний от системы контроля при возникновении сбоев и отказов в работе различных устройств (восстановлении вычислительного процесса).

Эффективным средством повышения достоверности обработки информации в условиях воздействия ЭМИ является использование *корректирующих кодов*, позволяющих минимизировать систематические, случайные и групповые ошибки. При выборе кодового расстояния (d) принятого кода необходимо исходить из условия: $d \geq [t_{\text{зап}} / t_1 - 1]$, где $t_{\text{зап}}$ – время, в течение которого отношение сигнал/(шум + помеха) превышает допустимое значение; t_1 – длительность единичного сигнала (одного символа).

Рассмотренные структурно-функциональные способы защиты БЦВК КА от воздействия ЭМИ также применяются и для повышения их стойкости к воздействию ИИ КЯВ.

Конкретные конструкторские решения, реализующие рассмотренные выше методы и способы защиты чувствительных элементов, функциональных узлов и систем КА, зависят от схемо-

технического исполнения защищаемой аппаратуры, ее компоновки на объекте и конструктивных особенностей построения КА.

Как отмечалось выше, спецификой ЭМИ НОПИ является его **воздействие на наземные объекты**. Технические методы и способы защиты этих объектов ничем не отличаются от методов и способов защиты при воздействии ЭМИ воздушного (наземного) ЯВ, рассмотренных в п.6.3. Однако свою защитную роль может сыграть **организационный метод**, который заключается в выборе места дислокации подвижного наземного объекта и ориентировании его антенных систем.

Защита путем **выбора места дислокации** обусловливается тем, что, согласно физической картине образования ЭМИ НОПИ, на поверхности Земли в области его максимальной амплитуды горизонтальная компонента напряженности электрического поля всегда ориентирована в направлении «магнитный запад-восток». Поскольку именно она определяет величину наводок на проводящих линиях наземных объектов, то привязку к местности целесообразно проводить таким образом, чтобы длинные проводящие линии, особенно внешние, были ориентированы в направлении «север-юг». Такая ориентация линий практически исключает импульсные наводки на них за счет действия электрической составляющей ЭМИ. Указанное мероприятие особенно эффективно для подвижных объектов, у которых, как правило, число внешних линий ограничено и есть возможность выбирать направление их прокладки при развертывании на местности.

Эффективным способом снижения наводок на антеннах радиотехнических систем является их **ориентация в пространстве** специальным образом.

Как известно, амплитуда ЭМИ НОПИ минимальна в направлении силовых линий геомагнитного поля. Таким образом, если по условиям функционирования объекта имеется возможность между сеансами управления ориентировать антенну вдоль линий геомагнитного поля, то будет обеспечен режим приема минимальной энергии ЭМИ.

РАЗДЕЛ II. ОРУЖИЕ НА НОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ

Глава 10
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ОРУЖИЯ НА НОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ

Под **оружием на новых физических принципах** (ОНФП) понимают оружие, основанное на использовании таких физических явлений и процессов, которые ранее для создания средств поражения не применялись.

Следовательно, принадлежность систем вооружения к категории ОНФП оценивается, прежде всего, **по способу получения** поражающего воздействия на различные объекты.

Учитывая, что ядерное оружие и так является наиболее мощным разрушительным средством, относящимся к ОМП и способным привести к взаимному гарантированному уничтожению противоборствующих сторон, **создание** ОНФП преследует две **основные цели**:

– *получение новых возможностей* внезапного, скрытного и избирательного поражения противника без увеличения масштабов поражения;

– *принуждение* потенциального противника на основе концепции военно-технического превосходства к непомерным затратам для восстановления военного паритета.

Большинство из создаваемых видов ОНФП нельзя строго отнести к традиционным ОМП. Существующее или вновь создаваемое оружие обычно относят к ОМП, если оно обладает поражающим действием, **соизмеримым по мощности** с образцами известных видов ОМП: ядерного, химического, биологического оружия.

Объектами воздействия ОНФП избирательно или в совокупности являются различные военно-технические системы, человек, природная среда. Поражающие факторы, создаваемые ОНФП на объекте воздействия, те же, что свойственны ЯО: механические, тепловые, электромагнитные, радиационные. В отличие же от ядерного, ОНФП осуществляет более широкий спектр воздействия на **человека** (уровень клетки, органа, систем организма, поведенческие функции), более мощное воздействие на экологические и геофизические элементы **окружающей среды** и более интенсивное избирательное воздействие на **объекты**.

Поскольку почти все виды ОНФП еще далеки от практической реализации, в настоящее время отсутствует их законченная систематизация. Однако **в зависимости от способа подвода энергии** к объекту, на который оказывается воздействие, условно можно выделить **две** основные **группы** ОНФП (рис.10.1).



Рис.10.1. Классификация ОНФП

Основными **приоритетными** военными **задачами**, которые могут быть решены с использованием ОНФП, являются:

1. Дезорганизация функционирования систем разведки, боевого управления, связи, электроснабжения в стратегических и оперативно-тактических звеньях.

2. Подавление систем ПРО и противовоздушной обороны (ПВО).

3. Нейтрализация или вывод из строя космических аппаратов.

4. Защита подвижных и стационарных военных объектов от высокоточного оружия.

5. Воздействие на живую силу противника.

С точки зрения военного назначения, прорабатываются **два варианта** систем ОНФП: стратегическое и оперативно-тактическое.

Стратегическое ОНФП может быть оборонительным (в системах ПРО и противокосмической (ПКО) обороны) и наступательным (например, предназначенным для вывода из строя КА или сверхзащищенных сооружений командных пунктов высшего звена управления вооруженными силами противника).

Тактические системы ОНФП отличаются от стратегических, в первую очередь, уровнем мощности и источником излучаемой энергии а, следовательно, массогабаритными и тактико-техническими характеристиками. Эти системы создаются в рамках концепции ведения войны с использованием «несмертельных» технологий, принятой Министерством обороны США в 90-х годах XX века.

Оружие несмертельного действия (ОНД) Министерство обороны США определяет как оружие, предназначенное для вывода из строя боевой техники и живой силы противника с минимальным количеством смертельных исходов, обеспечения долговременной потери боеспособности или нанесения существенного материального ущерба. Его применение, по мнению военных экспертов США, позволит скомпенсировать снижение боевого потенциала вооруженных сил в условиях сокращения и уничтожения отдельных видов ОМП: тактического ЯО и химического оружия. Считается, что ОНД наиболее эффективно для решения боевых задач в конфликтах различной интенсивности и миротворческих операциях, так как позволяет ограничить масштабы непосредственных столкновений и существенно снизить потери среди личного состава и гражданского населения.

Оружием несмертельного действия предполагается оснащать подразделения сил специального назначения и регулярных воинских частей для решения следующих **задач**:

– нарушения нормальной работы, частичного или полного вывода из строя радиоэлектронных, оптоэлектронных и энергосиловых элементов военной техники и объектов без их физического уничтожения;

– временного вывода из строя личного состава с продолжительной потерей боеспособности;

– вывода из строя тыловых объектов и коммуникаций.

Глава 11
ЛУЧЕВОЕ ОРУЖИЕ

11.1. Общие свойства лучевого оружия

Лучевым оружием называют оружие, основанное на направленной передаче энергии какого-либо вида на объект для нанесения ему требуемого ущерба.

Часто лучевое оружие называют еще оружием направленной передачи энергии (ОНПЭ).

Независимо от типа, лучевое оружие состоит из **трех основных элементов**: генератора излучения, системы вывода луча и системы наведения на цель. Физическая специфика лучевого ору-

жия определяется, прежде всего, способом генерации энергии и ее видом.

Лучевое оружие, и, в частности, лазерное и пучковое, обладает рядом **особенностей**, выделяющих его по эффективности на фоне существующих видов вооружения. К ним относятся:

1. Возможность создания в космическом пространстве *огромной концентрации энергии* на единице площади – до $10^6 \ldots 10^7$ Вт/см^2. Это объясняется тем, что ослабление луча в пространстве без атмосферы определяется только его расходимостью.

Обычно ослабление большинства ПФ ЯО происходит по закону:

$$X_i^{\text{ЯО}} \sim \frac{1}{4\pi R^2} e^{-\kappa_i R}, \qquad (11.1)$$

где R – расстояние до поражаемого объекта; κ_i – коэффициент ослабления атмосферой; $X_i^{\text{ЯО}}$ – параметр i-го ПФ.

В космическом пространстве $X_i^{\text{ЯО}} \sim 1/4\pi R^2$. Для направленного луча можно записать: $X_i^{\text{ЯО}} \sim 1/\Theta R^2$, где Θ – угол расходимости луча, стер, $\Theta << 4\pi$.

В атмосфере нормальной плотности ослабление луча будет более значительным, но позволяющим обеспечить радиусы поражения в пределах первого десятка километров, что достаточно для решения тактических задач.

2. Практически *мгновенное поражение объекта*, так как энергия переносится со скоростью света или близкой к ней.

Таким образом, при расстоянии до объекта поражения, например, в 30 км, время достижения объекта составит всего 0,001 с (скорость света 300000 км/с). При этом движущийся наземный или воздушный объект поражения фактически не успеет сместиться от своего первоначального положения.

3. *Прямолинейное распространение луча*, так как гравитационное поле Земли практически не влияет на его траекторию. Отклонение, например, лазерных пучков или пучков частиц от прямолинейной траектории составляет доли миллиметра на расстоянии до 3000 км. Это существенно упрощает процесс наведения луча на объект поражения.

4. *Большая дальность поражения*, ограничиваемая в космическом пространстве лишь невозможностью создания строго параллельного пучка света или частиц.

5. *Строго избирательное поражение* только объектов противника, что невозможно получить при отсутствии направленности энергетического пучка.

6. *Скрытность поражающего действия* в земных условиях (отсутствие внешних признаков в виде огня, дыма, звука).

К **общим недостаткам** лучевого оружия на современном этапе можно отнести:

- сложность практической реализации, объясняемую, прежде всего, огромной энергоемкостью этих средств и, как следствие, необходимостью использования специальных конструкций и материалов с новыми свойствами;
- очень высокую стоимость, значительные массу и габариты устройств.
- сильную зависимость в земных условиях интенсивности излучения от состояния атмосферы и метеоусловий.

Подобные недостатки пока не позволяют лучевому оружию выиграть конкурентную борьбу с существующими и перспективными системами оружия на основе традиционных физических принципов. Однако это не останавливает проводимых исследований, так как возможные преимущества очевидны, а недостатки в принципе преодолимы. Поэтому считается, что в будущем стратегическое лучевое оружие станет основой систем ПКО, ПРО, ПВО, где его преимущества могут быть использованы наилучшим образом.

11.2. Лазерное оружие

Развитие технологии высокоэнергетических лазерных установок в последние годы достигло уровня, при котором стало возможным их использование в качестве средств поражения. Такое оружие, по оценке зарубежных специалистов, должно существенно повысить эффективность ведения боевых действий и изменить сам их характер.

Лазеры – представляют собой мощные излучатели электромагнитной энергии оптического диапазона (квантово-оптические генераторы). Слово «лазер» происходит от начальных английских букв фразы – *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* – «усиление света в результате вынужденного излучения».

Излучение оптического лазера в отличие от света обычных источников *когерентно*, т.е. имеет постоянную разность фаз между колебаниями; *монохроматично*, т.е. характеризуется какой-либо одной частотой (одной длиной волны) колебания; испускается в виде *остронаправленного луча* с высокой концентрацией энергии в видимом, ультрафиолетовом или инфракрасном диапазонах (λ = = 0,3…4 мкм).

Лазерное оружие – это оружие направленной энергии, основанное на использовании поражающих свойств лазерного излучения оптического (оптический лазер) или сверхкоротковолнового (рентгеновский лазер) поддиапазонов.

Работы по использованию лазеров в качестве лучевого оружия, как это следует из зарубежных источников, ведутся в ряде стран с середины 70-х годов. В настоящее время создание боевых лазерных комплексов приобретает реальную основу. Военных специалистов привлекают следующие **преимущества** лазерного оружия:

- «мгновенная» доставка энергии к объекту поражения;
- физически неограниченная дальность действия;
- независимость от законов баллистики и орбитального движения;
- высокая скорострельность;
- низкая стоимость «выстрела»;
- высокая избирательность воздействия;
- возможность дозированного (функционального) воздействия на объекты поражения;
- возможность скрытной передачи энергии на большие расстояния.

Механизм **поражающего действия** лазерного оружия заключается в *тепловом воздействии* на поверхностный слой ***объекта*** и возникновении термомеханических деформаций (возгорание, плавление, испарение, растрескивание и т.п.). Все это может привести к эффективному разрушению тонкостенных оболочек: стенок топливных баков ракет-носителей; корпусов КА, самолетов, вертолетов; повреждению оптоэлектронных средств.

При воздействии на ***личный состав*** могут возникать термические ожоги кожи и поражение органов зрения.

Как было отмечено выше, с точки зрения боевых возможностей, ведется разработка двух вариантов систем лазерного оружия: стратегического и тактического назначения.

К числу приоритетных относятся программы разработки **стратегических** систем лазерного оружия различного базирования, способных решать следующие **задачи**, в первую очередь, в интересах ПРО и противоспутниковой борьбы:

1. Термомеханическое поражение МБР на активном участке траектории.

2. Поражение ступеней разведения, боевых блоков, ложных целей и других важных космических объектов на пассивном участке траектории или на боевых орбитах.

3. Противодействие космическому эшелону ПРО противника в интересах обеспечения эффективного использования собственных ядерных сил.

4. Прикрытие группировок войск от разведки из космоса путем поражения лазерным излучением оптикоэлектронной аппаратуры КА видовой разведки.

Для решения этих задач предполагается создание систем *мощного* лазерного оружия наземного, воздушного и космического базирования.

Комплекс ***наземного*** базирования имеет ряд потенциальных преимуществ перед воздушным или космическим, прежде всего, из-за отсутствия жестких массогабаритных ограничений, удобства и надежности эксплуатации. Однако при этом повышаются требования к мощности излучения и степени компенсации рассеяния луча в турбулентной атмосфере. Основное назначение такого комплекса – ведение противоспутниковой борьбы.

Прогнозные характеристики наземного комплекса приведены в табл.11.1.

Таблица 11.1

Характеристики комплексов перехвата с лазерным оружием наземного базирования

Характеристика	Значения характеристик
Дальность поражения	До 1000 км
Длина волны	(2,7; 0,5…1; 0,5…4) мкм
Режим работы	Частотно-импульсный, непрерывный
Длительность облучения (серия импульсов)	До 100 с
Мощность излучения	1…3 ГВт
Расходимость луча на половинной мощности	10^{-6}…10^{-7} радиан
Энергозапас (количество выстрелов)	Ограничен

Комплекс ***воздушного*** базирования предназначен для автономного обнаружения, распознавания и поражения МБР на активном участке траектории на дальностях до нескольких сот километров. Носителем комплекса является самолет «Боинг 747-400*F*».

Комплекс лазерного оружия ***космического*** базирования предназначен, главным образом, для перехвата ракет на активном участке траектории дальностью до нескольких тысяч километров, а также для решения задач противоспутниковой борьбы.

Основные прогнозные характеристики космического комплекса лазерного оружия приведены в табл.11.2.

Таблица 11.2

Характеристики комплексов перехвата с лазерным оружием космического базирования

Характеристика	Значения характеристик	
	1 тип (высокоорбит.)	2 тип
Дальность поражения	До 100…200 км	До 1000 км
Тип лазера	Химический (*HF*)	Химический (*HF*, *DF*)
Длина волны	(2,7; 3,8) мкм	(2,7; 3,8) мкм
Режим работы	Непрерывный, частотно-импульсный	
Длительность облучения	До 10 с	До 1 с
Мощность излучения	0,25…0,30 МВт	25 МВт
Расходимость луча	10^{-6} радиан	10^{-7} радиан

В **тактических** системах используется лазерное оружие *малой* и *средней* мощностей. Оно предназначено для решения следующих **задач**:

1. Вывод из строя оптоэлектронных средств;

2. Поражение слабозащищенных наземных объектов (антенн РЛС, ракет на открытых стартовых позициях и др.);

3. Зажигание легковоспламеняющихся объектов;

4. Поражение низколетящих объектов;

5. Нелетальное (временно ослепляющее или ожоговое) действие на личный состав.

Дальность поражения тактического лазерного оружия составляет (по зрению) от 1 до 10 км и 3…7 км по оптике. Однако в тумане, при выпадении осадков, запылении и задымлении дальность поражения существенно снижается.

Один из созданных образцов такого оружия, монтируемый на наиболее распространенной в армии США винтовке *M*16, обеспечивает вывод из строя фотоприемников разведывательных и прицельных приборов на дальности более 2 км, а на дальности около 1 км он может вызвать необратимое поражение незащищенных органов зрения личного состава.

В стадии полномасштабной разработки находятся несколько образцов лазерных комплексов, размещаемых на колесных и гусеничных машинах и имеющих радиус поражения по ослепляющему эффекту более 1 км.

В 1981 г. было опубликовано сообщение об испытании **импульсного рентгеновского лазера** (ИРЛ) во время подземного ядерного взрыва в Неваде.

Преимущество рентгеновского сверхкоротковолнового излучения перед оптическими заключается в том, что длина его волны существенно меньше ($\lambda = 10\ A°$) и сравнима с межатомными и межэлектронными расстояниями, что, в свою очередь, определяет бóльшую глубину проникновения, особенно в твердых телах. Кроме того, помимо термомеханического, при использовании ИРЛ осуществляется и радиационный механизм поражения.

Так как с уменьшением длины волны резко возрастает уровень требуемой энергии накачки, то в качестве ее источника в ИРЛ может быть использована только энергия ЯВ.

Поскольку рентгеновское излучение малых энергий (1…10 кэВ) почти полностью поглощается атмосферой, то использование ИРЛ эффективно только в космическом пространстве, где радиус поражения $R_{\text{П}}$ головных частей и КА может быть равен тысячам километров. Прогнозные характеристики ИРЛ: дальность перехвата – более 100…1000 км; длительность импульса – 1 нс; энергия излучения – 10 кэВ; количество энергии, испускаемой в единице телесного угла – 10^{16} Дж/стер; требуемая мощность ЯВ – около 50 кт.

Использование ЯВ для накачки позволяет по формальным признакам отнести ИРЛ к ядерному оружию 3-го поколения (ЯО–III), но только по формальным, так как энергия взрыва в этом случае не трансформируется непосредственно в энергию ПФ, как в ЯО–I и ЯО–II.

11.3. Радиочастотное оружие

Радиочастотное (сверхвысокочастотное) оружие (СВЧ оружие) – это оружие, поражающее действие которого основано на использовании электромагнитных излучений радиодиапазона в полосе частот 0,1…300 ГГц (сантиметровый и миллиметровый диапазоны).

Известно, что ЯВ сопровождается достаточно мощным ЭМИ преимущественно мегагерцового диапазона. В ЭМИ боеприпасе ЯО–II более заметной становится роль СВЧ излучения. В СВЧ оружии используется направленный пучок *только* СВЧ излучения, проникающая способность которого существенно выше по сравнению с более длинными волнами.

Основным элементом такого оружия является генератор сантиметровых или миллиметровых волн, который посылает пучки микро- или наносекундных импульсов. Генераторы СВЧ излучения могут быть созданы в неядерном и ядерном исполнении.

В ***неядерном*** исполнении в качестве генераторов СВЧ излучения рассматривается использование магнитогидродинамических

(МГД), взрывомагнитных (ВМГ) генераторов, гироконов. ВМГ представляют собой устройства одноразового применения, в которых химическая энергия обычного ВВ преобразуется в энергию СВЧ излучения. Они наиболее просты, надежны, имеют массогабаритные характеристики, позволяющие использовать их в артиллерийских снарядах, авиабомбах, боевых частях оперативно-тактических ракет.

Боевое устройство, реализующее идею ***ядерного*** СВЧ оружия, должно включать ядерный заряд килотонной мощности и специальный МГД генератор, преобразующий энергию излучений ЯВ в направленный импульс СВЧ излучения.

К основным **преимуществам** СВЧ оружия относятся:

1. Большая, по сравнению с лазерным оружием, дальность поражения, обусловленная свободным прохождением волн СВЧ диапазона через атмосферу.

2. Независимость эффективности воздействия в земных условиях от метеообстановки.

3. Отсутствие жестких требований к точности наведения и определения координат цели, так как размер «пятна» микроволн на мишени обычно составляет десятки метров.

4. Возможность одновременного поражения нескольких целей, в отличие от лазерного и ускорительного (пучкового) оружия.

5. Более низкая стоимость одного «выстрела» по сравнению с другими видами оружия направленной передачи энергии.

Объектами поражения радиочастотного оружия являются радиоэлектронные и энергосиловые элементы различных военных систем и личный состав.

При воздействии на ***военные системы*** механизм поражения обусловлен двумя основными эффектами, аналогичными действию ЭМИ ЯВ:

– *тепловым* поражением элементов РЭА вследствие выделения высокочастотной электромагнитной энергии;

– возникновением *дополнительных импульсных наводок* напряжений и токов.

Воздействие СВЧ излучения на ***личный состав*** приводит:

– к общему нагреву всего организма;

– к ослеплению, ожогам;

– к повреждению некоторых органов и систем (мозга, сердца, нервной системы и т.д.).

В диапазоне частот менее 1 ГГц до 50 % электромагнитной энергии поглощается по глубине тела человека, при частотах 1…3 ГГц от 20 до 100 % – в мышечном слое. Это вызывает как общий нагрев всего организма, так и повреждение некоторых его органов и систем. При частотах более 3 ГГц СВЧ энергия поглощается только поверхностным слоем кожи, что способствует возникновению ослепления или ожогов. Воздействие на центральную нервную систему приводит к нарушениям психики человека и нормального восприятия окружающей действительности, слуховым галлюцинациям и т.д.

По аналогии с лазерным, СВЧ оружие также может быть подразделено на стратегическое и тактическое.

Стратегическое СВЧ оружие предназначается для:

– вывода из строя стратегических систем боевого управления, связи, электроснабжения;

– подавления систем ПВО, ПРО;

– поражения головных частей баллистических ракет и вывода из строя космических аппаратов.

Этот вид средств особенно эффективен при нанесении первого удара для ослепления командных пунктов и нарушения работоспособности радиоэлектронных средств и энергетики. Одним из видов такого оружия является проникающая боевая часть для крылатых ракет, предназначаемая для вывода из строя сверхзащищенных заглубленных командных пунктов высших звеньев управления. При подлете к цели боевая часть отделяется и ускоряется твердотопливным ускорителем до 600…650 м/с, что обеспечивает ее проникновение в грунт. Генерируемое СВЧ излучение (1…3 ГГц) увеличивает эффект поражения объекта.

В космическом пространстве импульс СВЧ с частотами 1…300 ГГц, длительностью 10…100 нс, напряженностью 500…1000 кВ/м может обеспечить поражение КА на расстояниях до 1000 км.

Тактическое СВЧ оружие предназначается для вывода из строя оперативно-тактических систем управления, связи, энергоснабжения и энергосиловых элементов военной техники, а также нелетального поражения личного состава.

Типовыми характеристиками тактического СВЧ боеприпаса являются: энергия импульса – до 10 кДж, длительность импульса – менее 1 мкс, диапазон частот – 1…3 ГГц. Радиус поражения может составлять 1…10 км (стойкость вооружения и объектов к действию СВЧ находится в пределах 0,6…10 мДж/см^2).

Комплексы СВЧ оружия ***нелетального действия***, по мнению американских экспертов, могут использоваться в ограниченных вооруженных конфликтах, при проведении миротворческих операций, а также для защиты военных и гражданских объектов в мирное и военное время.

В интересах принудительной дистанционной остановки движущихся транспортных средств (автомобилей, малых судов, вертолетов, самолетов), а также для вывода из строя личного состава разрабатываются подвижные и стационарные СВЧ генераторные установки, действующие на электронную аппаратуру и электрооборудование или на центральную нервную систему человека.

11.4. Ускорительное (пучковое) оружие

Ускорительным (пучковым) оружием называют средства, поражающее действие которых основано на использовании остронаправленных пучков заряженных (электроны, протоны) или нейтральных (атомы водорода) частиц высоких энергий.

Наиболее перспективными являются системы с использованием ускоренных нейтральных атомов водорода, так как использование заряженных частиц крайне сложно вследствие их сильного электромагнитного расталкивания, что ведет к значительному расширению пучка.

Основными элементами такого оружия являются:

– ускоритель частиц, в котором при помощи электромагнитных полей обеспечивается ускорение частиц и фокусировка пучка;

– система вывода, наведения пучка на объект поражения и удержания его на нем.

В зависимости от энергии частиц, их пучок может обладать как поверхностным, так и объемным характером поражения.

Поглощение частиц небольших энергий (десятки МэВ) происходит в тонком поверхностном слое и эквивалентно действию оптического лазера (механические и тепловые эффекты: испарение, отколы, плавление). С увеличением энергии частиц они проникают на бóльшую глубину, теряя энергию на ионизацию атомов вещества, что приводит к термомеханическим, радиационным и электромагнитным эффектам поражения по всему объему объекта.

Использование пучков частиц в земной атмосфере малоэффективно, так как атмосфера является их хорошим поглотителем. Протоны с энергиями 10…200 МэВ имеют в воздухе нормальной плотности длину пробега и, соответственно, радиус поражения в пределах 1…50 м. Без потерь они распространяются при $H > 100…200$ км. Поэтому основная сфера боевого применения пучкового оружия – космическое пространство.

Пучковое оружие может **применяться** для:

– поражения головных частей на баллистической траектории;

– поражения космических аппаратов;

– защиты своих космических объектов, например, от кинетического оружия.

Прогнозные характеристики пучкового оружия космического базирования приведены в табл.11.3.

Таблица 11.3

Характеристики комплексов ускорительного оружия космического базирования

Характеристика	Значения характеристик
Поражающий фактор	Пучок нейтральных частиц
Энергия частиц	100…250 МэВ
Энергия пучка в макроимпульсе	$1…10^8$ Дж
Частота повторения	До 100 Гц
Энергия микроимпульса	10^5 Дж
Расходимость пучка	10^{-5} радиан
Дальность поражения	До 1500 км
Длина ускорителя	10…15 м
Глубина проникновения частиц в КА	1…3 дм

11.5. Инфразвуковое оружие

Инфразвуковым оружием (ИЗО) называют средства, поражение которыми основано на использовании направленного излучения звуковых волн сверхнизких частот (< 16 Гц).

Инфразвуковые колебания возникают и при ЯВ. При воздействии ударной волны на хорошо защищенные объекты сооружение может резонировать, генерируя инфразвук. На больших расстояниях (сотни и тысячи км) ударная волна вырождается в звуковую, при этом характеристики ее инфразвуковых колебаний используют для определения параметров ЯВ акустическим методом.

Особенностями этих колебаний являются:

– невосприимчивость ухом человека;

– очень низкий коэффициент затухания ($\kappa_з$) в атмосфере ($\kappa_з = 2\cdot10^{-2}$ дБ/км, для слышимого звука $\kappa_з = 0{,}6$ дБ/км);

– трудность создания надежной акустической изоляции (для ослабления слышимого звука на 50 дБ необходима стальная стенка толщиной 20 мм, для ослабления инфразвука – 1000 мм).

Основное поражающее воздействие ИЗО оказывает на ***людей***. Оно является типичным примером оружия несмертельного действия.

Воздействие на организм человека через слуховой аппарат, субъективно не ощущаемое, связано с преобразованием инфразвуковых колебаний в теле человека. При этом могут наблюдаться:

– прямые поражения (головная боль, понижение зрения, ухудшение подвижности конечностей и т.д.);

– психотропное действие на центральную нервную систему (потеря ориентации, равновесия; тошнота, рвота, головокружение, чувство страха и паники).

Симптомы воздействия начинают ощущаться при уровнях мощности 100…120 дБ. Смертельные поражения (нервный шок, паралич центральной нервной системы) возникают при 180…200 дБ.

Воздействие инфразвуковых колебаний может увеличиваться за счет резонирования всего тела и отдельных органов. *Резонансные частоты* равны:

– для всего тела – 5…12 Гц;

– для головы – 30 Гц;

– для позвоночника – 6 Гц;

– для внутренних органов – 4…8 Гц.

Особенно опасны резонансы на частоте биотоков ~ 7 Гц.

Следует отметить, что все симптомы несмертельных поражений являются временными и при отсутствии источника исчезают.

Для создания мощных инфразвуковых колебаний возможно использование реактивных двигателей, снабженных резонаторами и отражателями звука, или источников по типу свистка. Дальность действия подобных генераторов может составлять до 10 км.

Учитывая дальность действия, ИЗО может быть использовано только как тактическое оружие для решения следующих **задач**:

– создания стационарных оборонных систем для охраны особо важных военных и гражданских объектов, участков границы;

– выполнения полицейских и миротворческих миссий;

– поражения живой силы противника;

– предотвращения приближения к кораблям боевых пловцов-диверсантов.

Глава 12
ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ

Под «**геофизическим оружием**» (ГеО) понимают любые средства, с помощью которых в военных целях можно воздействовать на природную среду для создания искусственных геофизических процессов, способных вызвать катастрофические природные явления.

Разрушительная способность многих природных явлений обусловлена их огромным энергосодержанием. Так, например, энергия, выделяемая одним ураганом, эквивалентна энергии взрыва нескольких тысяч ядерных бомб.

Основная задача применения ГеО состоит в том, чтобы обеспечить надлежащее воздействие на противника разрушительными силами неживой природы. Таким образом, можно говорить, что поражающими факторами геофизического оружия являются различные искусственно вызванные природные явления, приводящие к разрушительным или гибельным последствиям.

Метеорологическое оружие (МетО) – средства непосредственного или косвенного активного воздействия на атмосферу Земли с целью разрушения, повреждения или нанесения ущерба объектам или материальным ценностям военного и общенационального назначения.

По мнению зарубежных специалистов, к МетО относятся средства активных воздействий для: инициирования выпадения осадков, воздействия на тропические циклоны, создания или рассеяния туманов и облаков, создания и подавления грозовых разрядов путем изменения электрических свойств атмосферы.

Так, для инициирования *выпадения осадков* применяют соединения серебра при помощи самолетных или наземных генераторов. Например, при применении 60…100 г йодистого серебра (AgI) в виде дыма может быть засеяно переохлажденное облако объемом около 1 км^3. В среднем при засеве переохлажденных облаков количество осадков может быть увеличено на 10…50 % по сравнению с нормой. Создание избытка или дефицита выпадающих осадков над посевами основных продовольственных культур может привести к снижению их урожайности, что способно вызвать нехватку продовольствия.

Воздействие на *тропические циклоны* связано с некоторым изменением траектории их движения по сравнению с прогнозируемой. Активное воздействие на тропические циклоны в настоящее время имеет ограниченное военное применение, которое связано, в основном, с предотвращением или сокращением ущерба, наносимого надводному флоту и береговым объектам.

Климатическое оружие (КлО) – совокупность средств активного воздействия на атмосферу, применение которых приводит к длительным изменениям на больших площадях многолетних режимов погоды для нанесения ущерба сельскому хозяйству и другим отраслям экономики.

Конечной целью применения КлО является изменение температуры воздуха на длительный срок и над обширными районами.

К изменению климатообразующих факторов могут привести применение дымов AgI (для воздействия на внетропические циклоны и антициклоны) и орбитальных энергетических станций (для преобразования солнечной энергии в микроволновое излучение и передачи ее на землю в преобразованном виде).

Озонное оружие (ОзО) – это средства для разрушения слоя озона, расположенного в тропосфере на высоте от 10 до 50 км.

Поражающее действие ОзО проявляется двумя различными способами:

– непосредственно на живые организмы под действием ультрафиолетового излучения Солнца;

– через возможное изменение климата.

Так, разрушение озонного слоя с помощью катализаторов, например, окиси азота, может привести к потеплению климата.

Средством **инициирования искусственных землетрясений** в сейсмоопасных районах и мощных приливных волн типа **цунами** в настоящее время могут служить только ядерные взрывы.

Вместе с тем, наиболее **эффективным средством** воздействия на геофизические процессы остается **ядерное оружие**, применение которого с этой целью может наиболее надежно обеспечить возникновение предполагаемых эффектов.

По мнению зарубежных экспертов, теоретические и экспериментальные работы в этой области могут быть реализованы в течение ближайших десятилетий. Однако даже при самых оптимистических прогнозах в отношении методов применения ГеО в будущем побочные явления этих процессов могут приобрести непредсказуемый характер с точки зрения их интенсивности, пространственного охвата и продолжительности. Поэтому с уверенностью нельзя утверждать, что будет нанесен ущерб только противнику без вероятно еще большего ущерба для гражданского населения, не говоря уже о нарушении экологического равновесия.

РАЗДЕЛ III. ХИМИЧЕСКОЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ

Глава 13
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

13.1. Назначение химического оружия и его особенности

Химическим оружием (ХО) называется оружие, поражающее действие которого основано на использовании боевых токсичных химических веществ (**БТХВ**).

К БТХВ относятся **отравляющие вещества** (ОВ) и **токсины**, оказывающие поражающее действие на организм человека и животных, а также **фитотоксиканты**, применяемые в военных целях для поражения различных видов растительности.

Для доставки БТХВ к объектам поражения, перевода их в боевое состояние и непосредственного воздействия по объектам используется **система средств применения БТХВ** (см. п.13.3).

Химическое оружие является оружием оперативно-тактического назначения и применяется для ***поражения*** живой силы противника, ***снижения*** ее боеспособности, а также для затруднения (***дезорганизации***) боевой деятельности войск и объектов тыла.

Объектами воздействия ХО являются:

– войска противника, расположенные открыто, в военной технике или находящиеся в инженерных сооружениях;

– позиции огневых средств;

– пункты управления, аэродромы, объекты тыла.

Поражение живой силы химическим оружием означает *непосредственный* вывод ее из строя в целях прекращения функционирования или снижения боевых возможностей противника.

Снижение боеспособности войск происходит вследствие *изнурения* живой силы, вызванного принуждением к длительному пользованию средствами защиты и укрытиями. Это приводит к физическому и психологическому изматыванию людей и затруднению управления войсками.

Дезорганизация боевой деятельности войск и объектов тыла достигается *нарушением безопасного использования* ВВТ ввиду заражения их и участков местности, *ограничением возможности маневра* силами и средствами, *затруднением работы* системы снабжения войск вооружением, продуктами питания и другими материальными средствами.

Химическое оружие может применяться *самостоятельно* или в *сочетании* с обычным или ядерным оружием.

Специфическими **особенностями** ХО, определяющими его поражающее действие, являются:

1. ***Высокая токсичность*** (ядовитость) ОВ, позволяющая вызывать тяжелые и смертельные поражения людей в крайне малых дозах.

2. ***Биохимический механизм*** поражающего воздействия БТХВ на живой организм, проявляющийся в нарушении основных биохимических процессов, определяющих нормальную жизнедеятельность человека.

3. ***Способность*** ОВ и токсинов ***проникать*** в сооружения, здания, объекты и избирательно поражать только живую силу противника без разрушения сооружений и уничтожения (повреждения) материальных средств.

4. ***Длительность поражающего действия*** ввиду способности БТХВ сохранять определенное время свои поражающие свойства (*стойкости*) на местности, ВВТ и в атмосфере.

5. ***Трудность своевременного обнаружения*** факта применения противником БТХВ и установление его типа.

6. ***Возможность управления характером и степенью поражения живой силы*** посредством применения БТХВ различной степени токсичности.

7. Тяжелые ***экологические и генетические последствия*** применения ХО, устранение которых может потребовать длительного времени.

8. ***Низкая стоимость*** по сравнению с ЯО.

По взглядам военных специалистов иностранных армий наиболее важными **принципами** применения ХО являются внезапность нападения и массирование химических ударов.

Под ***внезапностью нападения*** понимается совокупность таких мер и действий, осуществление которых обеспечивает неожиданность применения ХО и способствует достижению его наибольшей эффективности.

Под ***массированием химических ударов*** понимается сосредоточение большей части сил и средств для нанесения химических ударов на главных направлениях, по наиболее важным районам, объектам и в решающий момент боя в целях достижения результатов, оказывающих существенное влияние на ход боевых действий.

13.2. Боевые токсичные химические вещества

13.2.1. Отравляющие вещества, их классификация и боевые свойства

Отравляющие вещества – специально синтезированные химические соединения, обладающие токсическими свойствами, обеспечивающими при боевом применении поражение личного состава, заражение воздуха, ВВТ, обмундирования и местности.

Отравляющие вещества составляют *основу* ХО.

Многообразие ОВ, обладающих различными боевыми, токсическими и физико-химическими свойствами, требует необходимости их классификации. Классификационная схема ОВ приведена на рис.13.1.

В зависимости от *значимости в арсенале* химического оружия ОВ подразделяют на:

- **табельные** – стоящие на вооружении; в армии США к ним относятся: VX, зарин, иприт, BZ, CS, CR;
- **резервные** (запасно-табельные) – токсичные вещества, изготовляемые химической промышленностью при необходимости. В армии США к веществам этой группы относятся: синильная кислота, хлорциан, фосген, хлорацетофенон, адамсит.

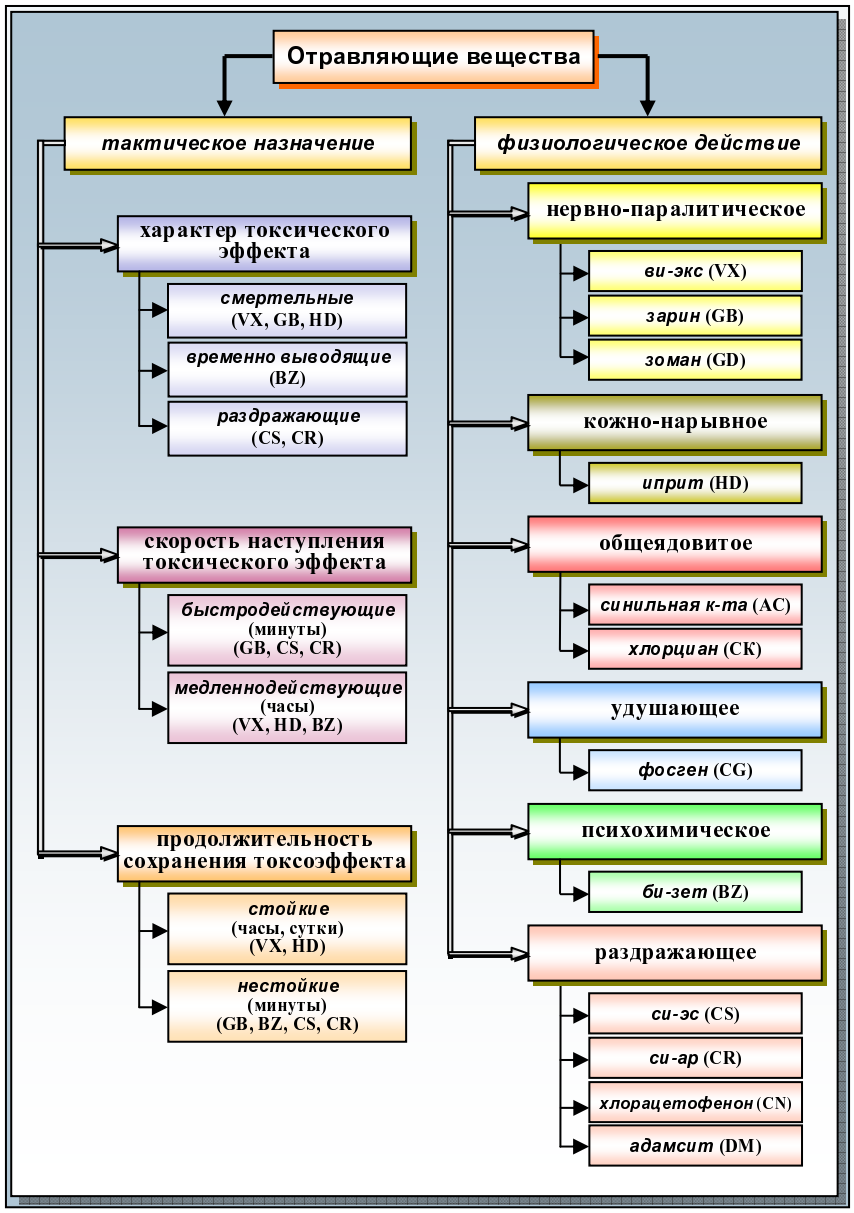


Рис.13.1. Классификационная схема ОВ

При применении химического оружия ОВ переводятся в боевое состояние.

Боевое состояние ОВ – такое дисперсное состояние, при котором достигается максимальный поражающий эффект.

Различают следующие **виды** боевых состояний ОВ:

– *парообразное*, когда ОВ длительное время могут находиться в атмосфере в виде пара или газа;

– *аэрозольное*, когда жидкие или твердые ОВ взвешены (диспергированы, т.е. раздроблены) в воздухе в виде *тонкодисперсных* частиц диаметром до 10 мкм (дым, туман), которые также достаточно долго могут находиться в воздухе, или *грубодисперсных* частиц диаметром свыше 10 мкм (морось, крупные частицы дыма), постепенно оседающих на различные поверхности;

– *капельно-жидкое* в виде быстро оседающих капель.

Основными путями проникновения ОВ внутрь организма являются органы дыхания и кожа. Первый путь называется ***ингаляционным*** (лат. *inhalatium* – вдыхать), второй – ***кожно-резорбтивным*** (лат. *resorbeo* – поглощать).

Ингаляционное воздействие характерно для парообразного и тонкодисперсного аэрозольного (туманообразного, дымообразного) боевых состояний. Поражение через ***кожные покровы*** может происходить во всех боевых состояниях ОВ. Степень опасности поражений в обоих случаях будет зависеть, прежде всего, от токсичности ОВ.

Токсичность (греч. *toxikon* – яд) является важнейшей характеристикой ОВ, определяющей их способность вызывать поражение личного состава, приводящее к потере боеспособности или к гибели.

Количественной характеристикой токсичности является токсическая доза.

Токсическая доза (токсодоза) – количество ОВ (доза), вызывающее определенный токсический эффект.

В зависимости от путей проникновения ОВ в организм различают ингаляционную ($D_и$) и кожно-резорбтивную ($D_к$) токсодозы.

При ***ингаляционных*** поражениях токсодоза определяется выражением:

$$D_и = C \cdot t,$$

где $D_и$ в (мг·мин/л); C – концентрация ОВ в воздухе в (мг/л); t – продолжительность пребывания личного состава в зараженной атмосфере (время экспозиции) в мин.

При ***кожно-резорбтивном*** воздействии токсодозу рассчитывают по формуле:

$$D_к = m / \overline{M},$$

где $D_к$ – удельная токсодоза, т.е. масса ОВ (m) в мг, приходящегося на единицу массы ($\overline{M}$) среднего человека; $\overline{M}$ = 70 кг.

В настоящее время для характеристики токсичности применяют токсодозы, обусловливающие вероятность поражения, равную 50 %. Эти токсодозы называют «**средними**» для каждой степени поражения и обозначают следующим образом:

• при ***ингаляционном*** воздействии:

– ***LCt_{50}*** – средняя **смертельная** (L – от лат. *letalis* – смертельный);

– ***ICt_{50}*** – средняя **выводящая из строя** (I – от англ. *incapacitating* – небоеспособный);

– ***PCt_{50}*** – средняя **пороговая** (P – от англ. *primary* – начальный).

• при ***кожно-резорбтивном*** воздействии, соответственно: ***LD_{50}***, ***ID_{50}***, ***PD_{50}***.

Значения средних ингаляционных и кожно-резорбтивных токсодоз приведены в табл.13.1 и 13.2.

Таблица 13.1

Ингаляционные токсодозы ОВ

ОВ	Токсодозы, мг·мин/л		
	LCt_{50}	ICt_{50}	PCt_{50}
VX	0,01	0,005	0,0002
Зарин	0,075	0,04	0,003
Иприт	1,5	0,5	0,033
CS (CR)	61	0,02	0,002
BZ	110	0,11	0,05

Таблица 13.2

Кожно-резорбтивные токсодозы ОВ

ОВ	При действии ОВ через открытые кожные покровы, мг/кг			При действии ОВ через летнее обмундирование, мг/кг
	LD_{50}	ID_{50}	PD_{50}	ID_{50}
VX	6…10	3…5	0,1	100
Иприт	50…70	350	2,1	1400

Так как для определения *ингаляционной токсичности* необходимо учитывать интенсивность дыхания, которая зависит от физической нагрузки, а также массу человека, то табличные значения токсодоз могут быть использованы только для сравнения различных ОВ по их ингаляционной токсичности. Кроме того, приведенные значения справедливы только для коротких экспозиций (порядка нескольких минут).

Табличные значения *кожно-резорбтивных* токсодоз справедливы для бесконечно большой экспозиции, т.е. для случая, когда попавшее на кожу ОВ не удаляется с нее и не дегазируется. Реально для проявления того или иного токсического эффекта на поверхности кожи должно оказаться большее количество ОВ, чем приведенное в табл.13.2.

Физиологическая активность ОВ тесно связана с теми химическими превращениями, которые они претерпевают после поступления в организм. Всякий живой организм является сложным

комплексом взаимно связанных белковых систем, функции которых гармонично согласованы. При этом исключительно важную роль играют специфические белки, называемые **ферментами**. Они являются биологическими **катализаторами**, способными направлять, ускорять или замедлять химические процессы в организме и, тем самым, оказывать решающее влияние на жизненные процессы. Характерной особенностью ферментов является специфичность их действия. Каждому типу химических превращений соответствует свой вид фермента. Следовательно, белковые системы – самая уязвимая часть организма, и **воздействие ОВ на белки является основной причиной токсического эффекта**.

Токсическое действие ОВ связано с отравлением ферментов, что приводит к потере их каталитической активности, а, следовательно, к прекращению биохимических реакций.

Ниже приведены токсические свойства различных групп ОВ.

Характерной особенностью отравляющих веществ **нервно-паралитического действия** (VX, зарина, зомана) является их способность химически связывать и лишать физиологической активности *белок*, *регулирующий передачу нервного импульса*. Поражение организма происходит в результате перевозбуждения сердечных, дыхательных мышц и мышц других органов.

Первичные симптомы и динамика процесса поражения этими веществами указаны в табл.13.3.

Токсический эффект ОВ **кожно-нарывного действия** (иприта) обусловлен его взаимодействием со структурными *белками клеточных мембран*. Последние катализируют различные реакции в клетке, выполняя функции «узнающих» элементов при межклеточных обменных процессах. Изменение структуры мембранных белков ведет к нарушению клеточной проницаемости и поражению верхних слоев кожи.

Признаки поражения и конечный эффект воздействия этого ОВ приведены в табл.13.4.

Группа ОВ **общеядовитого действия** (синильная кислота, хлорциан) ингибирует (угнетает) *фермент*, *обеспечивающий тканевое дыхание*.

Таблица 13.3

Первичные симптомы и развитие интоксикации организма ОВ нервно-паралитического действия

Вид поражения	Продолжительность скрытого периода действия	Симптомы и динамика процесса поражения
Ингаляционный	(2...3) мин – зарин (5...10) мин – VX	Боли в глазницах, потеря остроты зрения, резкое сужение зрачков (миоз), слюнотечение, нехватка воздуха, боли в груди, сокращение мышечных волокон → приступы удушья, боли в животе, судороги → потеря сознания, развитие паралитического состояния
Кожно-резорбтивный	(15...20) мин – зарин (1...24) ч – VX	Сокращение мышечных волокон на участках заражения, потовыделение, мышечные боли, головокружение → приступы удушья, судороги и параличи

Таблица 13.4

Признаки поражения и конечный эффект воздействия ОВ кожно-нарывного действия

Вид поражения	Продолжительность скрытого периода действия	Симптомы и динамика процесса поражения
Кожно-резорбтивный	От 2-х ч до 1-х сут.	Ощущение запаха чеснока или горчицы → зуд, жжение и покраснение кожи (эритемы) → отечность и мелкие пузырьки → один общий пузырь → ипритные язвы со сроком заживления 1…2 мес. и более. При попадании в глаза – потеря зрения

Гибель организма связана с остановкой дыхания вследствие нарушения деятельности центральной нервной системы (ЦНС), поскольку наиболее чувствительными к кислородному голоданию являются клетки головного мозга.

Первичные и определяющие исход отравления признаки поражения ОВ общеядовитого действия отражены в табл.13.5.

Таблица 13.5

Признаки поражения и конечный эффект воздействия ОВ общеядовитого действия

Вид поражения	Продолжительность скрытого периода действия	Симптомы и динамика процесса поражения
Ингаляционный	Отсутствует	Ощущение запаха горького миндаля → металлический привкус во рту, царапанье в горле → ярко-розовая окраска кожных покровов → нарушения деятельности ЦНС → остановка дыхания

Отравляющее вещество **удушающего действия** (фосген) влияет на структурные *белки мембран клеток*, *образующих стенки легочных альвеол*. Это приводит к местному повышению проницаемости легочных капилляров и альвеол, в результате нарушается нормальный газообмен в легких.

Признаки поражения и конечный эффект воздействия этого ОВ приведены в табл.13.6.

Отравляющее вещество **психохимического действия** (BZ) угнетает *ферментные комплексы*, *регулирующие процессы передачи нервного возбуждения*. Как следствие, происходит временное нарушение деятельности ЦНС.

Характерные симптомы поражения веществом BZ перечислены в табл.13.7.

Токсические эффекты ОВ **раздражающего действия** (хлорацетофенона, адамсита, CS, CR) обусловлены наличием в составе их молекул активных радикалов хлора, мышьяка, цианистых групп. Воздействуя на *рецепторы чувствительных нервов и ткани слизистых оболочек*, они вызывают микровоспалительные процессы.

Признаки поражения при воздействии ОВ этой группы сведены в табл.13.8.

Таблица 13.6

Признаки поражения и конечный эффект воздействия ОВ удушающего действия

Вид поражения	Продолжительность скрытого периода действия	Симптомы и динамика процесса поражения
Ингаляционный	4…6 ч	Ощущение запаха прелого сена или гнилых яблок → першение и жжение в носоглотке → кашель, одышка → синюшность губ, носа, ушей, конечностей → удушье, возрастание частоты дыхания и учащение пульса → выделение пенистой мокроты → отек легких и угнетение дыхательного центра

Таблица 13.7

Признаки поражения ОВ психохимического действия

Вид поражения	Продолжительность скрытого периода действия	Симптомы и динамика процесса поражения
Ингаляционный	30…60 мин	Расширение зрачков, сухость во рту, учащенное сердцебиение, головокружение, мышечная слабость → ослабление внимания и памяти, снижение реакций на внешние раздражители → потеря ориентации, галлюцинации → развитие негативизма → безумство с периодами частичной или полной потери памяти в течение 1…4 сут.

Таблица 13.8

Признаки поражения ОВ раздражающего действия

Вид поражения	Продолжительность скрытого периода действия	Симптомы и динамика процесса поражения
Ингаляционный	Отсутствует	***При воздействии на органы зрения***: появление острого конъюнктивита → чувство песка в глазах → обильное слезотечение → судорожный спазм век ***При воздействии на органы дыхания***: насморк, чихание → царапающая боль в глотке, слюнотечение → жжение в груди, болезненный кашель *Восстановление работоспособности* через 15...20 мин после выхода из очага заражения

13.2.2. Токсины

Токсинами называют химические вещества **белковой природы** растительного, животного или микробного происхождения, обладающие высокой токсичностью и способные при их применении оказывать поражающее действие на организм человека и животных.

Нередко токсины относят к биологическому оружию, основываясь на том, что продуцентами наиболее эффективных, с военной точки зрения, токсинов являются бактерии. Однако ряд особенностей, присущих данной группе токсичных веществ, дает основание считать токсины одним из современных направлений развития химического оружия. Такими **особенностями**, в частности, следует считать следующие:

- токсины, как и любые химические соединения, могут быть получены *синтетическим путем*;
- в отличие от биологических организмов, токсины *нежизнеспособны* и не могут размножаться в любых условиях;
- токсины *не имеют периода инкубации*, и возможный период их скрытого действия будет зависеть только от полученной дозы вещества и пути его поступления в организм;
- токсинные поражения *не являются инфекционными заболеваниями*, т.е. не передаются другим людям и животным, а сам токсин образуется задолго до его проникновения в организм;
- боевое применение токсинов возможно на основе тех же *принципов* и *способов*, которые характерны для *химического оружия*.

В зависимости от **источника происхождения** различают:

1. **Фитотоксины** – токсины **растительного** происхождения, продуцируемые отдельными растениями.

2. **Зоотоксины** – токсины **животного** происхождения, продуцируемые некоторыми видами животных и входящие в состав яда этих животных.

3. **Микробные токсины**, вырабатываемые многими видами **микроорганизмов** и являющиеся причиной отравлений и заболеваний, в том числе и в быту.

На токсины, как и на ОВ, распространяется **тактическая классификация**, согласно которой они делятся на токсины смертельного действия и токсины, временно выводящие живую силу из строя.

К токсинам **смертельного действия** относится **ботулинический токсин**, имеющий в армии США шифр **XR** (экс-ар).

Вещество XR является наиболее токсичным из всех известных на сегодняшний день смертоносных ядов природного и синтетического происхождения. Например, в отношении ОВ нервно-паралитического действия считается, что для достижения равного поражающего эффекта потребная боевая концентрация XR вдвое ниже соответствующей концентрации VX и в шесть раз – концентрации зарина.

Другим токсином, входящим в систему БТХВ, является **стафилококковый энтеротоксин**, принятый на вооружение армии США в 1975 г. под шифром **PG** (пи-джи).

Поражающее действие PG обусловлено наличием в его составе энтеротоксинов, провоцирующих у пораженных развитие желудочно-кишечных интоксикаций, что приводит к **временному выводу** живой силы из строя. Признаки поражения PG носят характер пищевых отравлений и после периода скрытого действия наступают неожиданно и очень быстро.

Значения токсодоз для указанных токсинов и динамика развития интоксикации организма приведены в табл.13.9 и 13.10, соответственно.

Таблица 13.9

Токсодозы токсинов

Токсин	PD_{50}, мг/кг	ICt_{50}, мг·мин/л	ID_{50}, мг/кг	LCt_{50}, мг·мин/л	LD_{50}, мг/кг
XR	–	10^{-6}	–	$2\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^{-6}$…$4\cdot10^{-5}$
PG	$1\cdot10^{-5}$	0,02	$4\cdot10^{-4}$	–	–

Таблица 13.10

Признаки поражения XR и PG

Токсин	Вид поражения	Продолжительность скрытого периода действия	Симптомы и динамика процесса поражения
XR	Ингаляционный	Часы	Слюнотечение, тошнота, рвота, двоение в глазах → резь в животе, понос → падение кровяного давления, снижение температуры тела → угнетение деятельности ЦНС → паралич дыхательной мускулатуры и сердечной мышцы
PG	Ингаляционный	Минуты	Тошнота → рвота, понос

Следует отметить, что, как и в случае ОВ, значения ингаляционных токсодоз токсинов зависят от физической нагрузки на человека. С увеличением нагрузки возрастает их быстродействие, поскольку усиливается интенсивность дыхания.

13.2.3. Фитотоксиканты

Фитотоксиканты (от греч. *phuton* – растение и *toxikon* – яд) – токсичные химические вещества (рецептуры), предназначенные для поражения различных видов растительности.

В мирных целях фитотоксиканты применяются в соответствующих дозах в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками, для удаления листьев растительности в целях ускорения созревания плодов и облегчения сбора урожая.

Наибольшее военное применение получили **гербициды**, предназначенные для поражения злаковых, овощных культур и травяной растительности. По своим **поражающим возможностям** они подразделяются на *универсально* действующие и воздействующие *избирательно*. В первом случае уничтожаются все виды растений, во втором – их определенные виды.

В качестве табельных фитотоксикантов американская армия во Вьетнаме последовательно на одной и той же площади использовала аэрозоли трех основных рецептур: «оранжевой» (*orange*), «белой» (*white*) и «синей» (*blue*).

«Оранжевая» рецептура предназначена для уничтожения посевов овощных культур и повреждения деревьев и кустарников. Средняя норма расхода составляет 15…50 кг/га. Для уничтожения травяной растительности норма увеличивается.

«Белая» рецептура является гербицидом универсального действия. Для уничтожения лесов достаточно однократной их обработки. Норма расхода составляет 8…15 кг/га.

«Синяя» рецептура обладает ярко выраженными прижигательными свойствами и вызывает высушивание и свертывание листьев. Растения погибают в течении 2…4 сут. Норма расхода для уничтожения сельскохозяйственных культур составляет 3…8 кг/га. Для полного уничтожения растений требуется их повторная обработка.

Все фитотоксиканты являются токсичными для людей и теплокровных животных.

13.3. Средства и способы применения боевых токсичных химических веществ

Как отмечалось выше, в состав химического оружия помимо БТХВ входит система средств их применения. Данная система включает химические боеприпасы и химические боевые приборы.

Химические боеприпасы (ХБ) – боевые средства *однократного* использования (артиллерийские химические снаряды и мины; авиационные химические бомбы и кассеты; химические боевые части ракет; химические фугасы; химические шашки, гранаты и патроны).

Химические боеприпасы артиллерии.

Химические снаряды *ствольной* артиллерии снаряжаются жидкими (зарин, иприт) и твердыми (CS, CR, BZ) ОВ. Химические

боеприпасы *реактивной* артиллерии снаряжаются только жидкими ОВ нервно-паралитического действия (VX, зарин).

Химические снаряды и мины имеют контактные взрыватели, обеспечивающие их взрыв при ударе о преграду. В результате этого у поверхности земли образуется облако, состоящее из пара, аэрозоля и капель ОВ. Химические боеприпасы в снаряжении VX имеют неконтактные взрыватели, с помощью которых их подрыв происходит на высоте 10…20 м от поверхности земли с образованием облака оседающего аэрозоля ОВ.

Применение артиллерией ХБ наиболее вероятно путем проведения внезапных и кратковременных огневых налетов, рассчитанных на поражение живой силы до надевания ею средств индивидуальной защиты.

Авиационные химические бомбы и кассеты.

Авиационные химические ***бомбы*** предназначены для поражения живой силы путем заражения воздуха парами и тонкодисперсными аэрозолями ОВ нервно-паралитического (зарин), раздражающего (CS, CR) или психохимического (BZ) действия.

Авиационные химические ***кассеты*** предназначены для поражения незащищенной живой силы путем рассеивания малогабаритных бомб на площади цели. В зависимости от способа применения они делятся на *сбрасываемые* и *несбрасываемые*. В первом случае кассеты при применении отделяются от самолета и во время падения вскрываются на определенной высоте. Цель поражается в результате выброса и рассеивания кассетных элементов.

Во втором случае авиационные кассеты являются видом химических боеприпасов многократного использования. Принцип их действия основан на серийном выстреливании бомб малого калибра, которыми снаряжается кассетная установка, на предельно малой высоте полета самолета.

Способы боевых действий авиации при применении химических бомб существенно не отличаются от способов нанесения авиационных ударов обычными боеприпасами (построение боевого порядка, серийное сбрасывание бомб и т.д.).

Химические боевые части тактических ракет (ХБЧР).

Они предназначены для поражения живой силы путем заражения воздуха парами зарина.

По конструктивному решению они относятся к средствам поражения кассетного типа, вскрытие корпуса которых происходит в заданной точке траектории полета ракеты. Боевые части ракет раскрываются на высоте 1,5…3 км, и элементы кассет рассеиваются на площади $S = 1$ км^2. При ударе о землю бомбы взрываются, и их содержимое переходит в боевое состояние.

При применении ракет с химической боевой частью предусматривается пуск по объектам размером до 1 км^2 одной-двух ракет. Варьирование высотой вскрытия ХБЧР позволяет управлять степенью поражения объекта с учетом его размеров.

Химические фугасы, ***химические шашки***, ***гранаты и патроны***.

Химические ***фугасы*** предназначаются для поражения живой силы, преодолевающей инженерно-химические заграждения, для ограничения использования важных участков местности, дорог, а также для затруднения проделывания проходов в минных полях и других инженерных заграждениях. Фугасы снаряжаются ипритом (1000 шт. на км) или VX (до 200 шт. на км).

Химические ***шашки***, ***гранаты и патроны*** предназначены для поражения живой силы раздражающими (CS, CR) и временно выводящими из строя (BZ) ОВ в виде аэрозоля.

Химические гранаты и патроны являются средствами поражения ближнего боя и их применение возможно в любой обстановке.

Химические боевые приборы (ХБП) – боевые средства *многократного* применения (выливные авиационные приборы и механические генераторы аэрозолей ОВ).

Выливные авиационные приборы (ВАП).

Они предназначены для поражения живой силы путем заражения воздуха, местности, ВВТ отравляющими веществами VX,

ипритом и вязким зарином. ВАП представляют собой металлические резервуары обтекаемой формы различной вместимости. В основе перевода ОВ в боевое состояние лежит механический способ диспергирования жидкости. Выливание ОВ из прибора происходит на высотах до 100 м под напором встречного потока воздуха или под воздействием автономного источника давления.

При поливке из ВАП образуется горизонтальный линейный источник оседающего аэрозоля. В процессе оседания его частицы (в зависимости от размеров) относятся на разные расстояния, что приводит к образованию значительной по глубине площади заражения.

Характерными объектами для поливки являются районы сосредоточения войск, аэродромы базирования авиации, объекты тыла, а также колонны войск на марше. Выход самолетов на цель предполагается внезапным и незаметным для противника на предельно малых высотах и больших скоростях. Главным условием при этом является нахождение живой силы противника вне укрытий, без средств защиты, с открытыми люками боевых машин.

Механические генераторы аэрозолей (МГА).

Они предназначены для поражения незащищенной живой силы путем заражения воздуха порошками и аэрозолями раздражающих ОВ, токсинами и применения фитотоксикантов. Их устройство включает: резервуар, источник давления и распылительное приспособление. МГА делятся на самолетные, вертолетные, автомобильные, ранцевые и переносные.

Самолетные и вертолетные МГА используются для применения токсинов и фитотоксикантов. Во Вьетнаме разбрызгивание рецептур с самолетов осуществлялось авиационными распыливающими устройствами с баком вместимостью 1250 л, снабженным насосом, воздушной турбиной и распылительным соплом. Для вертолетов использовался бак вместимостью 890 л. Высота полета самолетов и вертолетов составляла десятки метров над заражаемыми поверхностями. Скорость полета не превышала 100…200 км/ч.

Автомобильные, ранцевые и переносные МГА (распылители) используются для поражения живой силы раздражающими ОВ в траншеях, укрытиях, туннелях, в зданиях и подвалах.

Бинарные химические боеприпасы и боевые приборы.

Все страны, обладающие химическим оружием, за исключением США и России, владеют *унитарными* боевыми химическими средствами, т.е. снаряженными одним видом готового ОВ. В 60-е годы в США началась разработка *бинарных* химических боеприпасов. Термин «бинарный» означает «состоящий из двух частей». В основе этих боеприпасов лежит принцип отказа от использования готового ОВ, произведенного промышленным способом. Конечная стадия технологического процесса получения ОВ перенесена в сам боеприпас. Эта стадия должна осуществляться за короткое время после выстрела снаряда, пуска ракеты или сбрасывания бомбы с самолета. Технически это реализуется путем помещения в боеприпас (боевой прибор) двух нетоксичных химических компонентов, изолированных друг от друга.

Разрушение перегородок и днищ контейнеров достигается за счет динамической нагрузки при выстреле (снаряд) или использовании пиропатронов (авиационная бомба, ВАП), а интенсивное перемешивание компонентов – за счет вращения снаряда или использования мешалок.

Конструкция бинарного артиллерийского снаряда приведена на рис.13.2.

Несмотря на сложность конструкций бинарных боеприпасов и их большую, по сравнению с унитарными, стоимость, они, по взглядам военного руководства США, обладают рядом **преимуществ**, к которым следует отнести:

– упрощение и удешевление технологий производства исходных компонентов, поскольку бинарные смеси – продукты обычных химических реакций;

– решение проблемы создания запасов длительного хранения и транспортировки ХО на большие расстояния с использованием всех видов транспортных средств;

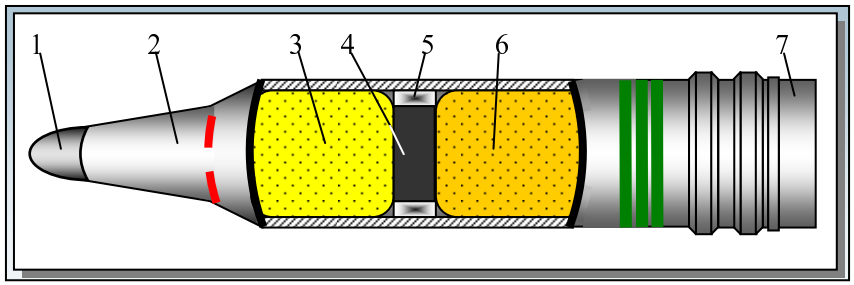


Рис.13.2. Бинарный артиллерийский снаряд:
1 – головной взрыватель; 2 – корпус снаряда;
3 и 6 – контейнеры с химическими компонентами;
4 – свободное пространство; 5 – разрывные диски;
7 – донная крышка

– возможность приближения ХО к действующим войскам, накопления необходимого количества боеприпасов на армейских складах, а также непосредственно на огневых позициях ракетных войск и артиллерии, аэродромах базирования авиации;

– замаскированность производства и создания запасов бинарных ОВ.

Таким образом, бинарные боеприпасы являются разновидностью традиционного ХО, в которой для получения ОВ используются новые технические принципы.

13.4. Основы защиты от химического оружия

Основная **цель** защиты от ХО заключается в **обеспечении требуемой боеспособности войск** путем *предотвращения* или *максимального снижения* потерь при выполнении задач в условиях химического заражения.

К основным **методам** защиты от ХО относятся:

- перекрытие основных путей проникновения БТХВ в организм;

- изоляция личного состава от воздействия БТХВ в зонах заражения;
- снижение чувствительности организма к токсическому действию ОВ;
- нейтрализация (обезвреживание) БТХВ.

Перекрытие основных путей проникновения БТХВ в организм достигается применением ***средств индивидуальной защиты***: средств защиты органов дыхания (при ингаляционном воздействии) и средств защиты кожи (при кожно-резорбтивном). В этом случае СИЗ играют роль своеобразных «экранов», максимально *снижающих* потери личного состава.

Изоляция личного состава от воздействия БТХВ в зонах заражения предусматривает использование ***средств коллективной защиты***. К СКЗ относятся специально оборудованные инженерные сооружения и подвижные объекты, предназначенные для групповой защиты личного состава от всех видов БТХВ в их любом боевом состоянии. Специальное оборудование СКЗ обеспечивает длительное пребывание в них личного состава без СИЗ. Следовательно, СКЗ решают задачу *предотвращения* потерь личного состава.

Снижение чувствительности (повышение устойчивости) организма к токсическому действию ОВ достигается путем применения *профилактических* и *лечебных* медикаментозных средств, называемых ***антидотами***. Эти средства входят в состав индивидуальной медицинской аптечки АИв-01. Основным назначением антидотов является снижение токсического действия ОВ на человека и, тем самым, повышение его устойчивости (снижение чувствительности) к ОВ, попавшим в организм.

Нейтрализация БТХВ заключается в изменении структуры их молекул химическим путем. Для этих целей используют растворы химических веществ, позволяющих в результате химических реакций обезвредить БТХВ с образованием нейтральных продуктов этих реакций. На практике осуществляется способами

проведения ***санитарной обработки*** личного состава, подвергшегося *непосредственному* заражению, и ***специальной обработки***, называемой ***дегазацией***, ВВТ, сооружений, местности (для исключения поражения *в результате контакта* с зараженными поверхностями).

13.5. Конвенция по химическому оружию

В 1992 г. на сессии Генеральной ассамблеи ООН более 140 государств одобрили резолюцию о согласии с проектом международной «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении» (**КХО**). К 1993 г. КХО подписали более 170 государств и в 1997 г. она вступила в силу, став международным законом. После этого весь режим контроля за ее соблюдением повсеместно осуществляет Организация по запрещению химического оружия (**ОЗХО**) со штаб-квартирой в Гааге.

В соответствии с «Конвенцией»:

1. Государства-участники обязуются не разрабатывать, не производить, не приобретать, не накапливать, не применять химическое оружие (пять «не»). Запрещается применение гербицидов (фитотоксикантов) в военных целях и ОВ – в полицейских.

2. Обеспечивается полная всеобъемлющая информация обо всем, что имеет прямое или косвенное отношение к ХО. Государства, имеющие ХО, представляют планы его ликвидации и объектов по производству ОВ в ОЗХО.

3. Процесс уничтожения ХО должен быть закончен через 10 лет после вступления КХО в силу, т.е. к 2007 г. При необходимости сроки уничтожения продлеваются еще на 5 лет (до 2012 г.).

4. Предусмотрены меры контроля (и инспекции) над уничтожением ХО, осуществляемые инспекторами ОЗХО.

5. К незапрещенной деятельности относится все, связанное с созданием средств защиты от ХО, вплоть до их использования и передачи другим странам.

В КХО установлены три категории ХО, подлежащего уничтожению:

I – снаряженные ОВ химические боеприпасы и ОВ, хранящиеся в емкостях и предназначенные для снаряжения ХБ и ХБП.

II – резервные ОВ (синильная кислота, фосген и др.) и старое ХО, произведенное до 1946 г.

III – неснаряженные боеприпасы и приборы, а также оборудование, специально предназначенное для обеспечения применения ХО (корпуса ХБ, взрыватели и разрывные заряды).

Химическое оружие II и III категорий должно было быть уничтожено к 2002 г., а процесс уничтожения ХО I категории разделен на четыре этапа с отсчетом от 29 апреля 1997 г. (табл.13.11).

Таблица 13.11

Сроки реализации программы химического разоружения

Срок	3 года (2000 г.)	5 лет (2002 г.)	7 лет (2004 г.)	10 лет (2007 г.)
Уничтоженный запас, %	1	25	40	100

К 2004 г. шесть стран (Россия, США, Индия, Албания, Ливия, Южная Корея) объявили о своих запасах ХО I категории (в совокупности более 70 тыс. т ОВ, содержащихся более чем в 8 млн боеприпасов и контейнеров). К 2008 г. Индия, Албания и Южная Корея полностью уничтожили свои запасы; Ливия объявила об окончательном уничтожении своего ХО в 2010 г.; США выполнили обязательства по КХО третьего этапа (к 2004 г. – 40 %).

Россия подписала «Конвенцию» в январе 1993 г. и ратифицировала ее в ноябре 1997 г. Общее количество ОВ в России составляло около 40 тыс. т (из них около 80 % – в снаряженных боеприпасах). Готовность России приступить к выполнению взятых обязательств по КХО отражена в целевой Федеральной программе «Об уничтожении запасов химического оружия в Российской Федерации», утвержденной Правительством РФ в марте 1996 г.

(с поправками 2001 г.). В соответствии с этой программой, запасы ХО второй и третьей категории были уничтожены Россией в сроки, установленные КХО (т.е. до 29 апреля 2002 г.). Однако по экономическим соображениям сроки уничтожения ХО первой категории оказались нереальными. В редакции Федеральной программы (2001) эти сроки уточнены и спланированы по следующим этапам (табл.13.12).

Таблица 13.12

Сроки уничтожения запасов химического оружия в Российской Федерации

Срок	2003 г.	2007 г.	2008 г.	2012 г.
Уничтоженный запас, %	1	25	45	100

В 2003 г. конференция стран КХО согласилась с предложениями России. К апрелю 2009 г. ею было уничтожено 31 % запасов ОВ, а к концу 2009 г. предполагалось уничтожить 45 %. Таким образом, несмотря на некоторое отставание России в выполнении обязательств по КХО, к 2012 г. мир в целом должен существовать без химического оружия в традиционном его понимании.

Значение «Конвенции» заключается в том, что в ней впервые в истории создан **проверяемый документ**, запрещающий разработку, производство и применение химического оружия. Иными словами, в соответствии с КХО, не только уничтожается существующий целый вид ОМП, но и не допускается его воссоздание в будущем.

13.6. Химическое оружие несмертельного действия

По взглядам военных специалистов США, по мере уничтожения традиционного ХО все бóльшую роль в будущих войнах будут играть химические средства несмертельного действия.

Как и другие виды оружия несмертельного действия, ОНД на основе химических технологий представляет собой рецептуры, **предназначенные** для снижения боеспособности личного состава, а также нарушения нормального функционирования ВВТ.

Министерство обороны США предъявляет к этим ОНД следующие **требования**:

- быстрота достижения необходимого эффекта;
- безопасность для населения и окружающей природной среды (ОПС);
- соответствие положениям «Конвенции» 1993 г.

Для снижения боеспособности личного состава ведется разработка новых *физиологически активных веществ* (ФАВ), приводящих к временному выводу людей из строя путем их воздействия на психику человека. Эти ФАВ могут быть применены в аэрозольном состоянии, вызывая понижение умственной работоспособности; нарушения эмоциональных процессов (депрессию, чувство страха, боязнь темноты, панику и т.д.); нереальное восприятие действительности и непредсказуемость поведения. Из множества препаратов, обладающих таким воздействием на человека, исследуются отдельные представители, эффективные в дозах 0,01…0,001 мг/кг.

Перспективной областью поиска ФАВ новых типов является исследование свойств биорегуляторов с широким спектром действия, который получил название «фактор активации тромбоцитов» (ФАТ). Вещества данного типа могут выступать в качестве возбудителей аллергических процессов, изменять ряд параметров функций дыхания и сердечной деятельности в результате тромбообразования. В настоящее время известно большое количество высокоэффективных активаторов ФАТ различной структуры.

Большой интерес зарубежных военных специалистов вызывает исследование свойств токсинов природного происхождения, которые могут применяться как вещества временно выводящего действия.

Формально все ФАВ не являются ОВ и поэтому под действие «Конвенции» не попадают, однако они могут производиться

скрытно под прикрытием направления работ по поиску ФАВ, не являющихся запрещенными:

– в целях мирного использования в фармацевтической и других отраслях промышленности, в сельском хозяйстве и т.д.;

– в областях, связанных с защитой от ХО;

– в полицейских целях при подавлении массовых беспорядков внутри страны.

Другим направлением использования химического ОНД является исследование веществ, **нарушающих нормальное функционирование ВВТ**, а также **затрудняющих ее эксплуатацию** личным составом.

В качестве примеров рецептур, ***воздействующих на ВВТ***, можно привести следующие.

1. Жидкие (аэрозольные) «ослабители» металлов, которые химическим путем меняют их молекулярную структуру, глубоко проникая в металлическую среду и нарушая ее механические свойства.

Объектами поражения могут стать самолеты, вертолеты, автомобили, железнодорожные составы, мосты, несущие конструкции которых в процессе эксплуатации будут подвержены быстрому разрушению.

2. Вещества с кислотными свойствами более сильными, чем у плавиковой кислоты. Способом их боевого применения является распыление на дороги, взлетно-посадочные полосы (ВПП), строения, в результате чего повреждается поверхность дорог, ВПП, наблюдается резкий износ автомобильных шин, шасси самолетов, подошв ботинок и т.д.

3. Вещества, нарушающие силы сцепления. Эта технология включает в себя полный спектр суперскользких веществ, позволяющих сделать проезд почти невозможным.

Объектами воздействия таких веществ являются ВПП, автомобильные и железные дороги, улицы городов.

4. Вещества, изменяющие характеристики топлива, препятствуя его нормальному сжиганию при попадании в цилиндры двигателей внутреннего сгорания или наоборот, резко повышая октановое число топлива, что может привести к его детонации и выходу двигателя из строя.

5. Электропроводящие дымы, способные вызвать короткие замыкания в электроцепях, отключение электроснабжения, воспрепятствование созданию искры в свечах зажигания двигателей и т.п. Эти дымы полностью безвредны для человека.

К рецептурам, ***затрудняющим эксплуатацию ВВТ***, относятся:

1. Пенообразующие средства твердеющего, клейкого и водянистого типов. Твердеющие и клейкие пены сковывают действия человека, не представляя для него опасности, водянистые – имеют целью создание труднопреодолимых преград для пешего личного состава.

2. Затемняющие средства, распыление которых делает прозрачную поверхность непрозрачной (кабины вертолетов и автобронетанковой техники, оптоэлектронику и т.п.).

Применение всех перечисленных рецептур возможно при помощи соответствующих средств, используемых в современном ХО.

Глава 14
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

14.1. Назначение биологического оружия и его особенности

Биологическим оружием (БО) называется оружие, поражающее действие которого основано на использовании болезнетворных свойств биологических средств (БС).

Биологические средства – это специально отобранные для боевого применения **биологические поражающие агенты** (БПА), способные в случае проникновения в организм людей, животных или в растения вызывать тяжелые инфекционные заболевания.

В большинстве своем БПА не обладают достаточной устойчивостью к воздействию факторов внешней среды при хранении и боевом применении. Поэтому предполагается их использовать не в «чистом виде», а в составе специально приготовленных биологических рецептур.

Биологическая рецептура (БР) – смесь БПА и различных препаратов (наполнителей и стабилизирующих добавок), обеспечивающих биологическому агенту наиболее благоприятные условия для сохранения его жизненной и поражающей способностей.

Для доставки БС к объектам поражения и непосредственного воздействия по ним используется **система средств применения** биологических рецептур (см. п.14.3).

Биологическое оружие является оружием оперативно-стратегического назначения и применяется для массового поражения войск и населения, ослабления военно-экономического потенциала, дезорганизации системы государственного и военного управления, срыва и затруднения мобилизационного развертывания Вооруженных сил и перегруппировок войск, нарушения работы Тыла.

Объектами применения БО могут являться:

– административно-политические и военно-промышленные центры;

– группировки войск, крупные военные объекты, военно-морские базы;

– обширные районы интенсивного животноводства и земледелия.

Таким образом, применение БО может вызвать совокупное воздействие на все компоненты государственной инфраструктуры, накопление деструктивных изменений в которых, в конечном итоге, может привести к поражению противоборствующей стороны.

Биологическое оружие имеет ряд характерных **особенностей**. К ним относят:

1. Высокую боевую эффективность, обусловленную возможностью поражения объектов на площади в сотни кв. км с использованием только одного средства боевого применения.

2. Наличие скрытого периода продолжительностью от нескольких часов до нескольких недель, в течении которого войска сохраняют боеспособность и могут быть использованы для решения боевых задач.

3. Избирательность действия на человека, животных или растения с возможностью выбора достигаемого эффекта.

4. Возможность скрытного применения.

5. Сильный психологический эффект из-за естественного страха человека перед тяжелыми или необычными инфекционными заболеваниями, возможность обратного действия с поражением своих войск.

14.2. Биологические поражающие агенты

Биологические поражающие агенты составляют *основу* биологического оружия.

К БПА относят отдельные виды **болезнетворных микроорганизмов** – возбудителей наиболее опасных инфекционных заболеваний. Эти возбудители чрезвычайно малы по размерам, не имеют цвета, запаха, вкуса и поэтому не определяются органами чувств человека. Общие свойства БПА приведены в табл.14.1.

В настоящее время различают три поколения в развитии БПА.

Первое поколение – на *природных* БПА, составляющих основу «традиционного» БО.

В зависимости от размеров, строения и биологических свойств эти БПА подразделяются на классы, из которых наибольшее значение имеют бактерии, риккетсии и вирусы.

Бактерии представляют собой разнообразные одноклеточные микроорганизмы с размерами от 0,5 до 8…10 мкм. Под воздействием прямых солнечных лучей, дезинфицирующих веществ и высокой температуры (свыше 60° С) бактерии быстро погибают. К низким температурам малочувствительны и свободно переносят замораживание до –25° С и ниже.

Таблица 14.1

Общие свойства БПА иностранных армий

Классификационный признак	Характеристики признака		
Характер поражения	Смертельные	Временно выводящие из строя	Выводящие из строя на неограниченный срок
Возможность передачи возбудителя	Высококонтагиозные	Контагиозные	Неконтагиозные
Продолжительность инкубационного периода	Быстродействующие	Отсроченного действия	Замедленного действия
Устойчивость во внешней среде	Малоустойчивые	Относительно устойчивые	Высоко устойчивые
Число БПА в БР	Одноагентные		Полиагентные
Агрегатное состояние	Жидкие		Сухие

Бактерии являются причиной многих тяжелых инфекционных заболеваний человека и животных, таких как чума, сибирская язва, холера, сап и др.

Своеобразным видом бактериеподобных микроорганизмов являются риккетсии.

Риккетсии – это небольшие, размером от 0,4 до 1 мкм одноклеточные организмы. Риккетсии достаточно устойчивы к высушиванию, замораживанию, действию относительно высоких (до 50…60° С) температур. Они являются причиной таких тяжелых инфекционных заболеваний человека, как сыпной тиф, Ку-лихорадка, пятнистая лихорадка Скалистых гор и др.

Вирусы – самые мелкие живые микроорганизмы (от 0,02…0,4 мкм), не имеющие клеточной структуры. Большинство из них недостаточно устойчивы к различным факторам внешней среды: плохо переносят высушивание, солнечный свет (особенно ультрафиолетовые лучи), а также температуру выше 60° С и действие дезинфицирующих веществ. Вирусы являются причиной многих тяжелых и опасных заболеваний человека, сельскохозяйственных животных и растений (натуральная оспа, различные тропические лихорадки, энцефалит лошадей и др.).

БПА первого поколения вызывают обширные эпидемии и одинаково опасны для воюющих сторон. Поэтому, по мнению западных военных специалистов, их применение маловероятно.

Второе поколение БПА характеризует современное состояние БО, связанное с созданием БПА на основе *генетически измененных микроорганизмов* (в основном вирусов) *природного характера*. Они имеют повышенную инфекционную опасность (вирулентность), устойчивость к действию внешних факторов и лекарственных препаратов. Примерами природно-модифицирован-ных микроорганизмов являются вирусы, вызывающие заболевания ящуром, птичьим и свиным гриппом.

Третье поколение связано с созданием принципиально новых поражающих агентов с ранее неизвестными свойствами, основанными на технологии рекомбинантной ДНК, трансгенозе, генотерапии, конструировании трансгенных животных и растений. Эти агенты отличаются от предыдущих поколений тем, что представляют собой «*неживую*» *композицию* из носителя, специфически взаимодействующего с клеткой-мишенью, и трансгена, способного к интеграции и экспрессии в геноме человека (рис.14.1). Данные конструкции, проникая в клетки и распадаясь в них, высвобождают ДНК трансгена.

БПА третьего поколения не относятся ни к бактериям, ни к вирусам, ни к ОВ и токсинам, а потому не попадают под действие запретительных международных соглашений. Их действие осуществляется через генетический аппарат клетки. Особенно опасны конструкции, наделенные свойством передачи поражающего фактора по наследству. Неинфекционный характер поражения обесценивает все наработанные способы и средства обнаружения, профилактики и лечения инфекционных заболеваний.

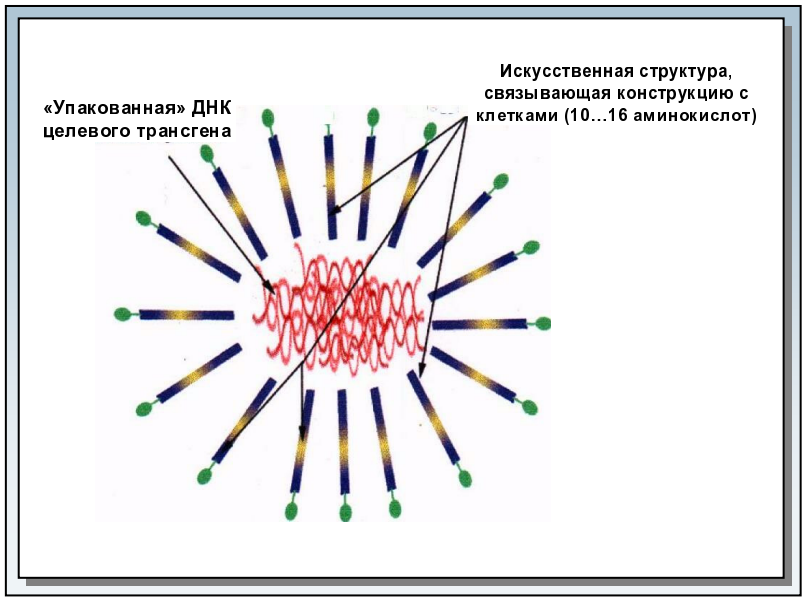


Рис.14.1. Схема синтетической «безагентной» генетической конструкции

14.3. Средства и способы применения биологического оружия

По мнению зарубежных специалистов, эффективность действия БО зависит не только от поражающих способностей БПА, но в значительной степени и от правильного выбора способов и средств их применения.

Способы боевого применения БПА зависят от путей их проникновения в естественных условиях в организм человека. Основными **путями** являются следующие:

– через органы дыхания с воздухом – *аэрозольный*;

– через неповрежденную кожу в результате укуса зараженными кровососущими насекомыми – *трансмиссивный*;

– через пищеварительный тракт с пищей и водой – *алиментарный.*

За рубежом были предложены и всесторонне исследованы следующие **способы применения** БР:

1. Распыление для заражения приземного слоя воздуха частицами аэрозоля – *аэрозольный*.

2. Рассеивание в районе объекта поражения искусственно зараженных БПА кровососущих переносчиков – *трансмиссивный*.

3. Заражение БПА воздуха и воды в замкнутых пространствах при помощи диверсионного снаряжения – *диверсионный*.

Аэрозольный способ рассматривается в качестве основного наиболее эффективного, так как он позволяет внезапно и скрытно заражать на больших площадях приземные массы воздуха, местность, ВВТ, живую силу, находящуюся как на открытой местности, так и в негерметизированных сооружениях и объектах.

Перевод БР в аэрозоль осуществляется двумя основными **методами**: силой взрыва биологического боеприпаса и с помощью распылительных устройств.

К **биологическим боеприпасам** относятся ***авиационные биологические бомбы*** и ***боевые части*** оперативно-тактических и крылатых ***ракет***.

Эти боеприпасы являются боеприпасами кассетного типа, снаряженными биологическими бомбами малого калибра от нескольких десятков до нескольких сотен штук. Рассеивание этих бомб позволяет одновременно и равномерно накрыть биологическими аэрозолями большие площади.

В **распылительных устройствах** перевод рецептуры в аэрозоль осуществляется либо под воздействием сжатого инертного газа (в механических генераторах аэрозолей), либо набегающим воздушным потоком (в выливных авиационных приборах).

Распылительные устройства, устанавливаемые на пилотируемых и беспилотных летательных аппаратах, позволяют создавать на определенных высотах облако зараженной атмосферы, которое, дрейфуя и постепенно оседая, способно заражать приземные воздушные массы над значительной по площади территорией. На ровной открытой местности распространение аэрозоль-

ного облака происходит равномерно. Все другие рельефы местности в той или иной степени увеличивают рассеивание облака и, следовательно, уменьшают район заражения.

Трансмиссивный способ заключается в преднамеренном рассеивании в заданном районе искусственно зараженных БПА кровососущих переносчиков с помощью ***авиационных бомб*** и ***контейнеров*** специальной конструкции.

Способ основан на том, что многие из существующих в природе кровососущих легко воспринимают, длительно сохраняют, а затем через укусы передают возбудителей ряда заболеваний, опасных для человека и животных. Применение искусственно зараженных переносчиков наиболее вероятно при температурах воздуха более 15° С и природных условиях, близких к их естественному обитанию. Вследствие этого трансмиссивный способ рассматривается как вспомогательный.

Диверсионный способ заключается в преднамеренно скрытном заражении БПА замкнутых пространств (объемов) воздуха и воды, а также продовольствия, используемых непосредственно, без дополнительной очистки (обработки).

Данный способ осуществляется с помощью ***малогабаритного диверсионного снаряжения*** (портативных генераторов аэрозолей, распыливающих пеналов и т.п.). Это позволяет в определенный момент осуществить *заражение воздуха* в местах массового скопления людей: в метрополитене, в залах крупных общественно-культурных и спортивных центров, вокзалов, аэропортов, а также в помещениях и объектах, имеющих важное государственное и военное значение. Возможно также *заражение воды* в городских водопроводных сетях, колодцах, для чего могут быть использованы возбудители чумы, холеры, брюшного тифа.

Кроме того путем диверсий могут быть распространены искусственно зараженные кровососущие переносчики – для заражения домашних животных и насекомые – вредители сельскохозяйственных культур.

14.4. Основы защиты от биологического оружия

Защита от БО по применяемым методам и способам во многом аналогична защите от ХО. Специфика же защиты от БО определяется характером его поражающего воздействия.

Основная **цель** защиты от БО заключается в **обеспечении требуемой боеспособности войск** путем *предотвращения* или *максимального снижения* потерь при выполнении задач в условиях биологического заражения.

К основным **методам** защиты от БО относятся:

- перекрытие путей проникновения БР в организм;
- изоляция личного состава от воздействия БПА в зонах заражения;
- снижение чувствительности организма к инфицирующему (заражающему) действию БПА;
- обезвреживание БР и уничтожение членистоногих и грызунов, являющихся переносчиками возбудителей инфекционных заболеваний.

Перекрытие путей проникновения БР в организм достигается применением ***средств индивидуальной защиты***: средств защиты органов дыхания (при аэрозольном пути воздействия) и средств защиты кожи (при трансмиссивном). Кроме того, СЗК играют роль защитных «экранов» при контакте личного состава с зараженными поверхностями сооружений, объектов и ВВТ. Таким образом, применение СИЗ, как и в случае защиты от ХО, направлено на максимальное *снижение* потерь личного состава.

Изоляция личного состава от воздействия БПА в зонах заражения, по аналогии с защитой от ХО, обеспечивает *предотвращение* потерь личного состава. Она достигается путем использования ***средств коллективной защиты***.

Снижение чувствительности организма к инфицирующему действию БПА достигается путем *вакцинации* личного состава (специфической профилактики) или *общей* и *специальной экстрен-*

ной профилактики, направленной на предупреждение заболеваний людей в случае заражения. Препараты общей экстренной профилактики входят в состав индивидуальной медицинской аптечки АИв-01.

Обезвреживание БР заключается в проведении ***санитарной обработки*** личного состава и ***дезинфекции*** ВВТ, сооружений, местности. Для уничтожения членистоногих и грызунов проводят ***дезинсекцию*** и ***дератизацию***, соответственно.

Дополнительно к рассмотренным методам защиты от БО вводится **ограничение** общения личного состава с населением и другими войсками путем применения изоляционно-ограничительных мероприятий (***обсервации*** или ***карантина***).

14.5. Конвенция по биологическому оружию

В декабре 1971 г. резолюцией Генеральной ассамблеи ООН была одобрена «Конвенция о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении» (в дальнейшем по тексту КБТО). «Конвенция» является бессрочной. В соответствии с КБТО каждое государство-участник обязуется:

1. Никогда, ни при каких обстоятельствах не разрабатывать, не производить, не накапливать, не приобретать каким-либо иным образом и не сохранять:

– микробиологические или другие биологические агенты или токсины таких видов и в таких количествах, которые не предназначены для профилактических, защитных или других мирных целей независимо от их происхождения или метода производства;

– оружие, оборудование или средства доставки, предназначенные для использования таких агентов или токсинов во враждебных целях или в вооруженных конфликтах.

2. Не передавать кому бы то ни было прямо или косвенно, не помогать, не поощрять и не побуждать какое-либо государство

(группу государств) или международные организации к производству или приобретению любых агентов, токсинов, оружия или средств доставки, указанных в п.1.

3. Уничтожить или переключить на мирные цели как можно скорее, но не позднее 9 месяцев после вступления КБТО в силу, все агенты, токсины, оружие и средства доставки, которыми они обладают или которые находятся под их юрисдикцией или контролем.

Ключевой позицией КБТО является обязательство предоставлять или оказывать помощь любому участнику «Конвенции», если он подвергся опасности в результате ее нарушения.

«Конвенция» не запрещает обмена оборудованием, материалами, научно-технической информацией об использовании биологических средств и токсинов в мирных целях.

«Конвенция» была открыта для подписания в 1972 г. и вступила в силу в 1975 г. В КБТО принимает участие 171 страна, из них 16 государств подписали «Конвенцию», но не ратифицировали (Египет, Сирия, Ливия и др.). 23 страны ее не подписали. Для осуществления контроля выполнения условий «Конвенции» специальная международная структура (аналог ОЗХО) не была учреждена, однако вопросы соблюдения соглашений решаются на международных конференциях по проблемам КБТО, которые собираются один раз в 5 лет.

Несмотря на вступление в силу КБТО, она не запрещает исследовательские работы, имеющие защитную направленность. Существующие же механизмы контроля выполнения ее положений при деятельности НИИ, организаций и биологических производств, не позволяют однозначно отличить разработки по созданию нового БО от работ по защитной тематике.

Исследования в области биотехнологий могут быть использованы как для совершенствования средств медицинской защиты от БПА, так и для создания запасов таких агентов, а также получения агентов с заданными свойствами. Существующие в настоящее время в развитых западных странах промышленные аппара-

турно-технологические линии для приготовления и хранения биопрепаратов позволяют в угрожаемый период организовать производство и накопление БО в течение нескольких месяцев.

В соответствии с положениями «Конвенции» в России предусматривается уголовное преследование (Закон РФ от 29.04.1993 г. № 4901-1): за применение биологического оружия (ст. 67.1) – лишение свободы на срок от 10 до 15 лет; за разработку, производство, приобретение, хранение, сбыт и транспортировку (ст. 67.2) – лишение свободы на срок от 3 до 10 лет.

14.6. Биологическое оружие несмертельного действия

Современные успехи в области молекулярной биологии и генной инженерии предоставляют значительные возможности как по модификации известных, так и для получения новых биологических агентов. По мнению зарубежных военных специалистов, подобные агенты могут быть использованы для создания биологического ОНД, предназначенного для воздействия на личный состав и на ВВТ.

В результате воздействия на генетический аппарат микроорганизмов могут быть получены генетически модифицированные микроорганизмы (ГММ), которые способны продуцировать токсины и яды, и в то же время являются устойчивыми к антибиотикам. ГММ имеют измененные иммунологические свойства, их индикация и идентификация затруднена, а методы диагностики не разработаны. Это может привести к созданию биологических агентов несмертельного действия **для временного вывода из строя живой силы**.

По мнению западных военных специалистов, практически все природные или искусственно созданные материалы подвержены процессам биодеградации, биокоррозии, микробиологического обрастания и являются потенциально уязвимыми от разрабатываемых биологических агентов. Такие агенты являются перспективными в плане разрушающего воздействия на **вооружение** и **военную технику** и могут быть использованы в следующих ***целях***:

– нарушения целостности покрытия автомобильных дорог и взлетно-посадочных полос аэродромов;

– разрушения конструкционных материалов, входящих в состав ВВТ, и взрывчатых веществ;

– вывода из строя транспортных средств путем воздействия на горюче-смазочные материалы (превращение их в гель);

– разрушения покрытий, снижающих заметность объектов и техники в радиочастотном диапазоне.

Как правило, природные микроорганизмы действуют крайне медленно и требуют специфических условий для эффективного протекания биопроцессов. В связи с этим, основные перспективы связывают с созданием ГММ с более активными деструктивными в отношении материалов свойствами. В частности, в США получены микроорганизмы, способные разрушать полиуретан, входящий в состав покрытий военной техники. Выделено несколько микроорганизмов, способных разрушать тротил. Исследуется возможность использования ГММ для разрушения углеводородов, пластмасс, каучука, металлов, а также промышленных химических веществ.

РАЗДЕЛ IV. ЗАЖИГАТЕЛЬНОЕ ОРУЖИЕ

Глава 15
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЖИГАТЕЛЬНОГО ОРУЖИЯ

15.1. Назначение зажигательного оружия и его особенности

Зажигательным оружием (ЗЖО) называется оружие, поражающее действие которого основано на использовании зажигательных веществ (ЗВ) и смесей (ЗС).

Зажигательные вещества и **смеси** – это специально подобранные вещества или смесь веществ, способных воспламеняться и устойчиво гореть с выделением большого количества тепловой энергии.

Для доставки ЗВ и ЗС к цели и перевода их в боевое состояние используется **система средств боевого применения** ЗВ и ЗС (см. п.15.3).

Зажигательное оружие применяют в **целях**:

– поражения живой силы противника;

– уничтожения объектов, ВВТ, запасов материальных средств;

– для создания пожаров в районах боевых действий.

К **особенностям** ЗЖО можно отнести следующие.

1. Многообразие поражающего действия, заключающееся в:

• ожоговом действии по отношению к кожным покровам и дыхательным путям человека;

• нагревании и насыщении атмосферы закрытых помещений токсичными и другими, вредными для обитания человека, продуктами горения;

• механическом воздействии на человека огненных штормов и вихрей при массовых пожарах;

• поджигающем действии по отношению к горючим материалам обмундирования, СИЗ, ВВТ, сооружений и т.п.;

• прожигающем действии по отношению к горючим и негорючим материалам и металлам.

Часто эти факторы проявляются одновременно, а степень их выраженности зависит от вида применяемого ЗВ (ЗС) и его количества.

2. Сильное деморализующее и морально-психологическое воздействие на живую силу, понижающее ее способность к активным действиям.

В соответствии с решением конференции ООН (Женева, 1980) по ограничению применения зажигательного оружия по мирному гражданскому населению, ее Протоколом **запрещено** применение ЗЖО по гражданскому населению и гражданским объектам.

15.2. Зажигательные вещества и смеси

Зажигательные вещества и смеси подразделяют на следующие основные **группы**:

1. Зажигательные смеси на основе нефтепродуктов.

2. Самовоспламеняющиеся зажигательные смеси.

3. Металлизированные зажигательные смеси.

4. Термит.

5. Белый фосфор.

6. Электрон.

Зажигательные смеси на основе нефтепродуктов (***напалмы***).

Наиболее распространенный вид смесей, способных поражать живую силу и поджигать горючие материалы.

Смеси могут быть загущенными (вязкими) и незагущенными.

Загущенные смеси – вязкие студнеобразные липкие массы, состоящие из бензина или другого углеводородного горючего, смешанного в определенном соотношении с различными загустителями. Загустители придают смесям определенную вязкость, что позволяет им легко прилипать к горизонтальным и вертикальным поверхностям, а также к СИЗ или обмундированию личного состава.

Незагущенные смеси готовятся из бензина, дизельного топлива и смазочных масел. Они обладают легкой воспламеняемостью.

Смеси на основе нефтепродуктов горят только в присутствии кислорода. Они легко воспламеняются и трудно поддаются удалению и тушению. Смеси легче воды и на ее поверхности образуют горящую пленку. При горении напалмы развивают температуру порядка 1000…1200° С.

Самовоспламеняющиеся зажигательные смеси.

Обладают способностью самовоспламеняться на воздухе, а также на влажных поверхностях или на снегу за счет добавок калия, натрия, магния и фосфора. При горении развивают температуру 1100…1300° С, плохо поддаются тушению водой.

Металлизированные зажигательные смеси (***пирогели***).

Состоят из нефтепродуктов (бензина, керосина) с добавками порошкообразного магния или алюминия, жидкого асфальта и тяжелых масел. Введение в состав пирогелей горючих материалов обеспечивает повышение температуры горения (до 1600…2000° С) и придает этим смесям **прожигающую** способность (вплоть до тонких листов металла). Время горения составляет 1…3 мин. В отличие от напалмов – эти смеси тяжелее воды.

Так же как и напалмы, пирогели хорошо прилипают к различным поверхностям ВВТ, СИЗ, обмундированию и телу человека.

Термит (***термитные составы***).

Прессованная смесь порошкообразных окислов железа с алюминием. При горении термитов и термитных составов тепловая энергия выделяется в результате взаимодействия окисла железа с алюминием, образуя жидкий расплавленный шлак с температурой около 3000° С. Термитные составы способны гореть **без доступа кислорода воздуха** и **прожигать** железо и сталь.

Белый фосфор.

Твердое воскообразное ядовитое вещество. На воздухе фосфор самовоспламеняется и поэтому хранится под слоем воды. Горит с выделением большого количества едкого белого дыма, развивая температуру до 1000° С.

Электрон.

Слав магния (96 %), алюминия (3 %) и других элементов (1 %) воспламеняется при температуре 600° С и горит ослепительно белым или голубоватым пламенем, развивая температуру до 2800° С.

15.3. Средства и способы боевого применения зажигательных веществ и смесей

К **средствам** боевого применения ЗВ и ЗС относятся:

– авиационные зажигательные боеприпасы;

– артиллерийские зажигательные (зажигательно-дымообразующие) боеприпасы;

– огнеметы;

– огневые фугасы, гранаты, патроны и шашки.

Авиационные зажигательные боеприпасы делятся на два класса:

1. Зажигательные бомбы, снаряженные термитными составами (малый калибр) или пирогелями (средний калибр).

2. Зажигательные бомбы (баки) крупного калибра, снаряженные напалмом.

Зажигательные бомбы малого калибра (до 10 фн или до 5 кг) предназначены для поражения огнем деревянных строений, складских помещений, железнодорожных станций, лесных массивов и других целей. Они создают очаги пожара в радиусе от 3 до 5 м. Продолжительность горения основной массы ЗВ (ЗС) 2…3 мин.

Зажигательные бомбы среднего калибра (100, 250 фн или до 50, 110 кг) применяют для поражения огнем промышленных предприятий, городских зданий и т.п. При взрыве они создают очаги пожара в радиусе 15…50 м. Время горения основной массы ЗВ (ЗС) составляет 3…8 мин.

Авиационные бомбы малого и среднего калибра применяют в *разовых бомбовых кассетах* и *бомбовых связках*.

Зажигательные бомбы крупного калибра и баки (250…1000 фн или 110…460 кг) предназначаются для поражения живой силы и для создания пожаров на местности и в населенных пунктах. Общая площадь сплошного огня на местности составляет от 500 до 1500 м^2, время горения – 3…10 мин.

К ***артиллерийским зажигательным*** (***зажигательно-дымообразующим***) ***боеприпасам*** относятся снаряды и мины различных калибров, снаряжаемые белым фосфором. Они применяются для поджога деревянных построек, складов горюче-смазочных материалов, боеприпасов и других легковоспламеняющихся объектов, а также для поражения живой силы и самолетов на аэродромах. При разрыве боеприпаса возникает очаг огня в радиусе от 15 до 20 м.

Наряду с фосфорными боеприпасами ствольной артиллерии на вооружении вероятного противника находится также зажигательный неуправляемый ракетный снаряд (НУРС), снаряженный напалмами и предназначенный для поражения живой силы. Залп 15-ти ствольной пусковой установки поражает живую силу на площади до 2000 м^2. Максимальная дальность стрельбы до 1000 м.

Сухопутные войска армий стран НАТО имеют на вооружении струйные (ранцевые, механизированные, танковые) и реактивные ***огнеметы***, снаряжаемые напалмами (струйные) и самовоспламеняющимися (реактивные огнеметы) смесями.

Принцип действия всех ***струйных*** огнеметов основан на выбрасывании струи горящей смеси давлением сжатого воздуха или азота. При выбросе из ствола огнемета струя поджигается специальным воспламенительным устройством. Струйные огнеметы предназначены для поражения живой силы, расположенной открыто или в различных фортификационных сооружениях, а также для поджога объектов с деревянными конструкциями. Дальность огнеметания струйных огнеметов составляет от 25 м (для ранцевых) до 250 м (для танковых огнеметов).

В армии США состоит на вооружении 4-х ствольный 66-мм ***реактивный*** огнемет, предназначенный для стрельбы по одиночным и групповым целям, укрепленным боевым позициям, блиндажам и живой силе на расстояние до 700 м.

Зажигательные ***фугасы*** представляют собой различные металлические емкости, снаряженные напалмом или пластифицированным белым фосфором. Они предназначены для поражения живой силы, ВВТ, а также для усиления взрывных и невзрывных инженерных заграждений. Для подрыва фугасов применяют взрыватели нажимного или натяжного действия. Радиус поражения при взрыве одного фугаса зависит от его вместимости и достигает 15…70 м.

Зажигательные ***шашки*** и ***патроны*** предназначаются для уничтожения различных материалов и вооружения, воспламеняющихся при высоких температурах. В зависимости от своего назначения они снаряжаются различными зажигательными составами, обладающими высокой температурой горения.

Табельными образцами ЗЖО являются ручные ***гранаты*** различных типов, снаряженные термитными составами. Максимальная дальность при броске рукой составляет до 40 м, при выстреле из ручного гранатомета – 150…200 м.

В системе заграждений, создаваемых войсками НАТО, значительная роль отводится ***огневодным заграждениям***. Они создаются путем выпуска нефти и других легковоспламеняющихся жидкостей на поверхность водной преграды. При этом в зоне сплошного горения температура достигает 1000…1100° С; выделяется большое количество тепловой энергии, вызывающее обугливание обмундирования на расстоянии до 10 м и ожог верхних дыхательных путей – до 100…200 м. Одновременное горение на большой площади создает дефицит кислорода (менее 15 %) и высокую концентрацию (свыше 0,5 %) окиси углерода, исключающие возможность преодоления водной преграды.

Глава 16
ПОРАЖАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ И ЗАЩИТА ОТ ЗАЖИГАТЕЛЬНОГО ОРУЖИЯ

16.1. Поражающее действие зажигательного оружия

Зажигательное оружие при **воздействии на личный состав** обладает поражающими факторами, проявляющимися в пространстве и времени, которые могут быть разделены на первичные и вторичные.

При воздействии на личный состав **первичными** поражающими факторами являются выделяемые тепловая энергия, дым и токсичные для человека продукты горения. Во времени они реализуют себя от нескольких секунд до нескольких минут, т.е. во время применения ЗЖО. **Вторичные** поражающие факторы являются следствием возникающих пожаров; длительность их действия составляет от десятков минут до нескольких часов и суток.

Поражающее действие ЗЖО на **личный состав** проявляется:

1. В виде ***ожогов кожи*** при непосредственном контакте горящих ЗВ (ЗС) с кожными покровами тела или в результате возгорания обмундирования и снаряжения.

Так же, как и при воздействии СИЯВ (см. п.3.2.3), ожоги классифицируются на четыре степени: от первой – самой легкой, до четвертой – крайне тяжелой.

2. В виде ***ожогов слизистой оболочки верхних дыхательных путей*** с последующим развитием отека легких и удушья при вдыхании сильно нагретого воздуха и дыма.

С этой целью вместе с ЗВ (ЗС) предполагается применение различных дымообразующих веществ (окисей цинка и кадмия), которые в больших концентрациях становятся опасными для жизни людей. В этом случае токсодоза при попадании этих дымообразующих веществ через органы дыхания составляет 30…50 г/чел.

3. В воздействии ***токсичных*** для человека ***продуктов горения***, прежде всего, окиси и двуокиси углерода.

Чаще всего наблюдаются поражения окисью углерода (при содержании в воздухе 1 % – почти мгновенная потеря сознания и смерть), реже – цианистыми соединениями, возникающими при горении пластмасс и некоторых синтетических материалов.

Выход из строя **вооружения и военной техники** при применении ЗЖО происходит в результате его поджигающего (горючие материалы) или прожигающего (горючие, негорючие материалы и металлы) действия.

При воздействии ЗВ (ЗС) на ***подвижную технику*** она, как правило, выходит из строя. Попадающий на открытые жалюзи при работающем двигателе горящий напалм всасывается вместе с воздухом в двигатель и вызывает воспламенение резиновых и пластмассовых соединительных трубопроводов, разрушает кабели электропроводки. Попадание ЗВ (ЗС) на емкости с горючим может привести к их воспламенению и взрыву.

В ***зданиях и сооружениях*** при применении ЗЖО происходит возгорание горючих материалов, что может вызвать возникновение обширных пожаров.

16.2. Защита от зажигательного оружия

Основная **цель** защиты от зажигательного оружия заключается в **обеспечении требуемой боеспособности войск** путем *предотвращения* или *максимального снижения* потерь при его применении.

Для **защиты личного состава** от ЗЖО используют:

- закрытые фортификационные сооружения;
- военную технику;
- средства индивидуальной защиты.

Фортификационные сооружения (убежища, блиндажи, перекрытые щели и участки траншей) являются наиболее надежной защитой от *непосредственного* воздействия ЗВ (ЗС).

В условиях возникновения обширных пожаров защита *от токсичных продуктов горения* обеспечивается путем использования убежищ и специальных фортификационных сооружений, в которых возможна полная изоляция личного состава от наружного воздуха.

Автобронетанковая техника с плотно закрытыми люками, дверями, бойницами и жалюзи также обеспечивают защиту от непосредственного воздействия ЗВ и ЗС. Автомобили, покрытые обычными тентами или брезентами, обеспечивают лишь кратковременную защиту из-за быстрого возгорания покрытий.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, а также шинели, зимние куртки и брюки, полушубки, плащ-палатки и плащ-накидки являются кратковременными средствами защиты; при попадании на них горящих кусков ЗВ (ЗС) те должны немедленно сбрасываться. Летнее обмундирование практически не защищает от ЗВ (ЗС), а его интенсивное горение может увеличить степень и размеры ожогов.

Местные материалы – маты из ветвей, травы и другие покрытия – используются личным составом для защиты от ЗЖО непосредственно *в момент его применения*. Загоревшиеся покрытия также немедленно сбрасываются.

Важное значение для обеспечения защиты от ЗЖО имеет своевременное ***оказание само- и взаимопомощи***, которые начинают с тушения самим пострадавшим или при помощи товарища ЗВ (ЗС), попавших на кожу или одежду.

При отсутствии возможности быстрого сбрасывания одежды пламя гасится следующими *способами*:

– закрытием горящего участка любой плотной тканью (шинелью, плащ-палаткой, шапкой и т.п.), т.е. прекращением доступа воздуха к нему;

– засыпкой горящего участка песком (землей) или его погружением в воду;

– прижатием к земле или любой негорящей поверхности участка горящей одежды;

– применением воздушно-пенных и порошковых огнетушителей для тушения напалмов, пирогелей, фосфора и углекислотных или порошковых – для тушения самовоспламеняющихся смесей.

В случае *ожогов*, особенно если имеются пузыри и отслойка кожи, пострадавшего необходимо перевязать индивидуальным перевязочным пакетом и ввести ему противоболевое средство из

индивидуальной аптечки АИв-01. При отсутствии табельных перевязочных средств используют любую чистую ткань (полотенце, нательное белье и т.п.). При этом перед наложением повязки не следует удалять с обожженных участков остатки прилипшей кожи, несгоревшую смесь или шлак, прокалывать или срезать пузыри.

При поражении токсичными продуктами горения и вследствие этого резком ослаблении или остановке дыхания необходимо произвести искусственное дыхание.

Дальнейшую медицинскую помощь и лечение проводят в медпунктах частей (подразделений) и в специализированных медицинских учреждениях.

Для **защиты вооружения и военной техники** от ЗЖО используют:

- окопы и укрытия, оборудованные перекрытиями;
- естественные укрытия (балки, лощины, пещеры, выработки);
- брезенты, тенты и чехлы;
- покрытия, изготовленные из местных материалов;
- табельные и местные средства пожаротушения.

Вооружение, военную технику, боеприпасы, расположенные вне укрытий или в укрытиях без перекрытий, накрывают ***брезентами***, ***тентами***, которые не застегивают (не завязывают), или местными защитными материалами.

В качестве покрытий из ***местных материалов*** могут использоваться:

– маты из травы, камыша и свежего хвороста, которые обмазывают глиняными растворами;

– листовое железо, листовой асбест и другие негорючие материалы.

При попадании на покрытия ЗВ (ЗС) их снимают.

К ***табельным*** и ***местным средствам пожаротушения*** относятся пожарные автоцистерны и автонасосы, огнетушители, инженерная техника, а также заблаговременно создаваемые запасы шанцевого инструмента, воды, песка, грунта.

Для **защиты фортификационных сооружений** и **объектов** от возгорания и пожара предусматривается:

1. Засыпание возгораемых покрытий слоем земли.

2. Оборудование закрытых сооружений плотно закрывающимися дверями и щитами.

3. Устройство у входов в сооружения порогов для исключения возможности затекания в них горящего ЗВ (ЗС).

4. Устройство противопожарных разрывов в одежде крутостей траншей, ходов сообщений шириной не менее 2 м через каждые 40…50 м и у входов в укрытия.

5. Удаление легковозгораемых предметов и покрытие (обмазка) огнезащитными составами одежды крутостей и открытых элементов сооружений, а также объектов, выполненных из горючих материалов.

6. Применение трудновозгораемых материалов, пропитанных огнезащитными составами.

Огнезащитные обмазки, ***краски*** и ***пропитки*** значительно повышают сопротивляемость горению материалов (особенно древесины), причем одни из них при нагревании переходят в газообразное состояние и газовой оболочкой предохраняют материал от возгорания, а другие – плавятся (жидкое стекло, квасцы, бура), образуя на поверхности материала защитный негорючий слой.

При **расположении войск в лесах** в качестве противопожарных разрывов используются существующие просеки, дороги, русла рек и ручьев, а также оборудуются грунтовые заградительные полосы (шириной от 1 до 4 м) и противопожарные просеки (шириной не менее двух высот деревьев на расстоянии 2…4 км одна просека от другой).

Ширина противопожарных полос в **населенных пунктах** – 50 м.

Для устройства заградительных и противопожарных полос и просек привлекают инженерную технику.

Тушение пожаров осуществляют штатные и нештатные пожарные команды, а также выделяемые дежурные пожарные расчеты и подразделения.

Раздел V. РАДИАЦИОННО, ХИМИЧЕСКИ И БИОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Глава 17
РАДИАЦИОННО ОПАСНЫЕ ОБЪЕКТЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИЙ (РАЗРУШЕНИЙ) НА НИХ

17.1. Общая характеристика радиационно опасных объектов

Источниками радиационной опасности для личного состава войск и населения в мирное время являются аварийные ситуации на радиационно опасных объектах, сопровождающиеся выбросом в окружающую среду больших количеств радиоактивных веществ. При этом может произойти облучение людей (персонала) и загрязнение ОПС на больших площадях.

Радиационно опасными объектами (РОО) называют объекты, на которых производят, хранят, используют и транспортируют в больших количествах радиоактивные вещества.

В **народном хозяйстве** к РОО относятся:

1. Предприятия атомного топливного цикла – АТЦ (атомные электростанции, заводы по производству и переработке ядерного топлива, хранилища отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов).

2. Исследовательские и экспериментальные ядерные реакторы и испытательные стенды на промышленных предприятиях и в научно-исследовательских организациях.

3. Морские суда с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ).

4. Предприятия военно-промышленного комплекса по производству ядерных боеприпасов.

5. Транспортные средства всех типов, предназначенные для перевозки радиоактивных грузов.

В России имеется около 115 крупных РОО, среди которых 10 атомных электростанций, 113 исследовательских ядерных ус-

тановок, 12 промышленных предприятий топливного цикла, 9 атомных судов с объектами их обеспечения, а также около 13000 более мелких предприятий и организаций, осуществляющих свою деятельность с использованием РВ.

Наибольшую потенциальную опасность представляют АТЦ, а среди них – АЭС. Практически все они расположены в густонаселенной европейской части страны. В их 30-километровых зонах проживает более 4 млн человек.

Функционирование АЭС обеспечивают предприятия АТЦ, на которых осуществляется:

– добыча урана и его обогащение;

– изготовление тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов);

– переработка ТВЭЛов и регенерация (восстановление) топлива;

– хранение и утилизация радиоактивных отходов.

Схема АТЦ приведена на рис.17.1.

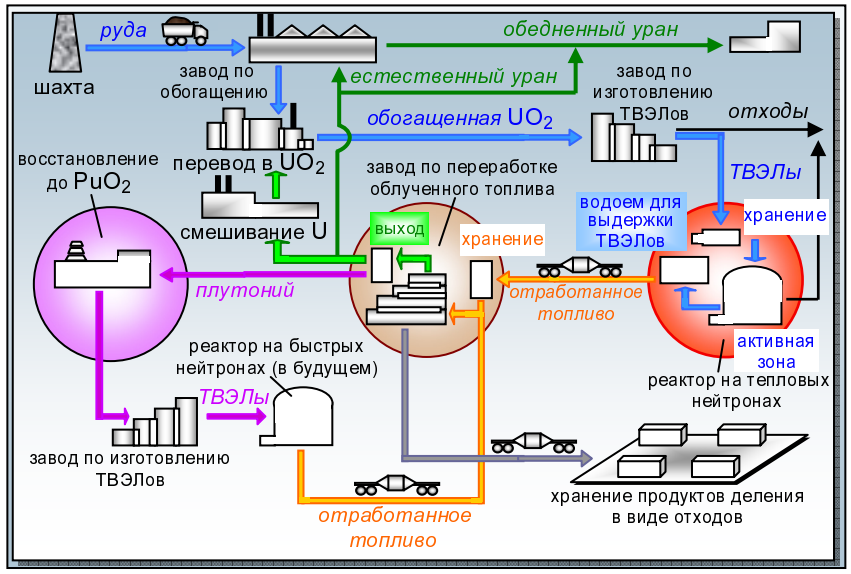


Рис.17.1. Схема атомного топливного цикла

Начальным этапом АТЦ является ***добыча руды***. Разработка урановых месторождений ведется подземным, открытым способами или методом выщелачивания (растворения) металла на месте его залегания – это зависит от конкретных горно-геологических условий и концентрации урана в породе.

На этом этапе основным *источником радиационной опасности* является инертный радиоактивный газ – *радон* $_{86}Rn^{222}$, представляющий собой продукт распада радона $_{86}Rn^{226}$. Вследствие большого периода полураспада $_{86}Rn^{226}$ (1600 лет), он является длительно действующим источником загрязнения атмосферы радоном $_{86}Rn^{222}$.

В процессе ***обогащения*** концентрат урановой руды превращают в металлический уран и его двуокись – UO_2, после чего ***изготавливают*** ТВЭЛы. При этом порошкообразную двуокись урана прессуют и в виде топливных таблеток помещают в трубки из нержавеющей стали. Эти трубки и являются ТВЭЛами.

При обогащении урана и изготовлении ТВЭЛов *сброс радиоактивных веществ в окружающую среду незначителен*.

Атомный топливный цикл на этапе ***работы АЭС*** сопровождается образованием значительного количества *радионуклидов*, которые в газоаэрозольном или жидком виде поступают в окружающую природную среду и могут представлять определенную *опасность для населения*. Радиационные факторы при нормальной эксплуатации АЭС и при возникновении аварийных ситуаций на них будут рассмотрены ниже.

Основное количество радиоактивных продуктов, образующихся при работе АЭС, содержится в отработавших ТВЭЛах. Эти ТВЭЛы после хранения в течение 2…3 лет в специальных заполненных водой емкостях перевозят на радиохимические заводы для ***переработки***. На заводах для повторного использования урана и плутония их отделяют от радиоактивных продуктов деления.

На этом этапе *радиационную опасность* представляют поступающие в атмосферу *газообразные радионуклиды* (йод, тритий и особенно криптон).

Заключительным этапом ядерного топливного цикла является ***захоронение*** радиоактивных отходов. Проблема хранения радиоактивных отходов, главным образом, связана с их большими объемами. Поэтому при обработке основным является максимально возможное уменьшение этих объемов. Жидкие отходы переводят в твердое состояние на специальных установках с последующим их включением в блоки из цемента, битума, смол и других связующих материалов. После чего они подлежат захоронению в могильниках. Твердые отходы подлежат прессованию, а горючие – сжигаются в специальных печах. Спрессованные отходы и зола также подлежат захоронению в могильниках.

Ввиду большого объема отходов *места* их *захоронения* являются *объектами повышенной радиационной опасности*.

В **Вооруженных силах** к РОО относятся:

1. Надводные и подводные корабли с ЯЭУ на борту.

2. Космические аппараты с ЯЭУ.

3. Базы и хранилища ядерных боеприпасов и ядерные боеприпасы на средствах доставки.

Принципиальных различий между ***ЯЭУ***, которыми оснащены надводные корабли, подводные лодки и КА не существует. Использование ЯЭУ *на всех этапах их эксплуатации* (хранение, транспортирование, установка на носители, применение по назначению и т.д.) связано с определенной *степенью радиационной опасности*. При возникновении на них *аварийных ситуаций* возможно *радиоактивное загрязнение отдельных районов* Мирового океана и на поверхности Земли.

Особое место в перечне объектов с ядерными компонентами занимают ***ядерные боеприпасы***. При воздействии на них механических, тепловых и др. нагрузок, интенсивность которых превышают установленные эксплуатационной документацией уровни, создаются условия для возникновения различных *аварийных ситуаций*. Это может привести к неактивному *взрыву*, *диспергированию* делящегося материала и его *выходу* в окружающую среду или *разбросу* РВ на определенной территории.

17.2. Нормирование факторов радиационной опасности

Для оценки степени опасности радиационного воздействия на человека ***уровень воздействия*** *необходимо* ***сопоставить*** *с некоторым значением*, *которое является мерилом* (***мерой***) *его* ***опасности***.

Разработка таких мер составляет содержание процедуры нормирования радиационных факторов.

Таким образом, **нормирование** радиационных факторов – это установление допустимых уровней их воздействия в расчете на среднего человека.

Радиационное воздействие считается нормальным, если выполняется условие (критерий) допустимости, т.е.:

$$П \le П_{доп}, \qquad (17.1)$$

где $П$ – параметр воздействующего фактора; $П_{доп}$ – допустимое (нормированное) значение параметра.

Принципы нормирования и устанавливаемые при этом нормы различаются для условий мирного и военного времени.

В **военное время** при воздействии радиационных ПФ ядерного взрыва личный состав может быть подвержен острому внешнему облучению в дозах, приводящих к его выходу из строя или даже гибели (см. п.4.5). Поэтому ***основной принцип нормирования*** допустимых норм облучения в военное время базируется на необходимости достижения главной ***цели радиационной защиты*** в этих условиях: ***сохранение боеспособности личного состава по радиационному показателю и обеспечение, тем самым, выполнения поставленных задач с минимальными потерями***. Следовательно, дозовые пределы должны быть такими, чтобы свести к минимуму тяжесть ранних соматических эффектов, препятствующих выполнению поставленных задач, и исключить гибель личного состава. Отдаленные последствия облучения и, тем более, генетические эффекты в расчет не принимаются.

Основной принцип нормирования радиационных факторов **в мирное время** базируется на необходимости достижения главной цели радиационной защиты, сформулированной МКРЗ (Международным комитетом экспертов ООН по радиационной защите): ***цель радиационной защиты заключается в том, чтобы предупредить вредные нестохастические эффекты и ограничить вероятность стохастических эффектов до уровня, считающегося приемлемым***. Поэтому основные дозовые нормативы должны быть такими, чтобы исключить возможность ранних соматических радиационных поражений, а риск появления отдаленных неблагоприятных последствий облучения (в том числе и генетических) сделать достаточно малым и социально оправданным пользой, которую человечество получает от использования атомной энергии.

В качестве **государственных нормативов**, определяющих допустимые уровни облучения человека и характеристики загрязнения, в РФ действуют «**Нормы радиационной безопасности, НРБ-99/2009**». Эти нормы являются основным нормативным документом, и никакие ведомственные правила и инструкции не могут им противоречить. Они обязательны для выполнения всеми ведомствами, в том числе и Министерством обороны.

Нормы распространяются на следующие виды воздействия ИИ на человека:

– в условиях нормальной эксплуатации объектов с источниками ИИ;

– в условиях радиационной аварии;

– от природных источников;

– при медицинском облучении.

В соответствии с условиями облучения, в НРБ-99/2009 устанавливаются три группы лиц:

• группа А – персонал, т.е. лица, работающие с источниками ИИ, в том числе и соответствующий личный состав;

• группа Б – ограниченная часть населения, т.е. лица, которые с источниками ИИ непосредственно не работают, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться облучению. К лицам данной группы относятся, например, люди, проживающие в зоне наблюдения АЭС (на расстоянии до 20…30 км от АЭС);

• группа В – все остальное население страны, в том числе и личный состав, не относящийся к группам А и Б.

Для всех групп облучаемых установлены два основных класса нормативов:

1. Основные пределы доз (ПД);

2. Допустимые среднегодовые объемные (на единицу объема) и удельные (на единицу массы) активности, ДОА и ДУА, соответственно, а также предел их годового поступления в организм (ПГП).

В табл.17.1 приведены основные дозовые пределы доз внешнего и внутреннего облучений наиболее критической группы органов человеческого организма (все тело, гонады, красный костный мозг), в которой максимально проявляются эффекты радиационного поражения. Для остальных групп органов дозовые пределы будут в 3…15 раз выше.

Таблица 17.1

Основные пределы доз

Нормируемая величина	$ПД_А$	$ПД_Б$	$ПД_В$
Эквивалентная доза	20 мЗв/год (2 бэр/год), но не более 50 мЗв/год (5 бэр/год)	0,25 $ПД_А$	1 мЗв/год (0,1 бэр/год), но не более 5 мЗв/год (0,5 бэр/год)

За период трудовой деятельности (50 лет) **эквивалентная доза** для группы А **не должна превышать 1 Зв** (100 бэр), а для населения за период жизни (70 лет) – **70 мЗв** (7 бэр).

Если доза облучения не превышает установленных значений ПД, то **нестохастические эффекты облучения полностью исключаются**.

На основе ПД нормируются производные величины – ДОА, ДУА, общий объем ПГП для групп А и Б. Для категории В величины ПГП необходимо уменьшать в 5 раз.

В аварийных ситуациях для планируемого повышенного облучения устанавливаются специальные нормативы. Планируемое

повышенное облучение группы А (в том числе и ликвидаторов последствий аварии) может быть разрешено только в случае необходимости спасения людей или предотвращения их облучения.

17.3. Радиационный фон в земных условиях

Радиационным фоном называют радиационные условия, сопровождающие обитание человека на Земле.

Он создается действием ИИ от различных источников естественного (природного) и искусственного (техногенного) происхождения.

Природные источники. Жизнь на Земле возникла и развивалась на фоне постоянного действия природных источников ионизирующих излучений. Эти излучения в земных условиях и создают естественный радиационный фон. Его *особенностями* являются *глобальный характер действия* в пространстве и *постоянство по величине* в течение длительного периода времени.

Различают природные источники космического и земного происхождения (рис.17.2).

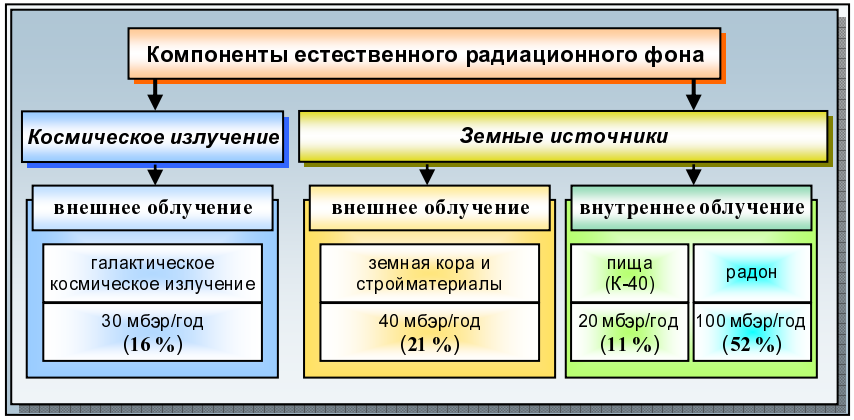


Рис.17.2. Компоненты естественного радиационного фона

Космическое излучение обусловлено галактическим космическим излучением (протонами высоких энергий), которое, каскадно взаимодействуя с ядрами атомов воздуха, образует в приземном слое гамма-, нейтронное излучение, создающее на уровне моря эквивалентную дозу около 30 мбэр/год. С увеличением высоты через каждые 1,5 км доза космического излучения удваивается.

Требования НРБ-99/2009 не распространяются на это излучение, так как на его интенсивность практически невозможно влиять.

Источники земного происхождения можно разделить на внешние и внутренние. Внешние источники включают радионуклиды, находящиеся в земной коре, в водной и воздушной средах, пище, строительных материалах и т.д. Внутренние источники – это содержащиеся в организме человека радионуклиды, постоянно поглощаемые из окружающей среды.

Внешние источники, в основном, находятся в земной коре. Это, главным образом, радионуклиды семейств урана и тория, а также радиоактивный калий ($_{19}K^{40}$). Вкладом других радионуклидов почвы можно пренебречь.

При распаде естественных радионуклидов, *находящихся в почве и воздухе*, образуются альфа-частицы, электроны и гамма-излучение. Альфа-частицы и электроны, испускаемые этими радионуклидами, практически полностью поглощаются поверхностным слоем биологической ткани. Поэтому при оценке эквивалентной дозы от внешних природных радионуклидов рассматривается только гамма-излучение.

Суммарный вклад всех естественных источников излучения во внешнее облучение человека, включая радионуклиды в почве и в воздухе, оценивается средним значением годовой эквивалентной дозы, равным 35…40 мбэр.

Уровни внешнего облучения неодинаковы для разных мест земного шара и зависят от концентрации радионуклидов в участках земной коры. В местах проживания основного населения

(> 95 %) она примерно одного порядка с уровнем от 30 до 60 мбэр в год. Но некоторые группы населения получают значительно бóльшие дозы: около 3 % в среднем получают 100 мбэр в год, а около 1,5 % – более 140 мбэр в год. Есть, однако, такие места, где уровни облучения значительно выше. Так, радиационные «горячие точки» на нашей планете находятся в Иране, Индии, Франции, Нигерии, Бразилии, Мадагаскаре, где были зарегистрированы максимальные годовые дозы от 0,1 до 25 бэр.

Мощность дозы излучения внутри здания зависит от типа используемых *строительных материалов*. В каменных и бетонных зданиях мощность дозы может быть в 1,5 раза выше, чем в деревянных. Для снижения уровня облучения в сооружениях в НРБ-99/2009 регламентируется содержание (удельная активность, Ки/кг) природных радионуклидов в строительных материалах (щебне, гравии, песке, граните, цементном и кирпичном сырье и т.д.). При превышении установленных уровней активности использование строительных материалов запрещается.

Внутренние источники. Примерно 2/3 эквивалентной дозы, которую человек получает от естественных источников радиации, поступает от радиоактивных веществ, попавших в организм с пищей, водой и воздухом.

Благодаря выведению из организма и радиоактивному распаду естественных радионуклидов, их концентрация в организме взрослого человека поддерживается на практически постоянном уровне. Основными радионуклидами, создающими наибольшую дозу радиации при внутреннем облучении, являются калий ($_{19}K^{40}$) и радон ($_{86}Rn^{222}$) вместе с продуктами его распада.

Естественный *калий*, каждый грамм которого содержит $7{,}8\cdot10^{-10}$ кюри, является одним из важнейших элементов, входящих в продукты питания и ткани организма. В среднем ежедневно в организм человека поступает около 3 г естественного калия или $2{,}3\cdot10^{-9}$ кюри радионуклида $_{19}K^{40}$ за сутки. Годовая эквивалентная доза за счет калия составляет около 20 мбэр.

Роль *радона* в облучении человека была выяснена в 80-х годах XX века, когда ученые поняли, что он является наиболее мощным из всех естественных источников радиации.

Радон $_{86}Rn^{222}$ – тяжелый газ (в 7,5 раз тяжелее воздуха), невидимый, не имеющий вкуса и запаха. Период его полураспада $T_{1/2}$ = 3,82 суток. Он вместе со своими дочерними продуктами распада ответственен примерно за половину эквивалентной дозы от всех естественных источников радиации. Радон и дочерние продукты его распада при дыхании попадают внутрь организма, что приводит, прежде всего, к облучению легких альфа-частицами. Гамма- и бета-излучение продуктов его распада облучает весь организм. Годовая поглощенная доза на легкие равна приблизительно 30 мбэр, общая доза около 100 мбэр.

Основную часть дозы от радона человек получает, находясь в закрытом, непроветриваемом помещении. В зонах с умеренным климатом концентрация радона в закрытых помещениях в среднем примерно в 8 раз выше, чем в наружном воздухе. Поступая внутрь помещения через фундамент и пол (из грунта или из строительных материалов), радон в нем накапливается. В результате в помещении могут возникать довольно высокие уровни радиации. Скорость проникновения радона в помещение определяется толщиной и целостностью (трещины, поры) межэтажных перекрытий и стен. При облицовке стен пластиковыми материалами (или покрытии несколькими слоями масляной краски) эмиссия радона из стен уменьшается примерно на порядок.

В табл.17.2 приводятся данные по источникам поступления радона в типовом жилом доме.

Самые распространенные строительные материалы – дерево, кирпич, бетон – выделяют сравнительно немного радона. Гораздо большей удельной радиоактивностью (примерно в 10 раз) обладают гранит и пемза, используемые в качестве строительных материалов.

Таблица 17.2

Источники поступления радона и их примерная мощность

Источник	Мощность поступления активности, кБк/сутки
Стройматериалы и грунт под зданием	60 (≈ 78 %)
Наружный воздух	10 (≈ 13 %)
Вода	4 (≈ 5 %)
Природный газ	3 (≈ 4 %)

Дозы, создаваемые радоном, могут быть снижены путем выполнения ряда требований при строительстве новых зданий и реконструкции старых:

– выбора для застройки участков с минимальным содержанием радона на поверхности земли;

– обеспечением газонепроницаемости полов первых этажей;

– вентиляцией подвальных помещений и т.д.

Таким образом, суммарная доза облучения от естественных источников в среднем составляет около 200 мбэр в год, что примерно соответствует мощности дозы 20…25 мкбэр/час; это значение и является *средним радиационным фоном* на поверхности Земли.

Техногенный радиационный фон. Основной особенностью техногенных источников, в отличие от естественных, является широкий диапазон создаваемых ими уровней облучения. В большинстве случаев эти уровни весьма невелики, но иногда, особенно в аварийных ситуациях, могут в сотни и тысячи раз превышать дозы облучения от естественных источников. Другой особенностью техногенных источников является разделение облучения ими на профессиональное и непрофессиональное.

Профессиональным называется облучение персонала (группы А), непосредственно связанного по роду своей профессии с обслуживанием, эксплуатацией и хранением источников ИИ. Профессиональным является облучение работающих на всех стадиях ядерного топливного цикла (добыча ядерного топлива, переработка и хранение, эксплуатация ядерного реактора); работающих с

ядерными энергетическими установками военного назначения и ЯБП; в медицине; при проведении научных исследований; при использовании ионизирующих излучений в промышленности (радиографии, работы со световыми составами постоянного действия и т.д.).

Для профессионального облучения характерны жесткая регламентация допустимых уровней внешнего и внутреннего облучения, постоянный контроль создающихся радиационных условий, проведение целого комплекса мероприятий радиационной безопасности, позволяющих обеспечить допустимые уровни облучения персонала. Поэтому профессиональное облучение исключительно локально по месту и объему, т.е. затрагивает ограниченное количество людей и только в местах их производственной деятельности.

Облучение всего остального населения от техногенных источников является *непрофессиональным*. Как правило, такое облучение носит глобальный характер и, в основном, обусловлено следующими источниками:

- радиоактивным загрязнением внешней среды при производстве атомной энергии;
- радиоактивным загрязнением окружающей среды в результате испытаний ядерного оружия;
- источниками, используемыми в медицинских целях;
- облучением источниками, входящими в состав потребительских товаров.

Вклад различных источников в годовую эквивалентную дозу приведен в табл.17.3.

Как видно из таблицы, **медицинское облучение** создает самые высокие дозы облучения населения в пересчете на одного человека. Во многих странах этот источник ответственен практически за всю дозу, получаемую от техногенных источников радиации. Если не считать аварийного облучения, оно создает самые высокие индивидуальные дозы на отдельные органы человеческого тела. Так

как для медицинского облучения характерны очень высокие мощности доз, то доза облучения набирается за *короткое время*. Еще одной особенностью медицинского облучения является то, что оно *пространственно локально*, т.е. воздействует на отдельные органы или части тела.

Таблица 17.3

Вклад различных источников в годовую эквивалентную дозу

Источник	Вклад в годовую дозу, %	Среднегодовая доза, мбэр
Естественные источники	82	200
Антропогенные источники:	18	45
атомная энергетика	0,04	0,4
ядерные взрывы	0,8	2
облучение в медицинских целях	16,4	40
потребительские товары	0,8	2

Медицинское облучение используется как в диагностических целях, так и для лечения. Наиболее распространенным источником медицинского облучения является рентгенодиагностика, сопровождаемая облучением тела рентгеновскими лучами. Согласно данным по развитым странам, на каждую тысячу жителей в год приходится от 300 до 900 обследований, не считая рентгеновских снимков зубов и массовой флюорографии. При этом применение радиации для диагностики ежегодно увеличивается на 5…15 %. В России на человека в среднем приходится одна рентгенодиагностическая процедура, складывающаяся из рентгенографии, рентгеноскопии и флюорографии (0,44; 0,19 и 0,37 процедуры в год соответственно), индивидуальные дозы от которых на органы исключительно разнообразны. Их средние значения приведены в табл.17.4, 17.5.

Годовые дозы на душу населения во многих развитых странах близки по величине и находятся в диапазоне 0,05…0,1 бэр, т.е. составляют примерно половину средней дозы от естественных источников.

В соответствии с НРБ-99/2009 медицинские радиационные воздействия подлежат жесткому ограничению с точки зрения обоснованности и целесообразности их проведения.

Таблица 17.4

Примерные дозы облучения при рентгеновских снимках

Орган	Напряжение на трубке, кВ	Доза, бэр
Легкие (флюорография)	75…80	0,2…0,5
Зубы	50…60	3…5
Желудок	75…90	1,5…1,9
Позвоночник	65…75	1,6…2,5
Череп	60…75	0,8…1,6

Таблица 17.5

Средняя доза облучения всего тела при различных рентгенодиагностических исследованиях

Обследование	Доза, бэр	Обследование	Доза, бэр
Флюорография	0,1	Череп	0,1
Зубы	0,003	Поясница	0,6
Желудок	0,4	Легкие, сердце	0,06
Позвоночник	0,3	Плечо, ключица	0,06
Нога, колено	0,03	Рука	0,006

Таким образом, ожидаемая глобальная доза обусловлена в основном естественными источниками. Источники техногенного происхождения дают незначительный вклад в общую дозу.

17.4. Радиационные факторы при эксплуатации атомных электростанций

Промышленное использование ядерных реакторов для производства электроэнергии постоянно возрастает. Хотя авария в Чернобыле и породила дискуссии о нецелесообразности дальнейшего использования этого вида энергии, однако, серьезной аль-

тернативы ядерной энергетике в обозримом будущем нет. Это хорошо понимают в промышленно-развитых странах, где доля АЭС существенна в общем энергетическом балансе (%): Бельгия – 60,8; Франция – 74,7; ФРГ – 34,3; Швеция – 45,1; Финляндия – 35; США – 19,1. К началу XXI века в мире эксплуатировалось 440 ядерных реакторов в 31 стране мира с общей производительностью 370 ГВт.

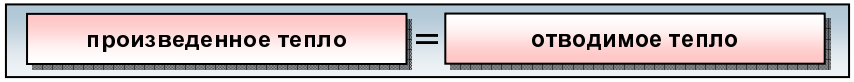
В **России** действует Федеральная целевая программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России», принятая Правительством РФ в 2007 г. В соответствии с ней, к 2020 г. выполнение программы позволит увеличить долю производства электроэнергии на АЭС до 20…30 % в целом по стране и до 25…40 % в европейской части России. Как указывалось в п.17.1, в настоящее время в России действуют 10 АЭС, на которых находится 32 энергоблока. Для энергообеспечения районов Крайнего севера и Приморья предусмотрено строительство еще 10 плавучих АЭС.

17.4.1. Принцип работы и устройство ядерного реактора

Основным источником радиационной опасности на работающих АЭС являются ядерные реакторы (ЯР).

С **физической точки зрения** под ЯР следует понимать установку, в которой протекает управляемая ЦРД. С **технической точки зрения** – это установка, преобразующая ядерную энергию в тепловую.

Тепловая энергия отводится из реактора теплоносителем и основным условием здесь является соблюдение баланса:



В противном случае происходит перегрев реактора, что может вызвать тепловой взрыв и разрушение конструкции реактора. В дальнейшем отведенное тепло либо транспортируется, либо преобразуется в другие формы энергии тепловыми двигателями.

Устройство реактора зависит, прежде всего, от того, в какой энергетической области происходит деление ядер горючего. Наиболее распространенными являются реакторы на тепловых и быстрых нейтронах.

На рис.17.3 показаны основные элементы АЭС с **реактором на тепловых нейтронах**.

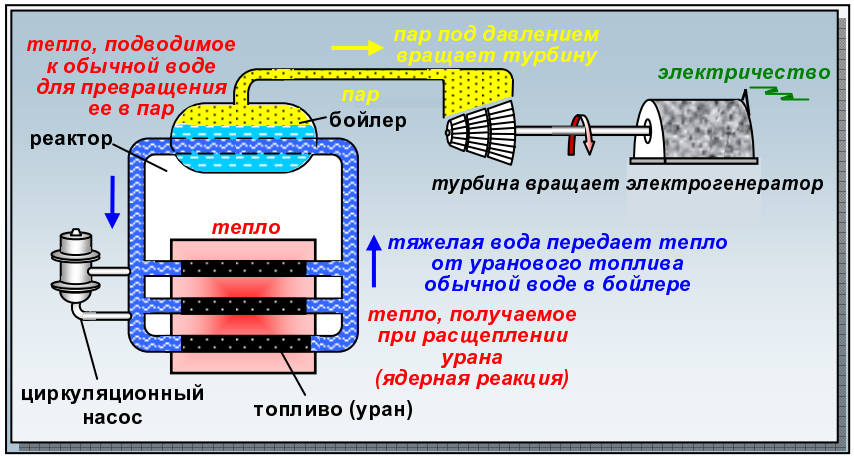


Рис.17.3. Принципиальная схема АЭС

Та часть реактора, в которой содержится делящийся материал и протекает ЦРД, называется **активной зоной** (АЗ) **реактора** (рис.17.4). Для получения энергии обычно используется природный слабообогащенный изотопом $_{92}U^{235}$ (до 5 %) уран $_{92}U^{238}$. При этом основным делящимся веществом является $_{92}U^{235}$.

Газовый или жидкий теплоноситель прокачивается через активную зону с помощью циркуляционных насосов и проходит через ТВЭЛы. В ТВЭЛах содержится ядерное горючее, заключенное в герметичную оболочку из нержавеющей стали (циркония, магниевого сплава и т.п.). Оболочка предотвращает контакт теплоносителя с топливом. Каналы топлива и теплоносителя помещены в замедлитель, который может быть твердым (уран-графитовые реакторы) или жидким (водо-водяные реакторы).

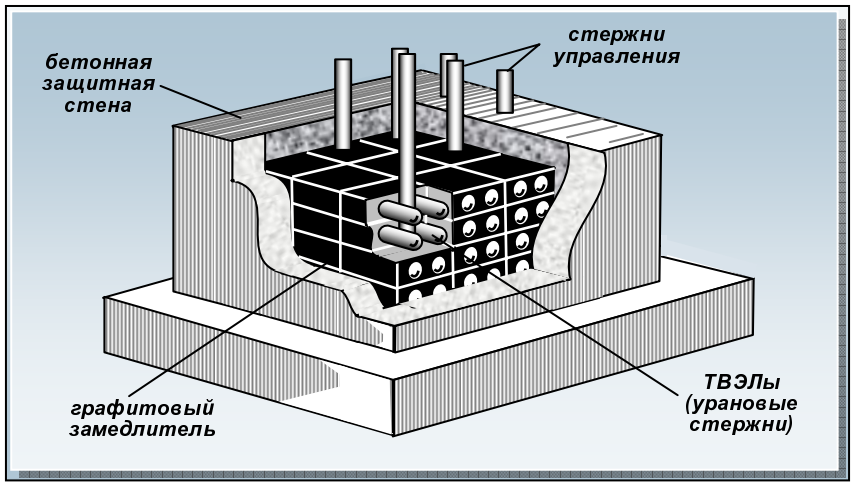


Рис.17.4. Устройство ядерного реактора

Замедлитель предназначен для снижения энергии нейтронов, образующихся в процессе ЦРД, до тепловой, что повышает в сотни раз вероятность деления ядра $_{92}U^{235}$ по сравнению с другими реакциями, идущими в $_{92}U^{238}$ без деления.

Система регулирования мощности реактора с помощью поглотителей нейтронов включает в себя:

1. ***Управляющие стержни***, изготавливаемые из материала, эффективно поглощающего тепловые нейтроны – карбида бора, и предназначенные для запуска реактора, вывода на требуемую мощность и выключения реактора. Положение стержней в АЗ *регулируется извне*. Управляющие стержни либо занимают некоторые каналы, предназначенные для ТВЭЛов, либо ходят по каналам, расположенным между каналами топливных стержней.

Достижение критического состояния делящихся материалов представляет наибольший интерес для получения контролируемого источника энергии. В этом состоянии энерговыделение постоянно, а его абсолютная величина может быть получена любой с помощью управления ЦРД: увеличения или снижения коэффициента размножения нейтронов – k. Регулирование величины k позволяет начинать ЦРД, достигать любого уровня энерговыделения (увеличение k), поддерживать стационарный режим в критическом состоянии и прекращать ЦРД (уменьшение k).

При неработающем реакторе управляющие стержни находятся в АЗ. Запуск реактора и его вывод на номинальную мощность осуществляют путем поднятия этих стержней на необходимую высоту. Выключение реактора производят посредством опускания стержней в первоначальное положение.

2. Неподвижные поглотители (***компенсирующие стержни***). Обычно они аналогичны или даже идентичны управляющим стержням, однако при запуске реактора устанавливаются в *фиксированном положении* для компенсации выгорания $_{92}U^{235}$.

Под выгоранием $_{92}U^{235}$ понимают уменьшение его концентрации в загруженном топливе с 5 % (начало кампании реактора) до 1,5 % (конец кампании).

3. ***Аварийные стержни***. На случай непредвиденного катастрофического развития ЦРД, а также возникновения других аварийных режимов, связанных с изменением энерговыделения в АЗ, в реакторе предусмотрено экстренное прекращение ЦРД путем *быстрого погружения* стержней в АЗ, что приводит к резкому снижению коэффициента размножения нейтронов и прекращению ЦРД. Поэтому их изготавливают из материалов, хорошо поглощающих нейтроны (кадмий, бор).

Управляющие, компенсирующие и аварийные стержни вместе со всем оборудованием, обеспечивающим их нормальное функционирование, образуют **систему управления и защиты реактора** (СУЗ).

Реактор на быстрых нейтронах отличается от теплового, прежде всего, отсутствием замедлителя. Без замедлителя нейтронов ЦРД возможна только с высоко обогащенным ураном. Поэтому АЗ такого реактора состоит из $_{92}U^{238}$, обогащенного $_{92}U^{235}$

или $_{94}Pu^{239}$ до 20…25 % и выше. В качестве теплоносителя используют жидкие металлы (натрий, калий), так как другие материалы с малым атомным весом являются не только теплоносителями, но и замедлителями. Управление реактором подобного типа производится не при помощи стержней (сечение поглощения быстрых нейтронов существенно меньше, чем тепловых), а перемещением либо отражателя нейтронов, либо дополнительной массы делящегося вещества.

Если в тепловом реакторе захват нейтронов ядрами $_{92}U^{238}$ без деления является вредным процессом, ведущим к обрыву цепочек деления, то в быстром реакторе он используется для воспроизводства ценного ядерного горючего – $_{94}Pu^{239}$. Вновь образованное горючее может быть отделено от $_{92}U^{238}$ чисто химическими способами.

Для получения $_{94}Pu^{239}$ АЗ окружают отражателем из естественного урана. Такой отражатель возвращает часть нейтронов в АЗ, а остальные поглощает с образованием плутония. Если первичным делящимся материалом в АЗ является плутоний (имеет наибольшее k), то коэффициент воспроизводства промышленной установки может составлять величину порядка 1,5.

Биологическая защита реактора предназначена, прежде всего, для защиты персонала АЭС и населения от мгновенного гамма-нейтронного излучения, испускаемого в процессе ЦРД, и гамма-излучения осколков деления, испускаемого при их радиоактивном распаде.

Например, защита реактора большой мощности канального (РБМК) строится следующим образом. Реактор помещается в бетонную шахту квадратного сечения с размерами (21,6×21,6×25) м с толщиной стен 2 м. В радиальном от АЗ направлении устанавливается кольцевой бак с толщиной слоя воды 1 м. В направлении вверх следуют чередующиеся слои из стали, графита и чугуна общей толщиной около 1,5 м.

17.4.2. Радиационные факторы при нормальной эксплуатации атомных электростанций

В процессе работы АЭС образуются газообразные, аэрозольные, жидкие и твердые радиоактивные отходы. Они обладают высокой активностью и образуются как в результате деления ядерного горючего, так и в процессе активации конструкционных материалов реактора нейтронами. Присутствие в отходах долгоживущих радионуклидов (таких как $_{38}Sr^{90}$, $_{55}Cs^{137}$, $_{6}C^{14}$, $_{36}Kr^{85}$, $_{1}H^{3}$ и др.) сохраняет их активность на достаточно высоком уровне продолжительное время.

Попав в окружающую среду, радиоактивные продукты распространяются в ней сложными путями и в конечном итоге могут попасть в организм человека.

Если техническими средствами и организационными мерами обеспечивается непревышение установленных доз по внутреннему и внешнему облучению персонала и населения (а также нормативов по содержанию радиоактивных продуктов в окружающей среде при нормальной эксплуатации), атомная станция считается **безопасной**.

Количественно и качественно характеристики радиоактивных отходов АЭС в значительной мере зависят от типа ЯР и его конструктивных особенностей. На АЭС России эксплуатируются в основном реакторы трех типов: водо-водяные – ВВЭР, уран-графитовые – РБМК и реакторы на быстрых нейтронах – БН.

На пути распространения радиоактивных веществ при их потенциально возможном выходе из ТВЭЛов в окружающую среду во всех типах реакторов имеется, как правило, три барьера безопасности. **Первый барьер безопасности** – это герметичная оболочка ТВЭЛов, поскольку именно в них происходит накопление радиоактивных продуктов деления в течение всей кампании реактора. В процессе эксплуатации возможно нарушение герметичности отдельных ТВЭЛов вследствие коррозии и силового

воздействия со стороны теплоносителя. В результате в оболочке ТВЭЛа образуются микротрещины, через которые проникают газообразные продукты деления, и дефекты, при которых возможен непосредственный контакт горючего с теплоносителем, что приводит к проникновению в него, кроме газообразных, летучих и твердых РВ.

В случае попадания радиоактивных продуктов деления в теплоноситель их дальнейшему распространению препятствуют трубопроводы и корпусные конструкции, являющиеся **вторым барьером безопасности**.

Несмотря на то, что все технологические контуры АЭС герметичны, вследствие неплотностей оборудования, как и на других подобных производствах (например, на тепловых электростанциях) образуются так называемые организованные и неорганизованные протечки. Они поступают в помещения АЭС.

В дальнейшем при возникновении протечек в трубопроводах радиоактивные продукты задерживаются либо системой герметизации помещений, либо защитной оболочкой, представляющих **третий барьер безопасности**. В общем случае термин «защитная оболочка» употребляется для обозначения всех конструкций, включая здание АЭС, системы и устройства, которые могут быть предусмотрены для локализации, улавливания и фильтрации выбросов.

При нормальной эксплуатации АЭС предусмотрены газоаэрозольные выбросы и сбросы жидких радиоактивных отходов.

Газоаэрозольные выбросы состоят из технологических газов (эжекторных газов турбин, газов продувки активной зоны и конструкций реактора) и отходов, удаляемых при вентиляции помещений АЭС (теплоносителя, поступившего в помещения в результате протечек, и активированного нейтронами воздуха вблизи АЗ). Вся эта газоаэрозольная смесь подлежит удалению с АЭС.

Основными нуклидами, определяющими активность газов и аэрозолей, являются радиоактивные благородные газы (РБГ) – изотопы криптона, самария, ксенона и аргон-41, а также нуклиды

йода (йод-131). Такие долгоживущие продукты деления, как цезий-137, стронций-89, 90 и др., а также продукты коррозии (кобальт, железо и др.) удаляются в виде аэрозолей – частиц размерами до десятков микрон. В выбросах РБГ реакторов ВВЭР доминирует ксенон-133 (около 90 %), на реакторах РБМК основной вклад вносят изотопы ксенона (до 50 %) и криптона-85 (до 15 %). Выбросы йода-131 примерно на порядок выше в реакторах РБМК по сравнению с ВВЭР.

Для очистки технологических выбросов применяют системы спецгазоочистки, которые рассчитывают так, чтобы они снижали активность газов и аэрозолей до допустимых для выброса значений. В настоящее время применяют, в основном, два метода очистки – *выдержку* в специальных емкостях (газгольдерах) и *сорбцию* РБГ и йода активированным углем. Вентиляционный воздух (сотни тысяч кубических метров в час) очищают при помощи фильтров.

Несмотря на многоступенчатую очистку, часть газоаэрозольной смеси попадает в окружающую среду. Газоаэрозольные отходы АЭС выбрасываются в атмосферу через трубы высотой (H) 100…150 м, что является дополнительным средством защиты приземного воздуха от радиоактивных загрязнений.

Газы и аэрозоли, попав в атмосферу, подхватываются воздушными потоками и под действием ветра уносятся от трубы, при этом факел выброса из трубы постепенно расширяется как по горизонтали, так и по вертикали (рис.17.5). Процессы турбулентного перемешивания в приземном слое атмосферы обычно приводят к быстрому рассеиванию газоаэрозольной смеси.

Постепенное уширение факела приводит к тому, что на некотором расстоянии от трубы он касается земли. Начиная с этого расстояния (X), в приземном слое воздуха обнаруживаются выброшенные газы или аэрозоли.

Их максимальная концентрация в месте касания факела земли достигается на расстоянии: $X_{\max} = \sqrt{H^2/0{,}25}$.

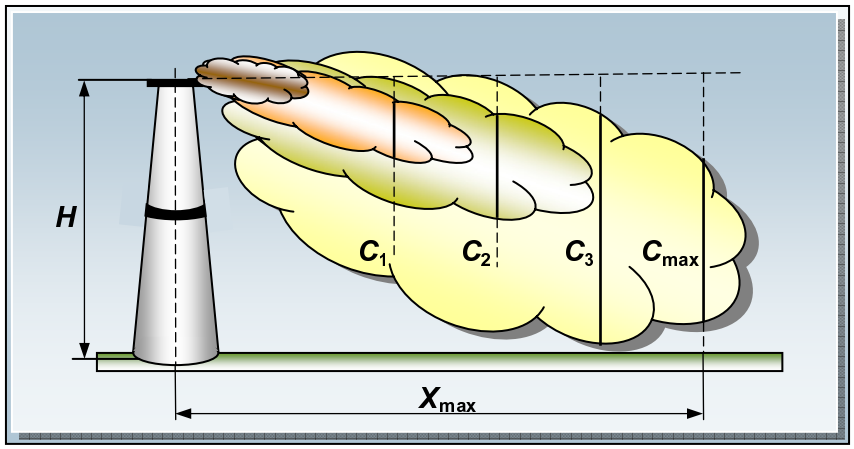


Рис.17.5. Схема распространения факела выброса из вентиляционной трубы АЭС:
C_1, C_2, C_3 – линии равных концентраций радиоактивных газов в факеле;
C_{max} – максимальная приземная концентрация радиоактивных газов

Основа газового выброса АЭС – РБГ, практически не оседают на поверхность земли. Очищение атмосферы от них происходит, главным образом, в результате их естественного распада. Газообразные формы йода-131 могут оседать на землю, а также находиться во вдыхаемом воздухе.

Аэрозоли выбросов АЭС оседают на землю со скоростью 0,1…1 см/с, загрязняя поверхности земли и водоемов. В соответствии с Санитарными правилами проектирования и эксплуатации АЭС (СПАЭС-88), устанавливаются **среднесуточные** и **среднемесячные допустимые выбросы** газоаэрозольной смеси. Они, с учетом всех возможных путей воздействия радиоактивных выбросов на человека, приведены к расчетной электрической мощности АЭС 1000 МВт. Эти же правила разрешают однократно превышать в 5 раз среднесуточный или среднемесячный предельно допустимый выброс при условии, что суммарный выброс за квартал или год не превзойдет допустимых значений.

Предел годовой суммарной активности выбросов РБГ в атмосферу составляет для реакторов ВВЭР – (3…6) мКи/МВт, для РБМК – (30…300) мКи/МВт.

Как показывает опыт мировой практики эксплуатации АЭС, объем радиоактивных выбросов, как правило, не превышает установленных норм. Несмотря на высокую чувствительность измерительной аппаратуры, некоторые радионуклиды АЭС не удается обнаружить во внешней среде. Так, за все время эксплуатации АЭС зарегистрированы лишь единичные случаи измеримых концентраций йода-131. Поэтому для оценки доз населения обычно используют расчетные методы. Расчеты показывают, что индивидуальная доза человека, проживающего вблизи АЭС (в зоне радиационного контроля – 30 км), за счет облучения РБГ при максимальном годовом выбросе не превышает примерно 1 % дозы, обусловленной естественным радиационным фоном. Суммарная активность радионуклидов в сельскохозяйственных растениях в этой зоне практически не отличается от фонового значения.

Жидкие радиоактивные отходы. Так как все технологические контуры АЭС, в которых могут содержаться жидкие радиоактивные вещества, герметичны, то, в принципе, по отношению к окружающей среде АЭС являются практически безотходными производствами. Однако вследствие появления организованных и неорганизованных протечек на АЭС образуются жидкие отходы. Чтобы исключить поступление этих отходов во внешнюю среду, на АЭС предусмотрено оборотное водоснабжение, т.е. все жидкие радиоактивные отходы собираются, очищаются, а вода возвращается в систему технического водоснабжения станции. Лишь очень небольшая часть очищенных от загрязнения вод (дебалансные воды) сбрасывается в окружающую среду, например, в водоем-охладитель. Дебалансные воды могут содержать радионуклиды продуктов деления и продукты коррозии, но в количествах, не превышающих допустимые концентрации.

Жидкие отходы со столь низкой концентрацией радиоактивных веществ в водоеме еще более разбавляются, поэтому их

концентрация там оказывается существенно меньше допустимой. Чаще всего АЭС снабжается водой из замкнутых водоемов-охладителей, сооружаемых около АЭС. Обычно это достаточно большое искусственное озеро (размер зеркала 10…15 км^2), вода из которого подается на АЭС по подводящему каналу, а возвращается – по отводящему. Водоем окружается защитной дамбой. Реже используются естественные водоемы (реки, моря, озера).

Таким образом, **основная опасность нормально функционирующей АЭС для внешней среды и населения заключается в газоаэрозольных выбросах**, главными компонентами которых являются РБГ и йод-131.

Однако, положение резко изменяется в случае возникновения аварийных ситуаций на АЭС и на других радиационно опасных объектах.

17.4.3. Радиационные факторы при аварийных ситуациях на атомных электростанциях

Несмотря на принятие самых жестких конструктивных и организационно-технических мер по обеспечению безопасности ЯР, они, будучи техническими комплексами большой сложности, создают определенную степень риска возникновения аварий, опасных для войск, населения и окружающей среды. Вероятность тяжелой аварии на АЭС, как показывает опыт Чернобыля, никогда не может быть уменьшена до нуля. «Цена» такой, даже единичной аварии, становится исключительно высокой. Это связано, прежде всего, с тем, что при работе ЯР в его АЗ в больших количествах накапливаются продукты деления урана. В ЯЭУ с тепловой мощностью 1000 МВт в зависимости от времени ее работы активность продуктов деления может составлять $3\cdot10^7$…$6\cdot10^9$ Ки.

Аварии на АЭС *отличаются* от аварий на обычных электростанциях тем, что они *могут привести к выбросу* в окружающую среду большого количества радиоактивных веществ. Аварийные ситуации представляют собой состояния, которые учитываются при конструировании ЯЭУ. Следствием этого учета является разработка специфичных для каждой установки, независимо от ее типа и мощности, специальных **систем** обеспечения **безопасности**, выполняющих следующие основные **функции**:

– остановку реактора;

– отвод остаточного тепловыделения;

– ограничение распространения радиоактивных веществ.

Обычно рассматривают проектную аварию и максимальную проектную аварию (МПА). Это аварии, для которых в проекте АЭС предусмотрена *специальная защита*. Для каждой из этих аварий рассматривают возможные цепочки событий от исходного состояния до конечного с учетом взаимодействия систем и закономерностей протекания физических процессов, а также возможности отказа систем безопасности и ошибок персонала.

Максимальная проектная авария характеризуется наиболее тяжелым исходным событием, обусловливающим возникновение аварии на данной АЭС. Все защитные и локализующие устройства станции рассчитывают на предотвращение МПА или локализацию ее последствий; как правило, МПА предусматривает выход радиоактивных веществ из АЗ вследствие разрушения **первого барьера** безопасности – оболочки ТВЭЛов.

В ЯР бóльшая часть радиоактивных веществ находится в топливной композиции ТВЭЛов. Их выход возможен при сильном повреждении оболочки ТВЭЛов и расплавлении ядерного топлива. Перегрев топлива происходит лишь в том случае, если интенсивность тепловыделения в ТВЭЛах превышает интенсивность теплоотвода. Такой тепловой дисбаланс в АЗ реактора может возникнуть при авариях с потерей теплоносителя из-за разгерметизации или разрушения трубопроводов, а также при непредвиденном росте энерговыделения в АЗ.

Следует отметить, что при любых авариях в реакторе принципиально **невозможен взрыв типа ядерного боеприпаса**. В реакто-

ре на *тепловых* нейтронах ЦРД на природном уране невозможна по физическим соображениям, а уран-235 компактно содержится в количествах, значительно меньших, чем его критическая масса. В реакторе на *быстрых* нейтронах уже на начальной стадии разгона ЦРД произойдет нарушение критического состояния АЗ (изменение формы, геометрии и т.д.), и выброс радиоактивных продуктов также может произойти только в результате **теплового взрыва**.

Несмотря на то, что проектировщики стараются предусмотреть все вообразимые отклонения от нормального рабочего режима АЭС и аварийные ситуации, тем не менее, остается возможность ситуации непредвиденной. Наиболее непредсказуемыми являются события, связанные с множественными наложениями отказов оборудования, сопровождающиеся непредвиденными действиями операторов. Такие аварии относят к ***запроектным***. Примерами таких аварий являются аварии на АЭС *Three Mile Island* (США) и Чернобыльской.

Для единообразной оценки опасности аварии на любой АЭС в любой стране экспертами Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) предложена **международная шкала событий на АЭС** (табл.17.6).

Основная ***цель*** этой шкалы – выдача информации о радиационно опасных событиях в виде, понятном для населения и общественности всех стран. С 1990 г. эта шкала внедрена для АЭС России. Предложенная шкала дает возможность быстро информировать о масштабе аварийного выброса в международно принятой форме население собственной страны, компетентные органы других стран и заинтересованные международные организации.

Аварии 5, 6, 7 уровней вызваны, как правило, повреждением или разрушением АЗ реактора. Механизм развития и последовательность событий при разрушении АЗ обусловлены совокупностью взаимосвязанных ядерно-тепло-физических процессов, сущность которых представлена на рис.17.6.

Таблица 17.6

Международная шкала событий на АЭС

Уровень аварии	Наименование	Критерий	Примеры
Ниже уровня шкалы	Не имеет значения для безопасности		
Происшествия			
1	Незначительное происшествие	Функциональные отклонения, которые не представляют какого-либо риска (отказ оборудования, ошибки персонала, недостатки руководства по эксплуатации). Указывают на недостатки в обеспечении безопасности	
2	Происшествие (средней тяжести)	Отказы оборудования или отклонения от нормальной эксплуатации; способны привести к значительной переоценке мер безопасности	
3	Серьезное происшествие	Выброс в окружающую среду радиоактивных продуктов, превышающий допустимую норму; высокие уровни и (или) большие загрязнения поверхностей на АЭС; переоблучение персонала до 5 рад (50 млГр). Меры по защите населения не требуются	
Аварии			
4	Авария в пределах АЭС	Выброс в окружающую среду радиоактивных продуктов, облучение отдельных лиц населения дозами в несколько десятых рада. Облучение персонала до 100 рад. Меры по защите населения не требуются. Осуществляется контроль продуктов питания	Сант-Лаурент, Франция, 1980 г.
5	Авария опасная для окружающей среды	Выброс радиоактивных продуктов из активной зоны в окружающую среду в пределах 10^4…10^5 Ки (йод-131). Разрушение большей части активной зоны. В некоторых случаях необходима защита населения (укрытие и (или) эвакуация)	Уиндскейл, Великобритания, 1957 г.
6	Тяжелая авария	Выброс из активной зоны с эквивалентом по йоду-131 от 10^5 до 10^6 Ки. Необходимо проведение мероприятий по защите населения в ограниченной зоне вокруг АЭС (радиусом около 25 км)	*Three Mile Island*, США, 1979 г.
7	Глобальная авария	Выброс продуктов деления с активностью более 10^6 Ки. Возможны острые лучевые поражения и последующее влияние на здоровье населения на большой территории; долговременные последствия воздействия на окружающую среду	Чернобыль, Украина, 1986 г. Выброс $5 \cdot 10^7$ Ки

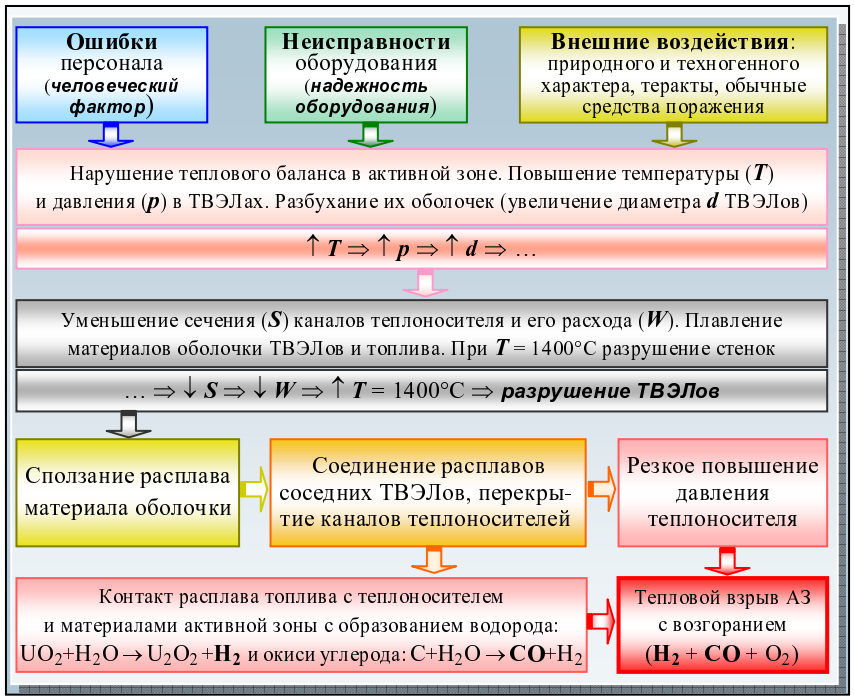


Рис.17.6. Схема развития аварии с разрушением активной зоны реактора

Стадии развития крупной радиационной аварии на АЭС.

В развитии радиационных аварий 5, 6, 7 уровней по Международной шкале событий различают три стадии.

Первая – выброс смеси газообразных продуктов из реактора и их последующее истечение. В образующемся при этом газоаэрозольном облаке и его шлейфе преобладают РБГ, т.е. изотопы криптона и ксенона. Кроме того, в облаке содержатся радиоизотопы йода (в основном йода-131), а также непосредственные продукты деления: цезий-137, стронций-89, 90. Так как облако за счет короткоживущих изотопов является мощным гамма-излучателем и распространяется на небольшой высоте (менее 1 км), то на этой стадии *основным* радиационным фактором на расстояниях до

30…50 км от АЭС является *внешнее облучение гамма-излучением от облака и его шлейфа*. Облучению подвергаются люди, животный и растительный мир.

При прохождении облака уровни радиации от него на высоте 1 м от поверхности земли по данным измерений в Чернобыле могут составлять от нескольких сот рад/ч (R = 1…3 км от АЭС) до единиц рад/ч (R = 30…50 км).

Вторая стадия развития аварии характеризуется постепенным осаждением радиоактивных веществ на землю и загрязнением местности и приземной атмосферы. Так как в радиоактивном облаке содержатся очень мелкие частицы и аэрозоли диаметром менее 1 мкм, то скорости их осаждения весьма малы, и они потоками воздуха могут разноситься на сотни и тысячи километров от места аварии. Так, при аварии на ЧАЭС через несколько дней произошло радиоактивное загрязнение на территории стран Балтийского моря, а впоследствии – вплоть до Германии и Италии. Осаждение может продолжаться в течение нескольких дней и недель.

Следует отметить, что при длительном истечении радиоактивных продуктов из разрушенного реактора в атмосферу (в Чернобыле – около 2-х недель) ветер на высотах до 1 км может неоднократно менять свое направление. Поэтому заражение территории будет происходить во все стороны от источника аварии и иметь на больших удалениях в разных направлениях «пятна» с повышенными уровнями радиации за счет вымывания радиоактивных веществ из облака осадками.

Главным фактором радиационного риска на стадии осаждения является *поступление в организм радиоактивного йода* (йод-131, период полураспада $T_{1/2}$ = 8 дней) при дыхании и по пищевой цепочке «трава – скот – молоко (мясо) – щитовидная железа». Радиоактивный йод избирательно накапливается в щитовидной железе, вызывая в ней раковые заболевания. Так как щитовидная железа у детей имеет массу в 4…5 раз меньше, чем у взрослых, то этот процесс наиболее опасен для детей. Вследствие своего не-

большого периода полураспада йод-131 практически полностью прекращает свое существование через 3…4 месяца после выброса из аварийного источника.

На третьей, заключительной стадии, по завершении выпадения радиоактивных осадков, формируется радиоактивное загрязнение местности, имеющее характерные особенности по сравнению с РЗМ при ядерном взрыве.

К данным ***особенностям*** относятся следующие.

1. **Мощности доз излучения** на местности при аварии (разрушении) ЯР никогда **не достигают** таких **высоких значений**, как на следе ЯВ. Например, для ЯВ мощностью 1 Мт активность всех радиоактивных продуктов ЯВ на 1 час после взрыва составляет $5 \cdot 10^{11}$ Ки, а для реактора мощностью 1000 МВт – порядка $1{,}5 \ldots 2 \cdot 10^{9}$ Ки, т.е. более чем в 100 раз меньше активности продуктов, образовавшихся при ЯВ.

По этой причине на одной и той же площади РЗМ от аварийного объекта и в случае ЯВ при прочих равных условиях значения ожидаемых мощностей доз (доз) излучения также будут меньше.

По аналогии с ЯВ (см. рис.5.5), на общей площади загрязнения при аварии на АЭС выделяют **пять зон**:

- зона **М** – «*радиационной опасности*»;
- зона **А** – «*умеренного* радиоактивного загрязнения»;
- зона **Б** – «*сильного* радиоактивного загрязнения»;
- зона **В** – «*опасного* радиоактивного загрязнения»;
- зона **Г** – «*чрезвычайно опасного* радиоактивного загрязнения.

Значения мощности дозы на внешних границах этих зон (для зон РЗМ при ЯВ) через 1 час после аварии (после взрыва) составляют, соответственно:

- для зоны **М** – 0,014 рад/ч (–);
- для зоны **А** – 0,14 рад/ч (8 рад/ч);
- для зоны **Б** – 1,14 рад/ч (80 рад/ч);

- для зоны **В** – 4,2 рад/ч (240 рад/ч);
- для зоны **Г** – 14,0 рад/ч (800 рад/ч).

Сравнение пространственных масштабов зон РЗМ показывает, что площадь территории со смертельными дозами (более 300 рад/сут) будет примерно в 10…20 раз меньше, чем при наземном ЯВ.

2. **Более медленный спад активности (уровней радиации) во времени**, происходящий по закону:

$$A(t) = A_0 (t/t_0)^{-0,5}, \qquad (17.2)$$

где A_0 – активность в момент выброса РВ.

Это объясняется тем, что в реакторе большинство радионуклидов образуется задолго до его разрушения и к этому времени значительная часть этих радионуклидов претерпевает радиоактивный распад.

3. При длительном нахождении людей (личного состава) на загрязненной территории следует учитывать не только воздействие внешнего гамма-излучения (как в случае ЯВ), но и поступление радионуклидов внутрь организма (**внутреннее облучение**) с вдыхаемым воздухом и по пищевым цепочкам с зараженными продуктами питания и водой.

17.5. Радиационные факторы при эксплуатации космических ядерных энергетических установок

17.5.1. Устройство и основные характеристики космических ядерных энергетических установок

Успешное исследование и освоение космоса в значительной мере зависят от решения проблемы энергоснабжения КА. Необходимость в длительно действующих бортовых источниках энергии для КА выявилась в начале 50-х годов, а требования по массе, мощности и надежности системы энергоснабжения ясно указали на необходимость использования ядерной установки. В период с

1965 по 1996 гг. в космическое пространство было запущено 36 КА (1 – США, 35 – СССР) с ЯЭУ и 34 КА с радиоизотопными термоэлектрическими (термоэмиссионными) генераторами (РТГ) (50 РТГ на 28-ми КА США и 8 РТГ на 5-ти отечественных КА).

По сравнению с другими бортовыми источниками энергии ЯЭУ обладают рядом несомненных **достоинств**: они компактны, высоконадежны, по массе имеют решающее преимущество при уровне электрической мощности выше 25 кВт, менее подвержены воздействию факторов космического пространства. Поэтому многие космические программы, разрабатываемые в России и за рубежом, предусматривают использование ЯЭУ как наиболее эффективных источников энергии особенно для межпланетных полетов, исследования дальнего космоса, энергоснабжения тяжелых космических станций. В частности, в 1998 (коррекция в 2005 г.) Правительство РФ приняло «Концепцию развития космической ядерной энергетики в России». В соответствии с ней, основной ближайшей задачей в данной области является создание ЯЭУ мощностью до 100 кВт с ресурсом 5…7 лет. Применение космической ЯЭУ должно обеспечить:

– снижение класса ракет-носителей для выведения КА на высокие орбиты, их гарантированный выход с отечественных космодромов;

– увеличение в 2…3 раза массы полезных грузов, выводимых на высокие орбиты;

– увеличение в 10…20 раз энерговооруженности КА для решения качественно новых задач в интересах обороны и безопасности страны, осуществление которых невозможно с неядерными источниками энергии.

Типовая ЯЭУ космического назначения содержит ЯР (на быстрых или тепловых нейтронах) с отражателем из бериллия, холодильник-излучатель, теневую радиационную защиту, отсеки с системами обеспечения радиационной безопасности (рис.17.7).

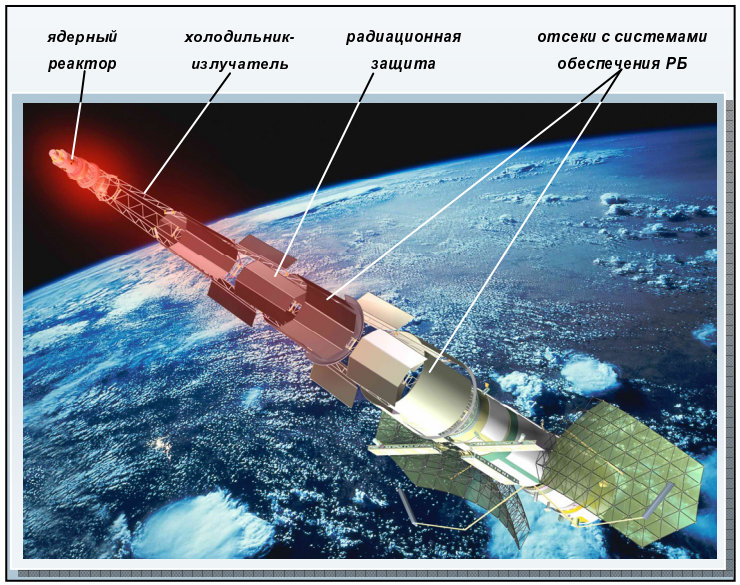


Рис.17.7. Общий вид космической ЯЭУ

Основные **характеристики** ЯР разработанных космических ЯЭУ приведены в табл.17.7.

Таблица 17.7

Основные характеристики ядерных реакторов разработанных космических ЯЭУ

Характеристика	«Ромашка» СССР	*SNAP*-10*A* США	«Топаз» (тепл.) СССР	«Топаз» (быстр.) СССР	*SP*-100 США
Тепловая мощность, кВт	40	34	150…180	150…180	1,4 МВт
Электрическая мощность, кВт	0,5…0,8	0,5	3	6	100
Топливо, кг (обогащение по U^{235})	Дикарбид урана, 49 (90 %)	U^{235} + Zr 4,8 (93 %)	Диоксид урана, 12 (90 %)	Диоксид урана, 30 (90 %)	Диоксид урана, 80(>90%)
Замедлитель	–	Гидрид циркония	Гидрид циркония	–	–
Отражатель	Бериллий	Бериллий	Бериллий	Бериллий	Бериллий
Размер АЗ ($D \times H$), см	15,2×15,5	22×31	28,8×35,2	30×35	–
Время работы	15000 ч	43 сут.	1 год	3…5 лет	7 лет
Масса реактора, кг		80			100

Радиационная защита представляет собой герметичный отсек, заполненный материалами, эффективно поглощающими нейтроны и гамма-кванты, и устанавливаемый между ЯР и КА. Она изготавливается из гидрида лития толщиной 65…75 см, размещаемого в корпусе из нержавеющей стали толщиной несколько миллиметров. Этого оказывается достаточно, чтобы защитить радиоэлектронную аппаратуру в отсеках КА от ионизирующих излучений ЯР в течение расчетного ресурса функционирования ЯЭУ, который достигает одного года и более.

Общий КПД преобразования тепловой энергии ЯР в электрическую не превышает 25…30 %. Поэтому 70…75 % первичной энергии должно рассеиваться в окружающем пространстве. Длительный теплоотвод без выброса массы в космическом пространстве возможен только путем излучения. С этой целью в ЯЭУ используют различные конструкции **холодильников-излучателей** (ХИ), чаще всего в виде оребренных трубок, по которым протекает теплоноситель, соединенных в цилиндрические или конические панели. В качестве теплоносителя обычно используются ртуть или смесь натрий-калий.

Системы обеспечения радиационной безопасности космических ЯЭУ рассмотрены в п.17.5.2.

17.5.2. Радиационные факторы при нормальном функционировании ядерных энергетических установок космического назначения

На **этапах транспортировки, хранения, предстартовой подготовки, запуска и выведения на орбиту** ЯЭУ находится в выключенном состоянии. В отсутствии аварийных ситуаций радиационные факторы на этих этапах не могут сколь-нибудь серьезно влиять на обслуживающий персонал и окружающую среду, поскольку мощности доз будут пренебрежимо малы, а полная интегральная доза для работающего персонала может поддерживаться на минимальном уровне.

Пуск реактора осуществляется только после подтверждения о выводе КА на расчетную орбиту непосредственными траекторными измерениями. С этого момента начинается **этап штатного функционирования** ЯЭУ на орбите.

Активная зона работающего реактора является интенсивным источником мгновенного гамма-нейтронного излучения, испускаемого в процессе ЦРД.

Интенсивность этого излучения за пределами активной зоны зависит от тепловой мощности реактора и его конструктивных особенностей.

Результаты расчетов, выполненных с учетом всех значимых характеристик ЯР, а также данные натурных измерений показывают следующее:

1. Работающий реактор может существенно изменить естественные радиационные факторы (фоновую обстановку) в космическом пространстве по гамма-квантам и нейтронной компоненте в локальной области ОКП. Это влияние тем существеннее, чем больше высота орбиты КА с ЯР.

2. Работающий реактор на низких орбитах (H = 200…300 км) создает плотность потока гамма-квантов, сравнимую с фоном в верхней полусфере (относительно Земли) на расстояниях 700…1000 км.

3. Области возмущений радиационного фона имеют вид слегка деформированных полусфер, в центре которых находится ЯР, а радиусы возмущения равны расстояниям 500…700 км в верхнюю и 200…300 км в нижнюю полусферу относительно Земли. Указанные области перемещаются со скоростью КА вдоль орбиты, а их центр во времени и пространстве имеет характеристики орбиты. Таким образом, геометрические параметры в пространстве областей возмущения жестко связаны с орбитальным построением КА с ЯЭУ.

4. Возникающие поля гамма-нейтронного излучения стационарны во времени, т.е. остаются постоянными в течение всего периода работы ЯР.

Период штатного функционирования на орбите ЯЭУ заканчивается выключением реактора, и с этого момента начинается последний этап жизненного цикла ЯЭУ – **этап обеспечения радиационной безопасности** (РБ).

Основным способом обеспечения РБ является *консервация ЯЭУ* (точнее активной зоны) на радиационно безопасных орбитах (РБО). К таким орбитам относят круговые орбиты с высотой от 700 км и более. На РБО время баллистического существования ЯЭУ превышает время распада осколков деления в остановленном реакторе до безопасного уровня. Минимальное необходимое время существования ЯР на РБО в зависимости от тепловой мощности (W) и ресурса работы оценивают по формуле:

$$T_c = 43{,}3(2{,}56 + T\cdot\ln W), \qquad (17.3)$$

где T_c – время существования на РБО, год; T – ресурс работы ЯР, год.

Для ЯР, эксплуатируемых на ***высоких орбитах***, РБ обеспечивается длительным временем их пассивного существования на рабочей орбите. Так, для ЯЭУ типа «Топаз» время существования на РБО составляет 350 лет, что достаточно для распада основных продуктов деления.

Для ***низкоорбитальных*** КА с ЯЭУ РБ обеспечивается *системой увода* ЯР на РБО и *системой диспергирования* (подрыва) реактора при отказе системы увода. Система диспергирования строится на принципах разделения конструкции ЯР на составные части и отдельные элементы, при аэродинамическом нагреве которых в плотных слоях атмосферы образуются частицы с размерами, обеспечивающими непревышение допустимого уровня радиоактивности на поверхности Земли. Система увода и диспергирования срабатывает и на этапе штатного функционирования работающего реактора на орбите в случае невыполнения команд на остановку ЯЭУ, а также отказа систем управления КА или ЯЭУ.

Анализ статистики запусков КА с ЯЭУ показывает, что практически все низкоорбитальные КА с ЯЭУ были успешно переведены на РБО, а в двух случаях (Космос-954, Космос-1402) сработала система диспергирования. По состоянию на 1997 г. в ОКП находилось 58 объектов с радиоактивными материалами (табл.17.8). Из их общего количества 56 объектов находятся в диапазоне высот 800…1500 км, и два – на геостационарной орбите. В совокупности на борту этих объектов имеется около 1 т радиоактивных веществ.

Выключенный реактор на этапе обеспечения РБ является источником гамма-квантов, испускаемых при распаде продуктов деления ядерного топлива. Выход осколочных квантов зависит от мощности ЯР, времени работы (T) и времени после его остановки (t).

Результаты расчетов плотностей потоков осколочных γ-квантов для $T = 360$ дней и $t = 1800$ дней (характеристики остановленного реактора на «Космосе-1867» по состоянию на 1993 г.) приведены в табл.17.9.

Таблица 17.8

Характеристики объектов с источниками ионизирующих излучений, находящихся в космосе

Объект	Кол-во	Диаметр, м	Длина, м	Масса, кг
КА с РТГ	10	0,5…1,1	0,3…1,5	70…300
КА с ЯЭУ	3	1,3	10	3800
ЯЭУ с отсеком увода	13	1,3	5,8	1250
Сборка ТВЭЛов	16	0,2	0,6	53
ЯЭУ с отсеком увода (без сборки ТВЭЛов)	16	1,3	5,8	1200

Таблица 17.9

Плотности потоков осколочного гамма-излучения (F_γ) в зависимости от расстояния (R) до выключенного ЯР

R, м	1	10	100	200	500
F_γ, 1/(см^2·с)	10	0,1	0,001	0,0025	0,0006

Плотности потоков гамма-квантов заглушенного реактора в 10 раз меньше, чем работающего. В связи с этим зоны возмущенного ОКП будут иметь аналогичные форму и динамику как и при работающем ЯР, но существенно меньший радиус полусфер возмущения ОКП – порядка 8…15 км.

17.5.3. Аварийные ситуации с ядерными энергетическими установками космических аппаратов и их последствия

Ядерные энергетические установки и РТГ являются радиационно опасными объектами, поскольку содержат достаточно большое количество радиоактивных материалов, сконцентрированных в малом объеме. Случайная (в результате аварийной ситуации) утечка ядерного топлива может создать опасность радиоактивного загрязнения на большой площади земной поверхности. Поэтому, главная ***цель обеспечения радиационной безопасности*** при эксплуатации ЯЭУ и РТГ космического назначения ***заключается в предотвращении или сведении к минимуму возможного воздействия радиоактивных веществ на обслуживающий персонал, население, окружающую среду.***

За все время эксплуатации космических ЯЭУ около 20 пусков были аварийными, при этом сами ЯЭУ в большинстве случаев не являлись причиной возникновения аварийных ситуаций.

Основные этапы эксплуатации ЯЭУ и сопутствующие им возможные аварийные ситуации представлены в табл.17.10.

Хранение и транспортировка ЯЭУ осуществляется в специальном транспортном контейнере, при этом физически и технически *исключена* всякая *возможность пуска реактора* или *попадания радиоактивных веществ во внешнюю среду* при любых аварийных ситуациях. Это обусловлено конструкцией как самого реактора, так и контейнера, обеспечивающей целостность активной зоны при экстремальных механических или тепловых нагрузках, а также при динамических воздействиях.

Таблица 17.10

Этапы эксплуатации ЯЭУ и возможные аварийные ситуации

Этап эксплуатации	Возможные аварийные ситуации
Хранение	Землетрясения, затопление, падение самолетов на хранилище и взрывы
Транспортировка	Удары при падении и авариях на транспортных средствах, пожары, взрывы
Предстартовая подготовка и запуск	Взрыв ракеты-носителя, попадание ЯЭУ в горящее топливо, аварийное прекращение полета и падение
Выведение на орбиту	Отказ систем носителя и падение с различной степенью разрушения в результате аэродинамического нагрева, взрыв последних ступеней носителя и падение
Функционирование на орбите	Отказы систем управления КА и системы автоматического управления ЯЭУ, столкновение КА с космическим мусором или крупным метеоритом
Обеспечение радиационной безопасности	Отказ системы обеспечения радиационной безопасности

Предстартовая подготовка и запуск носителя. Наиболее неблагоприятные в радиационном отношении факторы могут возникнуть при *аварийных ситуациях на стартовой площадке* (аварии, происходящие непосредственно на стартовой площадке или над ней на высоте до 3000 м). Чрезвычайные условия, влекущие за собой возможное высвобождение радиоактивных продуктов из ЯЭУ, могут возникнуть в результате наступления следующих событий.

1. **Случайного возникновения критичности реактора** на этапе испытаний и **его последующего взрыва**. При этом радиационные факторы, воздействующие на окружающую среду и обслуживающий персонал, будут определяться высвободившимися из активной зоны реактора радиоактивными веществами, прежде всего, аэрозолями урана.

Установлено, что при взрыве реактора ***до пуска носителя*** радиационные факторы будут локализованы на незначительной площади ($R \leq 500$ м), а их действие оказывается кратковремен-

ным. Так, на расстоянии 30 м от аварийного реактора при тепловой мощности 50 кВт через 16 минут мощность дозы составит 1 рад/час, через 2 часа – 0,1 рад/час, через сутки – 0,01 рад/час. При этом полная интегральная доза за 30 суток составит: на расстоянии 500 м (по ветру при средней скорости 5 м/с) – $2 \cdot 10^{-2}$ рад, на расстоянии 200 м – 0,1 рад, на расстоянии 100 м – 1 рад.

Радиационные факторы ***при взрыве реактора на высоте*** до 3000 м во время полета носителя будут определяться диспергированным ядерным топливом с размерами частиц до 100 мкм, которые под действием ветра выседают на расстоянии до 5 км от стартовой позиции. При этом, в зависимости от скорости ветра, ближняя граница зараженного участка местности может находиться на расстоянии 2…3 км от старта, а форма участка зараженной местности будет представлять собой эллипс с размерами осей 1…1,5 км на 2…3 км.

Следовательно, действие неблагоприятных радиационных факторов в обоих случаях будет ограничено малыми площадями на поверхности земли, а мощности доз и дозовые нагрузки на личный состав – являться незначительными. Подобный характер воздействия радиационных факторов *не окажет* сколь-нибудь *заметного влияния* на окружающую среду и личный состав, а ликвидация последствий аварии может быть произведена в кратчайшие сроки при соблюдении всех требований радиационной безопасности.

2. Аварии ракеты-носителя с ее последующим взрывом. При этом ЯЭУ может оказаться в экстремальных условиях, которые характеризуются:

– попаданием ЯЭУ в зону взрыва с температурой огненного шара до 3000°С и давлением ударной волны до 600 атмосфер;

– падением ЯЭУ на стартовую площадку в зону пожара с температурой пламени 2500…1100°С, понижающейся равномерно в течение примерно 6…10 минут.

В случае взрыва РН с последующим падением и погружением ЯЭУ в горящие компоненты ракетного топлива или воду (при тушении пожара) *может произойти разгон реактора и его тепловой взрыв*, сопровождающийся выходом мгновенного гамма-нейтронного излучения и выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду. Это потребует *организации радиационной защиты* личного состава, принимающего участие в ликвидации последствий аварийной ситуации.

Авария на этапе выведения на расчетную орбиту определяется как авария на восходящей траектории полета на высотах от 3 км до $H_{\text{расч}}$ в интервале времени от нескольких десятков секунд до нескольких минут, при этом реактор находится в выключенном состоянии, а его случайный запуск невозможен благодаря целому ряду конструктивных решений, предотвращающих несанкционированный запуск.

Количественные характеристики формируемых радиационно опасных факторов при выводе на расчетную орбиту оказываются *заметно ниже*, чем приведенные для *аварий на стартовой позиции*, поскольку одно и то же количество радиоактивных веществ, высвободившихся в результате аварии, распределяется на значительно бóльших площадях поверхности земли и дополнительно рассеивается в виде радиоактивных аэрозолей в воздухе.

Функционирование на орбите и обеспечение радиационной безопасности ЯЭУ могут сопровождаться следующими аварийными ситуациями, которые вызывают появление дополнительных радиационных факторов, воздействующих на окружающую среду.

1. Катастрофическим столкновением с «космическим мусором» высокоорбитального КА с ЯЭУ на рабочей орбите или низкоорбитального КА, выведенного на РБО после штатного срабатывания системы увода.

В настоящее время в ОКП находится свыше 7200 космических объектов искусственного происхождения с общей массой более 2000 т, регистрируемых современными средствами слежения, т.е. имеющих размер более 10 см. Гораздо большее число объектов имеют размеры менее 10 см (табл.17.11).

Таблица 17.11

Компоненты «космического мусора», находящиеся на орбите

Размеры, см	Количество объектов	Процент по количеству	Процент по общей массе
> 10	≈ 7200	0,2	99,95
2…10	≈ 1800	0,5	0,038
1…2	≈ 7000	1,95	0,012
0,1…1	≈ 350000	97,35	–
Всего	≈ 360000	100	100

Основное количество регистрируемых компонентов «космического мусора» (около 6000) находится на низких орбитах высотой до 5000 км, около 500 – на геостационарных, остальные – на промежуточных.

Для всей совокупности объектов, представленных в табл.17.11, вероятность катастрофического столкновения за расчетное время существования на РБО в 300 лет, оценивается величиной порядка 0,2, что говорит о возможном сокращении времени пребывания ЯЭУ на РБО.

Однако расчеты показывают, что при различных моделях фрагментации ЯЭУ, вызванной столкновением, разрушение ЯЭУ не приводит к возрастанию радиационной опасности в ОКП, а тем более на Земле. Это объясняется тем фактом, что время существования отдельного фрагмента определяется, в основном, отношением его массы к площади поперечного сечения. Например, время существования частицы радиусом 10 мм составляет около 150 лет, что приблизительно в 3 раза меньше, чем у сборки ТВЭЛов. Но активность такой частицы составляет лишь около 10^{-3} от активности сборки.

2. Отказом различных систем на борту низкоорбитального КА с ЯЭУ, невозможностью продолжения полета, отказом системы увода, постепенным снижением высоты орбиты, входом в верхние слои атмосферы, аэродинамическим нагревом и разрушением ЯЭУ.

При входе в атмосферу вследствие аэродинамического нагрева происходит полное сгорание конструкционных элементов КА и ЯЭУ. Аэродинамический нагрев имеет место на высотах более 21 км. Ниже этой высоты входящее в атмосферу тело обычно охлаждается. Тепловой нагрев становится заметным на высотах 100…120 км. Ядерное топливо в ТВЭЛах окружено внешними оболочками, отражателем и другими конструкционными элементами, поэтому оно сгорает в последнюю очередь. Для сведения к минимуму воздействия радиационных факторов и обеспечения РБ на Земле ТВЭЛы реактора должны сгореть с образованием частиц не более 1 мкм, рассеивающихся в последующем на высотах не менее 30,5 км.

Как показали результаты расчетов и экспериментов, полное сгорание конструкции ЯР происходит на высоте более 57 км. При этом полное сгорание ТВЭЛов происходит на высоте не менее 30,5 км, если они высвободятся из ЯР на высоте не менее 84 км. По крайней мере, 95 % ядерного топлива будет рассеяно в виде частиц с диаметром порядка 1 мкм, остальные 5 % будут иметь размер от 5 до 10 мкм. Из экспериментов и расчетов были определены требования к ***системе диспергирования*** (аварийного подрыва), которая должна срабатывать при спуске в диапазоне высот 90…95 км и обеспечивать разделение ЯЭУ на 3…5 фрагментов: сборку ТВЭЛов, отражатель, радиационную защиту, корпус ЯР.

Таким образом, аэродинамический нагрев приводит к образованию на больших высотах облака радиоактивных частиц со средним диаметром около 1 мкм. Дальнейшее поведение этих частиц полностью определяется свойствами атмосферы. Скорость выпадения радиоактивных частиц указанного размера из тропосферы в любой момент времени приблизительно пропорциональна их количеству. Период времени, необходимый для осаждения радиоактивных продуктов в заданном районе, называется «периодом половинного оседания». От верхней границы *тропосферы* (около 10 км) он составляет 2…6 недель.

Находясь в тропосфере в течение примерно одного месяца, частицы перемещаются ветрами, в основном восточными, вокруг Земли. При этом большая часть частиц выпадает в узкой широтной полосе между 30° и 60° северной и южной широт, соответственно.

Радиоактивные частицы из *стратосферы* (18…46 км) в тропосферу осаждаются гораздо медленнее. Это объясняется, главным образом тем, что вертикальные потоки воздуха в стратосфере имеют небольшую скорость, а количество влаги, с которой они могут осаждаться, здесь невелико.

Период половинного оседания из стратосферы изменяется в зависимости от широты входа частиц в стратосферу и составляет:

– для высот 33…75 км – 5 лет;

– для высот 21…33 км – 2,5 года;

– для высот < 21 км – 5…8 месяцев.

При этом максимальные концентрации активности в воздухе и на земле наблюдаются примерно через три месяца после начала выпадения. Эти концентрации, как показывают результаты измерений, оказываются на 3…4 порядка меньше значений величин, установленных нормами радиационной безопасности.

Исходя из содержания рассмотренных этапов эксплуатации ЯЭУ, возможный радиационный риск (R) определяется как сумма вероятностей (P) возникновения всех экстремальных ситуаций на всех этапах жизненного цикла ЯЭУ с учетом возникающих соответствующих дозовых нагрузок на все население или ограниченную группу людей:

$$R = \sum_i P_i \left(\{\Phi_{\text{п}}\}_i, \{\Phi_{\text{а}}\}_i, T_i\right) \cdot D_i, \qquad (17.4)$$

где i – номер этапа жизненного цикла ЯЭУ; $\{\Phi_{\text{п}}\}_i$ – множество природных воздействующих факторов на i-ом этапе, способствующих возникновению аварийной ситуации; $\{\Phi_{\text{а}}\}_i$ – множество антропогенных воздействующих факторов на i-ом этапе, вызывающих аварийную ситуацию; T_i – длительность i-го этапа; D_i – дозовая нагрузка.

Таким образом, на каждом этапе функционирования ЯЭУ рассматриваются все возможные аварийные ситуации, подсчитывается их вероятность и определяется воздействие последствий на население (группу лиц).

Глава 18
ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫЕ ОБЪЕКТЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИЙ (РАЗРУШЕНИЙ) НА НИХ

18.1. Источники химического загрязнения техногенного происхождения

Совокупность протекающих в природе термических, радиационных, химических, фотохимических процессов обусловила газовый состав атмосферы у поверхности земли, состоящий из 78 % азота, 21 % кислорода, 0,9 % аргона.

На химический состав стандартной атмосферы и гидросферы всегда накладывается некоторое количество примесей естественного происхождения.

Малые примеси веществ естественного происхождения (NH_4, CO, CH, NO и др.) образуются в процессах разложения и тления органики и при воздействии атмосферного электричества.

Кроме того, к числу примесей, выделяемых естественными источниками, относятся:

– пыль вулканического происхождения, а также выделяющаяся при выветривании почвы и горных пород;

– дым и газы от лесных и степных пожаров;

– различные продукты растительного и животного происхождения.

Все эти источники имеют стихийный кратковременный характер и в пространстве распределены локально. Создаваемый ими уровень загрязнения мало изменяется с течением времени. Постоянство химического состава атмосферы дает возможность следить за появлением в них дополнительных вредных веществ.

Характерной особенностью техногенного загрязнения ОПС является поступление в нее из техносферы не свойственных ей газообразных, твердых (аэрозольных) и жидких загрязнителей.

Основными **источниками химического загрязнения** являются:

- промышленные и другие предприятия, где применяются технологии с использованием химических процессов;
- транспорт;
- хозяйственные и коммунально-бытовые объекты;
- сельскохозяйственное производство.

Наиболее масштабным и значительным является химическое загрязнение **атмосферы** ***промышленного происхождения***. Основной вклад в выбросы вносят металлургия, энергетика и транспорт. Доля различных отраслей промышленности в загрязнении ОПС приведена в табл.18.1.

Таблица 18.1

Относительная доля различных отраслей промышленности в загрязнении окружающей среды

Металлургия	Энергетика	Химическая и нефтеперерабатывающая	Стройматериалов и угольная	Транспорт
26 %	25 %	7,5 %	5,8 %	30 %

Если рассмотреть подробнее структуру выбросов энергетики, то 89 % – это тепловые электростанции, 5 % – гидроэлектростанции и 6 % – АЭС.

Промышленные предприятия загрязняют окружающую среду большим количеством различных вредных веществ. К наиболее важным из них, с точки зрения защиты природы, относятся: сернистый газ SO_2 – 17,5 %; окислы углерода CO, CO_2 – 15,5 %; твердые вещества (сажа и т.п.) – 8,5 %; окислы азота – 4,5 %.

Интенсивным источником загрязнений атмосферы является ***автотранспорт***. Например, при среднегодовом пробеге легкового автомобиля («химической фабрики на колесах») около 15000 км он сжигает 4350 кг кислорода и выбрасывает в окружающую среду 3250 кг углекислого газа, 530 кг окиси углерода, около 1 кг свинца и 27 кг оксидов азота.

В результате техногенного воздействия на **атмосферу** возможны следующие негативные последствия:

1. Превышение допустимых концентраций вредных примесей в городах и населенных пунктах.

2. Образование смога и кислотных дождей.

3. Появление «парникового эффекта», способствующего повышению температуры на поверхности Земли.

Основными загрязнителями **гидросферы** являются:

– ***морской и речной транспорт*** (примерно 0,1 % годовых морских перевозок нефти (около 1 млрд т) попадает в мировой океан (около 1 млн т);

– ***сельскохозяйственное производство*** (через почву около 1/3 вносимых пестицидов и гербицидов вымывается в реки и озера);

– объекты ***коммунально-бытового*** назначения, ***предприятия*** целлюлозно-бумажной, медицинской, пищевой и т.д. промышленности (примерно 5,5 млн т отходов в год производства синтетических волокон (целлюлозно-бумажная промышленность) и 0,2 млн т в год растительных органических остатков (пищевая промышленность) попадает во внутренние (внешние) водоемы.

Воздействие техносферы на **гидросферу** приводит к следующим негативным последствиям:

1. Снижению запасов питьевой воды с допустимым содержанием примесей.

2. Изменению состояния и развития флоры и фауны океанов, морей, рек и озер.

Загрязнение **земель** (почвы) обусловлено, прежде всего, ***сельскохозяйственным производством*** при внесении удобрений и пестицидов. Оно может привести:

1. К сокращению площадей пахотных земель и уменьшению их плодородия.

2. К насыщению растений вредными веществами, что неизбежно влечет за собой загрязнение продуктов питания (в настоящее время до 70 % вредного воздействия на человека приходится на пищевые продукты).

3. К нарушению равновесия экосистем вследствие гибели насекомых, птиц, животных, некоторых видов растений.

Войсковая деятельность частей и подразделений также создает многочисленные источники загрязнений окружающей среды, которые, как правило, носят *локальный* характер. В войсковой деятельности **мирного времени** можно выделить три основных этапа:

– повседневная деятельность;

– боевая подготовка;

– дежурство.

Повседневная деятельность включает эксплуатацию жилого и учебного фонда в военном городке, систем тепло-, водо- и энергоснабжения, складов, хранилищ, стоянок вооружения, боевой и автотракторной техники. В процессе повседневной деятельности происходит загрязнение атмосферного воздуха при работе котельных, передвижения транспорта, сбросы в водоемы и в почву бытовых, топливных и других жидких отходов. Все это может вызвать гибель растительности, просачивание горюче-смазочных материалов, кислот и щелочей в грунтовые воды, смыв загрязнений в водоемы.

Особое место в воздействии на окружающую среду занимают ***боевая подготовка и дежурство***. В эти периоды происходит интенсивное передвижение боевой и автотранспортной техники, проведение стрельб, использование ракетной техники, инженерного вооружения и вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты. В результате этой деятельности в атмосферу выбрасывается большое количество газообразных и аэрозольных токсических веществ.

Для обеспечения **требований химической (экологической) безопасности** содержание всей номенклатуры техногенных химических веществ, поступающих в ОПС, строго регламентируется. Для этих целей используют два основных количественных показателя: предельно-допустимую концентрацию (ПДК) и предельно-допустимый выброс (ПДВ).

Предельно-допустимая концентрация – это максимальная концентрация примеси в единице объема воздуха (воды) или в единице массы почвы, которая не оказывает прямого или косвенного вредного действия на человека, его потомство и санитарные условия жизни.

В настоящее время установлены ПДК в расчете на среднего человека для ***воздушной*** среды предприятий, атмосферы городов и других населенных пунктов.

В зависимости от норм ПДК ***водоисточники*** подразделяют на две категории:

– источники хозяйственно-питьевого назначения;

– водоемы в черте населенных пунктов (для купания, занятий спортом, отдыха).

Установлены ПДК по содержанию в ***почвах*** пестицидов, тяжелых металлов и органических соединений.

Санитарно-гигиенические требования к нормам ПДК регламентируются соответствующими ГОСТами и Санитарными Правилами.

С целью контроля над поступлениями техногенных примесей в ОПС от источников выбросов для каждого из них на основе установленных ПДК рассчитывают их **предельно допустимый выброс**. Величины этих выбросов для каждого стационарного и подвижного источника регламентируются соответствующими нормативными документами.

Большинство веществ, входящих в состав техногенных примесей, являются токсичными для человека. В производственных условиях эти токсичные вещества называют вредными.

Согласно ГОСТ, **вредные вещества** – это химические соединения, которые при попадании в организм человека могут вызвать травмы, заболевания и отклонения в состоянии здоровья как в процессе контакта с ними, так и в отдаленные сроки жизни.

Вредными являются около 60 тыс. веществ. Большинство из них, в том числе слаботоксичные и практически нетоксичные,

могут стать причиной тяжелого поражения человека. Однако привести к массовым потерям в результате выброса (утечек) этих веществ в ОПС, могут не все, включая даже высокотоксичные и чрезвычайно токсичные соединения. Лишь часть химических соединений, которые в аварийных ситуациях способны легко переходить в основное поражающее состояние (пар или аэрозоль) могут стать причиной массовых поражений людей. Эти вещества относятся к группе наиболее опасных, и они получили название аварийно химически опасных веществ (АХОВ).

18.2. Аварийно химически опасные вещества

Аварийно химически опасные вещества – это обращающиеся в больших количествах в промышленности и на транспорте токсичные химические соединения, способные при аварии (разрушении) на объектах легко переходить в атмосферу и вызывать массовые поражения личного состава войск и гражданского населения.

Под ***массовыми поражениями*** понимают (по нижней границе) ситуацию, когда выброс АХОВ представляет опасность:

- на объекте – для персонала производственного участка (цеха) или объекта;
- за пределами объекта – для населения и личного состава частей, дислоцирующихся вблизи химически опасных объектов.

Для характеристики токсичности АХОВ в ***процессе производственной деятельности*** используется **предельно допустимая концентрация**, регламентирующая допустимую степень заражения воздуха рабочей зоны и используемая в интересах соблюдения техники безопасности. Вместе с тем, ПДК, несмотря на широкую сферу своего применения, не может служить полной характеристикой токсичности АХОВ, так как не позволяет оценить возможный физиологический эффект в зависимости от времени воздействия и путей попадания в организм.

В ***аварийных ситуациях*** в качестве основного пути попадания АХОВ в организм человека следует считать ингаляционный (через органы дыхания), так как дыхательная функция является непрерывной, в то время как кожно-резорбтивное (через кожные покровы) и пероральное (через желудочно-кишечный тракт) поражение можно исключить различными ограничительными и запретительными мерами. Однако в некоторых случаях, особенно при нахождении в районе (очаге) аварии, не исключена возможность поражения людей через кожные покровы. Поэтому для количественной характеристики токсичности АХОВ в аварийных ситуациях используют те же категории токсодоз, что и для оценки поражающего действия БТХВ (**ингаляционную** и **кожно-резорбтивную токсодозы**).

В зависимости от создаваемой степени опасности для организма человека АХОВ делятся на четыре класса, характеристики которых представлены в табл.18.2.

Таблица 18.2

Классы опасности АХОВ

Классы опасности	ПДК, мг/л	LCt_{50}, мг·мин/л	LD_{50}, мг/кг
Чрезвычайно опасные	Менее 10^{-4}	Менее 0,5	Менее 15
Высокоопасные	10^{-4}…10^{-3}	0,5…5	15…150
Умеренноопасные	10^{-3}…10^{-2}	5,001…50	151…5000
Малоопасные	Более 10^{-2}	Более 50	Более 5000

Введение такой классификации обусловлено тем, что в ряде случаев высокотоксичные соединения вследствие особенностей своих физико-химических свойств оказываются малоопасными и, наоборот, малотоксичные, но высоколетучие вещества приобретают высокоопасный характер. Соответственно, при оценке опасностей веществ по ряду показателей, в конечном итоге должен

быть выбран определяющий показатель (лимитирующий показатель), выявляющий наибольшую степень опасности.

Классификация АХОВ по степени токсичности при **ингаляционном** воздействии приведена в табл.18.3.

Таблица 18.3

Классификация АХОВ по степени токсичности

Группа токсичности	LCt_{50}, мг·мин/л	Типичные представители АХОВ
Чрезвычайно токсичные	< 1	Соединения As, Hg, Cd, Pb, Ti, Zn, P; вещества с CN-группой; фторорганические соединения; хлоргидрины; галогены и др. соединения
Высокотоксичные	1…5	
Сильнотоксичные	6…20	Минеральные и органические кислоты; щелочи; соединения S; Cl- и Br-содержащие углеводороды; нитро- и аминосоединения; фенолы и гетероциклические соединения

Из всего многообразия вредных химических веществ, используемых в промышленности, к АХОВ относится около 40 соединений. Из них почти 25 % (8 соединений) применялись ранее как табельные ОВ или рассматривались в качестве резервных. Наиболее распространенными АХОВ являются **аммиак** и **хлор** (рис.18.1), в частях запуска Космических войск широко используются **компоненты ракетного топлива** (КРТ): окислители на основе азотной кислоты (АК – азотно-кислотный и АТ – азотный тетраксид) и горючее – гептил (несимметричный диметилгидразин – НДМГ).

Для **аммиака** характерно *удушающее* и *нейротропное* действие на организм. При этом общетоксические эффекты обусловлены поражением нервной системы: снижением способности мозговой ткани усваивать кислород, нарушением свертываемости

крови. При тяжелом отравлении происходят временная потеря памяти, головокружение, нарушение равновесия, тик, понижение болевой чувствительности и т.д. Смерть может наступить от сердечной слабости или остановки дыхания.

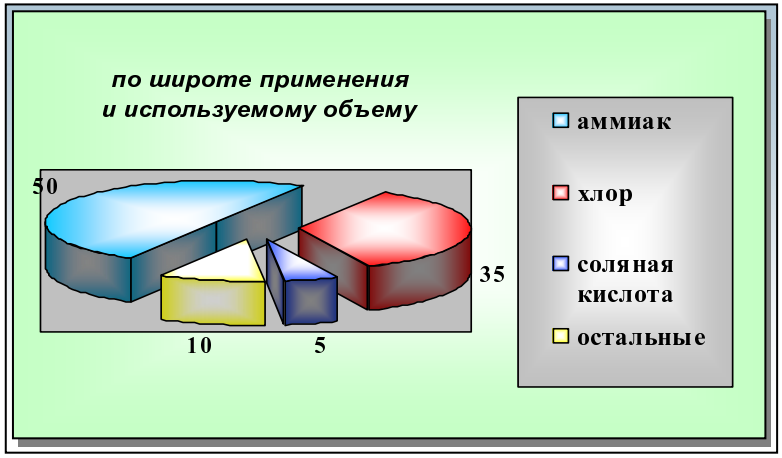


Рис.18.1. Наиболее распространенные АХОВ

Хлор – АХОВ *удушающего* действия, бывшее табельное ОВ. Токсические эффекты проявляются в раздражении дыхательных путей, возникновении загрудинных болей, жжения и рези в глазах, мучительного сухого кашля, отека легких. При внезапном вдыхании очень высоких концентраций может наступить молниеносная смерть от удушья.

Окислители АК и **АТ** по своим токсическим свойствам являются сильно действующими ядовитыми веществами с выраженным *раздражающим* и *обжигающим* действием вследствие вдыхания окислов азота и попадания их на кожу. Пары окислителей **при вдыхании** вызывают раздражение слизистых оболочек, кашель, головокружение, а при повышенной дозе развивается отек легких вплоть до летального исхода. При **попадании на кожу**, несвоевременном удалении (более 4…5 секунд) окислители вызывают тяжелые химические ожоги вплоть до трудно заживающих язв.

Гептил относится к разряду высокоопасных ядовитых веществ *удушающего* и *нейротропного* действия. Вызывает отек легких и тяжелые поражения центральной нервной системы. Острое отравление приводит к поражению печени, затемнению сознания, многочасовым частым судорогам, потере сознания с последующим смертельным исходом. Непосредственно на кожу поражающего действия гептил не оказывает, но очень быстро (через несколько секунд) всасывается в кровяные потоки.

Характеристики вышеперечисленных АХОВ приведены в табл.18.4.

Таблица 18.4

Токсические характеристики АХОВ

Наименование АХОВ	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/л	PCt_{50}, мг·мин/л	LCt_{50}, мг·мин/л
Аммиак	10^{-2}	15,0	100 (при экспозиции 50 мин)
Хлор	10^{-3}	0,6	6,0 (при экспозиции 50 мин)
Окислители	$2 \cdot 10^{-3}$	0,01	3,5 (при экспозиции 5 мин)
Гептил	10^{-4}	0,24	2,0 (при экспозиции 5 мин)

Таким образом, из таблицы следует, что хлор, окислители и гептил относятся к чрезвычайно токсичным АХОВ, аммиак – к высокотоксичным.

Учитывая объемы оборота хлора в промышленности, его токсичность принимают за эталонную и с ней сравнивают токсичность всех остальных АХОВ при помощи коэффициента токсичности $K_т$. Для хлора принимают $K_т = 1$. Если, например, $K_т = 5$, то это означает, что 1 т хлора равна по токсичности 5 т данного АХОВ. Для аммиака $K_т = 10$.

18.3. Общая характеристика химически опасных объектов

Химически опасными объектами (ХОО) называют объекты, на которых производят, хранят, используют и транспортируют в больших количествах АХОВ.

В настоящее время в России имеется около 35000 таких объектов. В Космических войсках к ХОО относятся части запуска КА, как объекты, использующие КРТ.

Все ХОО классифицируются по степени химической опасности. В основу классификации положена степень опасности для населения химического заражения при производственных авариях, разрушениях, нарушениях технологического процесса, взрывах и пожарах. **Показателями** для отнесения ХОО к той или иной группе химической опасности являются **доля территории**, накрываемой зоной химического заражения, или **количество населения**, подвергаемого опасности поражения АХОВ.

По степени потенциальной химической опасности для населения ХОО делят на четыре группы (табл.18.5).

Таблица 18.5

Критерий для классификации химически опасных объектов по степеням химической опасности

I	II	III	IV
В зону возможного химического заражения АХОВ попадает более 75 тыс. чел.	В зону возможного химического заражения АХОВ попадает от 40 до 75 тыс. чел.	В зону возможного химического заражения АХОВ попадает менее 40 тыс. чел.	Зона возможного химического заражения не выходит за пределы территории объекта или его санитарно-защитной зоны

Анализ структуры ХОО показывает, что в их технологических линиях обращается, как правило, незначительное количество токсичных химических продуктов.

Значительно большее количество АХОВ по объему содержится на складах предприятий в крупнотоннажных емкостях или в транспортных цистернах. Нормы хранения АХОВ на каждом предприятии определяются с учетом условий их потребления, выработки, транспортирования, предупреждения аварийных ситуаций, профилактических остановок, сезонных поставок, а также токсичности, пожаро- и взрывоопасности. В среднем на предприятиях минимальные (неснижаемые) запасы химических продуктов создаются на трое суток, в результате чего на самых крупных из них, а также на складах и терминалах могут одновременно храниться тысячи тонн АХОВ.

На производственных площадках или в транспортных средствах АХОВ, как правило, содержатся в **стандартных емкостных элементах**. Это могут быть алюминиевые, железобетонные и стальные оболочки, в которых поддерживаются условия, соответствующие заданному режиму хранения. Форма и тип емкостных элементов выбираются исходя из масштабов производства или потребления, условий их транспортирования. Наиболее широкое распространение в настоящее время получили емкости цилиндрической формы и шаровые резервуары.

Вместимость резервуаров бывает различной. Например, хлор хранится в емкостях вместимостью от 1 до 1000 т; аммиак – от 5 до 30000 т; синильная кислота – от 1 до 200 т; окись этилена – в шаровых резервуарах объемом 800 $м^3$ и более; окись углерода, двуокись серы, гидразин, тетраэтилсвинец, сероуглерод – в емкостях вместимостью от 1 до 100 т.

Наземные резервуары, как правило, располагаются группами. Для каждой группы резервуаров по периметру оборудуется **замкнутое обвалование** (или **ограждающая стенка** из несгораемых и коррозионно-устойчивых материалов) высотой не менее 1 м.

Для обеспечения безопасности населения, проживающего вблизи ХОО, вокруг них создаются **санитарно-защитные зоны**, отделяющие жилые кварталы от предприятий. Глубина санитарно-защитной зоны зависит от мощности предприятия (количества

хранимых АХОВ), условий осуществления технологического процесса, количества выделяемых в окружающую среду вредных веществ и может составлять до 1000 м.

Для **хранения** АХОВ на складах предприятий используются следующие основные **способы**:

- в резервуарах под высоким давлением;
- в изотермических хранилищах при давлении, близком к атмосферному;
- при температуре окружающей среды в закрытых емкостях (для высококипящих жидкостей).

Способ хранения АХОВ во многом определяет их поведение при авариях (вскрытии, повреждении, разрушении оболочек резервуаров).

18.4. Аварии на химически опасных объектах и их последствия

Под **аварией** на ХОО (химически опасной аварией) понимают любое происшествие, приводящее к выбросу АХОВ в количествах, опасных для людей, животных и окружающей природной среды.

По **масштабам последствий** химически опасные аварии подразделяются на:

1. **Локальные**, последствия которых ограничиваются производственным участком, цехом ХОО.

2. **Местные**, последствия которых ограничиваются производственной площадкой объекта или его санитарно-защитной зоной.

3. **Общие**, последствия которых распространяются за пределы санитарно-защитной зоны ХОО.

Наибольшую опасность для населения, личного состава частей, дислоцирующихся вблизи ХОО, и окружающей природной среды представляют **общие аварии**. В этом случае возникает

несколько поражающих факторов, к основным из которых относятся:

– залповые выбросы АХОВ в атмосферу;

– загрязнение объектов и ОПС в очаге и на следе распространения образовавшегося облака АХОВ:

– взрывы и «химические» пожары с поступлением токсичных веществ в окружающую среду;

– обширные зоны задымления в сочетании с токсичными продуктами.

Принципиальная схема формирования поражающих факторов при аварии на ХОО приведена на рис.18.2.

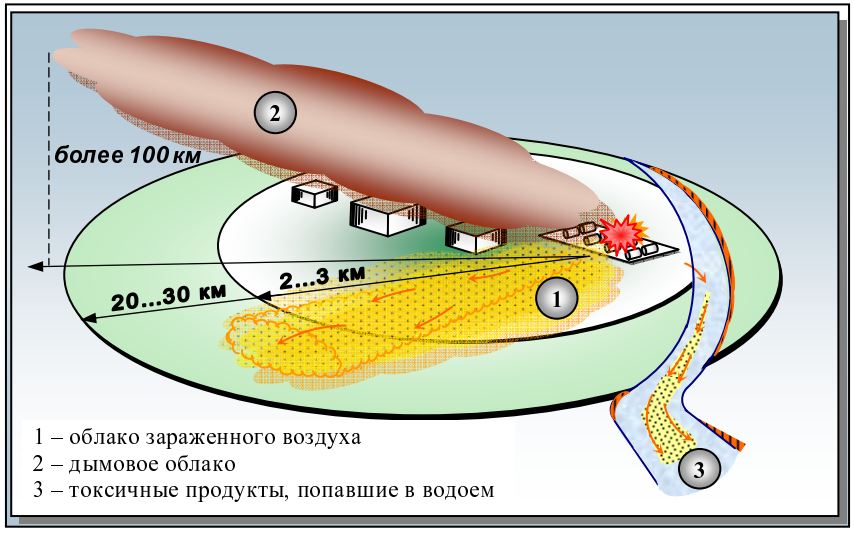


Рис.18.2. Схема формирования поражающих факторов при аварии на ХОО

Залповый выброс происходит при разгерметизации и нарушении целостности емкостей с АХОВ. При этом наибольшую опасность для людей и ОПС представляет разрушение хранилищ, находящихся *под давлением*. В случае разрушения такого хранилища часть вещества (до 20 %) в течение непродолжительного

времени переходит в газообразное состояние и образует **первичное** облако зараженного воздуха. При полном же разрушении *изотермического* хранилища в первичное облако в течение нескольких минут может перейти всего около 3 % вещества. При вскрытии резервуаров с *высококипящими жидкостями* образование первичного облака не происходит. Учитывая малые скорости испарения таких АХОВ, они будут представлять опасность только для персонала, находящегося непосредственно в районе аварии.

Основным процессом, определяющим поступление АХОВ во **вторичное** облако, является процесс испарения с площади поверхности пролива.

Распространение первичного и вторичного облаков со скоростью и направлением ветра в приземном слое приводит к ***загрязнению объектов и ОПС в очаге и на следе*** распространения образовавшихся облаков АХОВ.

Следует отметить, что многие АХОВ являются легковоспламеняющимися (аммиак, окись углерода и др.) или взрывоопасными (гидразин, хлор и др.) веществами. При этом ***взрыв*** или ***пожар*** могут способствовать дальнейшему развитию аварии и выделению при горении различных токсичных веществ (например, при горении пластмасс, полиуретана выделяются синильная кислота, фосген, окись углерода и т.п.). Пожар сопровождается образованием ***дымового облака***, содержащего образовавшиеся токсичные продукты, которое может распространяться на значительные расстояния.

Таким образом, при аварии (разрушении) на ХОО в **районе объекта** могут возникать «химические» пожары, взрывы и химическое загрязнение его территории. **За пределами объекта** вследствие образования первичного (в результате мгновенного выброса АХОВ в атмосферу) и вторичного (в результате испарения АХОВ из вскрытой емкости или из обвалованной зоны) облаков формируется зона химического загрязнения (ЗХЗ). Эта зона представляет собой территорию, на которой произошло химическое загрязнение воздуха, почвы и водоемов в опасных для людей концентрациях.

Глубина ЗХЗ может по направлению ветра составлять от нескольких километров до нескольких десятков километров в зависимости от метеоусловий. Кроме того, за пределами объекта распространяется образовавшееся дымовое облако с токсичными продуктами горения.

Глава 19
БИОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫЕ ОБЪЕКТЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИЙ (РАЗРУШЕНИЙ) НА НИХ

19.1. Общая характеристика биологически опасных объектов

Биологически опасными объектами (БОО) называют предприятия, учреждения, организации, в процессе научно-производственной деятельности которых используются микроорганизмы различных групп **патогенности** (способности вызывать инфекционные процессы у человека, животных или растений) и продукты их жизнедеятельности, способные при попадании в окружающую природную среду вызывать поражение людей, животных и растений, а также биологическое загрязнение воздуха, водоемов и почвы.

Источниками случайного биологического загрязнения могут служить различные диагностические, научно-исследовательские, научно-производственные учреждения и предприятия микробиологического профиля. Резервуарами заразного начала в данных учреждениях являются элементы лабораторного, технологического и вспомогательного оборудования, содержащие возбудители инфекционных болезней. В определенных ситуациях, когда невозможно обеспечить требуемый санитарно-эпидемиологический режим, эти резервуары могут служить первичными источниками случайного загрязнения и, следовательно, причиной возникновения биологической чрезвычайных ситуаций (ЧС).

По степени возрастания опасности создания ЧС все эти учреждения можно категорировать следующим образом:

- диагностические учреждения;
- научно-исследовательские учреждения;
- научно-производственные учреждения;
- предприятия микробиологической промышленности.

Диагностические учреждения представляют минимальную угрозу в создании ЧС. Это обусловлено тем, что в этих учреждениях исследования по идентификации возбудителей проводятся с использованием инактивированных (незаразных) проб биологической природы.

Бóльшую опасность в создании ЧС представляют *научно-исследовательские* и *научно-производственные учреждения*, а также *предприятия микробиологического профиля*, оснащенные биотехнологическим оборудованием для **масштабной наработки** продуктов микробиологического синтеза в технологиях получения вакцин из убитых микроорганизмов. Возможности современного биотехнологического оборудования позволяют получать от десятков до тысяч литров микробосодержащего материала с сотнями 50 %-х летальных инфицирующих доз для человека.

Кроме того, к значительным объемам (концентрациям) микробных полуфабрикатов следует добавить **высокую патогенность** возбудителей и, соответственно, **малые инфицирующие** (поражающие) **дозы** при заражении воздушным путем.

В целях предотвращения внутрилабораторного заражения проведение работ с микроорганизмами различных групп патогенности регламентируется **санитарными правилами СП 1.2.011-94**, действие которых закреплено **Федеральным Законом РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ** от 30 марта 1999 г.

В соответствии с этими правилами:

– для ***непатогенных*** микроорганизмов **установлены ПДК**, воздействие которых в течение сколь угодно длительного времени не причиняет вреда человеку;

– наличие ***патогенных*** микроорганизмов в воздухе рабочей зоны, а тем более населенных мест, является **недопустимым**. В качестве основного **показателя**, характеризующего степень их воздействия на организм человека, по аналогии с АХОВ, применяют среднюю смертельную (LCt_{50}), среднюю выводящую из строя (ICt_{50}) и среднюю пороговую (PCt_{50}) **токсодозы**. Значения этих величин для каждого патогенного микроорганизма основываются на экспериментальных данных, проверенных на животных.

19.2. Последствия аварий на биологически опасных объектах

Под **аварией** на БОО (биологически опасной аварией) понимают аварию, сопровождающуюся распространением опасных биологических веществ в количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, для сельскохозяйственных животных и растений и приводящих к ущербу окружающей природной среде.

К техногенным ЧС относят следующие **виды аварий** с выбросом (угрозой выброса) опасных биологических веществ:

- аварии на предприятиях и в научно-исследовательских учреждениях (лабораториях), т.е. на биологически опасных объектах;
- аварии на транспорте;
- утрата (хищение) опасного биологического вещества.

Основными **параметрами**, определяющими степень биологической опасности при аварии, являются:

– вид возбудителя (группа патогенности, устойчивость во внешней среде);

– масса и агрегатное состояние продуктов микробиологического синтеза в выбросе;

– наличие и эффективность средств экстренной профилактики и лечения;

– метеорологические условия, рельеф местности в районе расположения БОО;

– плотность застройки и наличие мест массового пребывания людей (животных) и т.п.

По **масштабам**, в зависимости от характера выброса и площади образующегося района загрязнения, последствия биологических ЧС могут ограничиваться:

1. Территорией БОО.

2. Территорией в пределах санитарно-защитной зоны БОО.

3. Территорией за пределами санитарно-защитной зоны БОО.

Характер и напряженность эпидемиологического процесса в районе биологического загрязнения определяются абсолютной численностью первично инфицированных (пораженных) людей (животных), устойчивостью возбудителя к неблагоприятным факторам окружающей среды, а также склонностью его к эпидемическому распространению.

При возникновении аварии на БОО, сопровождающейся выбросом продуктов микробиологического синтеза, формируется зона биологического загрязнения. **Зоной биологического загрязнения** называют территорию или акваторию, в пределах которых распространены (или привнесены) возбудители инфекционных болезней или токсические продукты их жизнедеятельности, создающие опасность для жизни и здоровья людей, для сельскохозяйственных животных и растений, а также для окружающей природной среды.

Несмотря на то, что в микробиологических производствах применяются микроорганизмы непатогенные (для человека и животных), а для патогенных применяют серьезные меры защиты, систематический контакт персонала и населения с микроорганизмами в случае их выброса за пределы БОО приводит к ослаблению иммунитета человека, аллергизации организма, снижению сопротивляемости сопутствующим инфекциям или к гибели.

Наибольшую опасность представляет выброс *патогенных* микроорганизмов. При этом, по экспертным оценкам, в результате

ЧС на БОО за пределами санитарно-защитной зоны могут образовываться зоны биологического загрязнения площадью до нескольких десятков кв.км. **Продолжительность загрязнения** местности определяется, в основном, факторами окружающей среды (температурой, влажностью), биологическими свойствами микроорганизмов и может составлять от нескольких часов до нескольких десятков часов.

Таким образом, выброс продуктов микробиологического синтеза в окружающую среду может быть обусловлен технологическими и аварийными выбросами предприятий медицинской и микробиологической промышленности, которые по уровню биологического загрязнения воздуха, почвы и водоемов вблизи эпицентра выброса **сравнимы с применением биологического оружия**. Кроме того, во внутренних объемах технологического оборудования останется большое количество микробосодержащих смесей, что представляет большую угрозу **вторичного распространения** возбудителей по причине невозможности осуществления дезинфекции или стерилизации в кратчайшие сроки.

Раздел VI. РАДИАЦИОННАЯ, ХИМИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА

Глава 20
ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

20.1. Роль радиационной, химической и биологической защиты на современном этапе и принципы ее обеспечения

Радиационная, химическая и биологическая защита (РХБ защита) является одним из **видов боевого обеспечения** и имеет большое значение для поддержания требуемой боеспособности частей и подразделений.

На современном этапе РХБ защита выполняет следующие **функции**:

– защиты в зонах РХБ заражения при применении ОМП (традиционная функция в рамках общей защиты от ОМП);

– защиты в зонах заражения при авариях (разрушениях) на радиационно, химически и биологически опасных объектах (РХБОО) в мирное и военное время при ведении боевых действий с применением обычных средств поражения (новая и основная функция защиты в этих условиях).

Выполняя эти функции, РХБ защита придает войскам **свойство защищенности** при воздействии РХБ поражающих факторов, т.е. способность предотвращать или максимально снижать интенсивность воздействия этих факторов.

Необходимость осуществления РХБ защиты как в мирное, так и в военное время не только свидетельствует об актуальности этого вида боевого обеспечения на современном этапе, но и определяет содержание целей, задач РХБ защиты и комплекса составляющих ее мероприятий.

РХБ защита представляет собой совокупность согласованных мероприятий и действий войск (сил), направленных на обеспечение выполнения боевых задач в условиях применения противником ОМП, высокоточного и других видов оружия, крупномасштабных аварий (разрушений) на РХБОО.

Под другими видами оружия подразумеваются лазерное, а также химическое и биологическое оружие несмертельного действия.

РХБ защита осуществляется **во взаимодействии** с другими видами боевого, технического и тылового обеспечения.

Как известно, конечной целью любого вида обеспечения являются создание благоприятных условий и повышение эффективности действий своих войск, а также снижение эффективности воздействия поражающих факторов любой природы.

Эта общая цель для РХБ защиты конкретизируется следующим образом:

Радиационная, химическая и биологическая защита организуется и осуществляется с **целью** поддержания требуемой боеспособности войск путем максимального ослабления воздействия на них поражающих факторов ОМП, разрушений (аварий) на РХБОО, высокоточного и других видов оружия.

Организация и проведение РХБ защиты основывается на **принципах** комплексности, непрерывности, самостоятельности и оперативности.

Принцип **комплексности** вытекает из основной цели РХБ защиты и предполагает обеспечение всего личного состава от всех видов поражающих воздействий и генерируемых ими РХБ поражающих факторов (защита «*всех от всего*»). Однако в первую очередь, защита осуществляется в интересах частей (подразделений), выполняющих основные боевые задачи.

Принцип **непрерывности** РХБ защиты означает ее постоянное осуществление во времени и в пространстве («*всегда и везде*»), т.е. на всех этапах боевой и повседневной деятельности частей (подразделений) как в мирное, так и в военное время независимо от того, ведутся боевые действия с применением обычных средств поражения или ОМП (непрерывность во времени), и независимо от места дислокации или базирования (непрерывность в пространстве). В соответствии с этим принципом РХБ защита осуществляется во всех степенях боевой готовности с наращиванием ее уров-

ня при переходе к высшим степеням независимо от того является ли элемент боевого порядка потенциальной целью для ЯХБ оружия противника.

Принцип **самостоятельности** предполагает, что все части и подразделения выполняют задачи РХБ защиты во всех видах боевой и повседневной деятельности с максимальной самостоятельностью, т.е. прежде всего своими силами и средствами («*делай сам*»). Наиболее сложные и специфические задачи выполняют подразделения РХБ защиты и специально подготовленные подразделения.

И, наконец, принцип **оперативности** требует своевременного проведения всех мероприятий РХБ защиты, ее постоянной готовности к выполнению поставленных задач («*делай вовремя*»). Оперативность защиты достигается, прежде всего, качеством работы органов управления по организации защиты.

Радиационная, химическая и биологическая защита частей (подразделений) Космических войск осуществляется путем решения ряда взаимосвязанных задач, направленных на достижение ее основной цели.

20.2. Задачи и мероприятия радиационной, химической и биологической защиты

К числу основных **задач** РХБ защиты частей (подразделений) Космических войск относятся:

I. **Выявление и оценка РХБ обстановки** в районах пунктов управления, на полевых рабочих позициях и в других районах сосредоточения подразделений, на маршрутах движения, подвоза и эвакуации, на стартовом комплексе и в районах падения (аварии) ракет носителей.

Из определения данной задачи следует, что ее решение связано с получением информации об источниках потенциальной РХБ опасности и об ее характере. Поэтому ее можно назвать задачей **информационного обеспечения** РХБ защиты.

II. Обеспечение защиты личного состава в условиях РХБ заражения.

Решение этой задачи связано с осуществлением непосредственного противодействия поражающим факторам РХБ обстановки и, следовательно, она является задачей **непосредственной защиты**.

III. Снижение заметности войск и объектов.

По своей сущности эта задача также направлена на обеспечение непосредственной защиты, но только от источников совершенно иной опасности (высокоточного, лазерного и других видов оружия). В этом смысле она отделена от второй задачи и имеет самостоятельное значение.

IV. Выполнение мероприятий РХБ защиты **при ликвидации последствий аварий** (разрушений) на объектах Космических войск.

Решение этой задачи связано с устранением последствий аварийных ситуаций на радиационно и химически опасных объектах частей Космических войск (объектах с ЯЭУ, КРТ и т.д.). Следовательно, ее можно назвать задачей **нормализации обстановки**.

Для решения перечисленных задач в войсках организуется проведение мероприятий РХБ защиты, которые также подразделяются на четыре группы.

Мероприятия, направленные на решение задачи ***информационного обеспечения*** РХБ защиты (первая группа), проводятся с целью обеспечения органов военного управления необходимой информацией о фактах, масштабах и последствиях применения противником ОМП, аварий (разрушений) на РХБОО в интересах принятия решения командиром на действия частей (подразделений) в условиях РХБ заражения.

Перечень мероприятий этой группы представлен на рис.20.1.

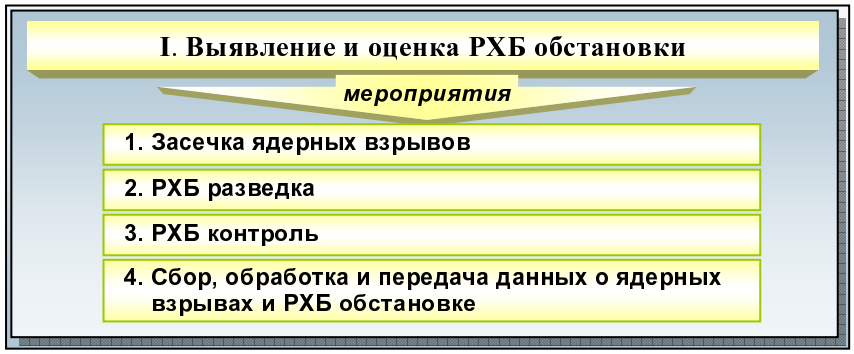


Рис.20.1. Мероприятия информационного обеспечения РХБ защиты

Мероприятия непосредственной защиты (вторая группа) направлены на максимальное снижение потерь личного состава при воздействии поражающих факторов ОМП, аварий (разрушений) на РХБОО. Защита войск при этом достигается проведением организационных мероприятий и применением технических средств (рис.20.2).

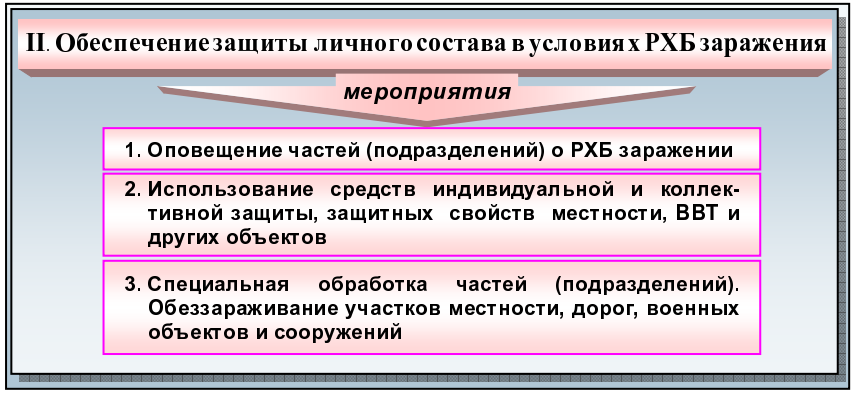


Рис.20.2. Мероприятия непосредственной защиты

Снижение заметности войск и объектов (третья группа) проводится для затруднения их обнаружения противником, снижения эффективности его ударов высокоточным и другими видами оружия. Мероприятия этой группы отражены на рис.20.3.

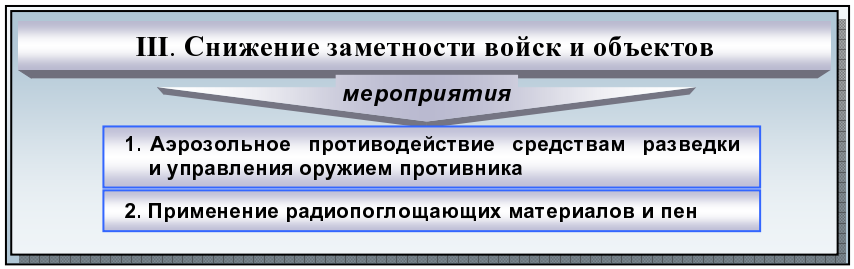


Рис.20.3. Мероприятия по снижению заметности войск и объектов

Состав ***мероприятий*** РХБ защиты ***при ликвидации последствий*** (четвертая группа) фактически включает те же мероприятия, которые направлены на решение первых двух задач защиты (рис.20.4). На аварийных РХБОО с этой целью используются части (подразделения) войск РХБ защиты, на аварийных объектах Космических войск – силы и средства их частей и соединений.

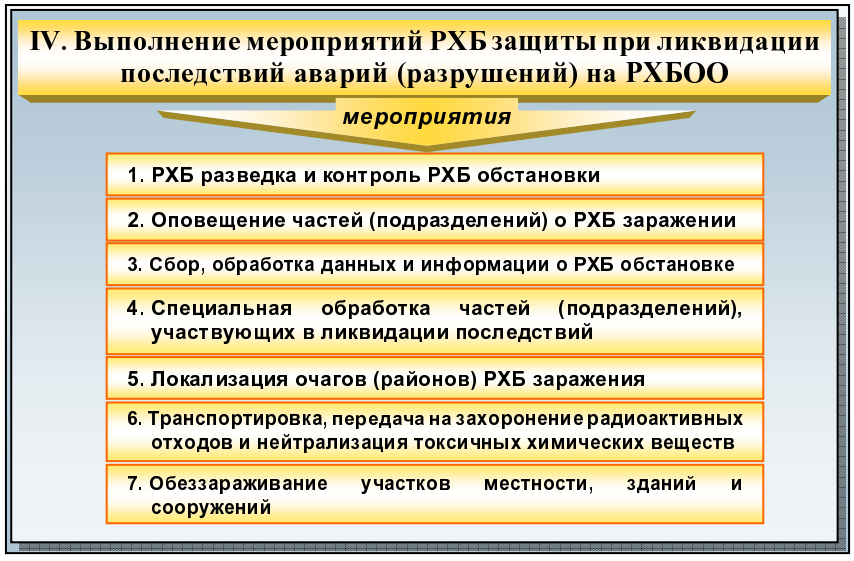


Рис.20.4. Мероприятия РХБ защиты при ликвидации последствий

Успешное выполнение задач РХБ защиты **достигается**:

1. Постоянной готовностью войск к выполнению боевых задач в условиях применения противником ОМП, высокоточного оружия, РХБ заражения местности, вооружения и военной техники.

2. Своевременным выявлением подготовки противника к применению ОМП и установлением факта его применения.

3. Постоянным знанием РХБ обстановки всеми должностными лицами.

4. Согласованием мероприятий РХБ защиты с задачами других видов боевого, технического и тылового обеспечения.

5. Устойчивостью, непрерывностью и оперативностью управления силами и средствами РХБ защиты.

20.3. Силы и средства радиационной, химической и биологической защиты частей Космических войск

В частях Космических войск задачи РХБ защиты выполняются подразделениями РХБ защиты и специально подготовленными подразделениями с использованием **штатных** (специальных машин войск РХБ защиты, перечень и количество которых определяются штатом части) и **табельных** (предусмотренных соответствующим разделом табеля к штату части) средств РХБ защиты.

К указанным подразделениям **относятся**:

- взводы и отделения РХБ защиты;
- склады вооружения и средств (ВиС) РХБ защиты и ремонтные химические мастерские;
- специально подготовленные отделения (расчеты, экипажи) РХБ разведки и наблюдения, радиационного и химического контроля, отделения специальной обработки, команды применения дымовых шашек и гранат.

Взводы РХБ защиты, входящие в состав некоторых частей Космических войск, *предназначены* для ведения РХБ разведки (наблюдения), осуществления радиационного и химического контроля, а также для проведения специальной обработки частей (подразделений), обеззараживания участков местности, дорог, военных объектов и сооружений.

Взводы имеют типовую *организационно-штатную структуру*, которая включает:

– отделение(я) РХБ разведки;

– отделение(я) специальной обработки.

Штатными средствами (вооружением) взводов являются специальные разведывательные химические машины различных модификаций (УАЗ-469рх, БРДМ-2рхб, РХМ (РХМ-2, РХМ-4, РХМ-7) и т.д.), а также машины специальной обработки (авторазливочные станции АРС-14 (АРС-15), дегазационные комплекты войсковые ДКВ-1М (ДКВ-1К) и т.д.).

Возможности типового взвода РХБ защиты по РХБ разведке и специальной обработке приведены в табл.20.1.

Таблица 20.1

Возможности типового взвода РХБ защиты

<table>
<tr><td rowspan="2">РХБ разведка (РХМ)</td><td rowspan="2">маршрутов (км/ч)/ районов (км^2/ч)</td><td>радиоактивное заражение</td><td>до 80/до 200</td></tr>
<tr><td>химическое заражение</td><td>до 24/до 50</td></tr>
<tr><td rowspan="7">Специальная обработка (АРС-14)</td><td colspan="3">техники</td></tr>
<tr><td rowspan="2">производительность (ед./ч)</td><td rowspan="6">возможность по обработке одной зарядкой (ед.)</td><td>при дезактивации</td></tr>
<tr><td>20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6…8 (при протирании щетками) 15…24 (при орошении брандспойтами)</td><td>при дегазации</td></tr>
<tr><td>40…125</td></tr>
<tr><td>при дезинфекции</td></tr>
<tr><td>14…24</td></tr>
<tr><td colspan="3">местности</td></tr>
<tr><td>скорость движения машин (км/ч)</td><td>ширина обрабатываемой полосы (м)</td><td>длина обрабатываемой полосы (м) при одной зарядке</td></tr>
<tr><td>3…4</td><td>5</td><td>200…250</td></tr>
</table>

В организационно-штатную структуру некоторых взводов РХБ защиты введены **автомобильная радиометрическая и химическая лаборатория** АЛ-4М или войсковой лабораторный комплекс АЛ-5, *предназначенные* как для определения зараженности различных проб РВ, ОВ и другими ядовитыми веществами, так и для предварительного обследования проб на содержание биологических агентов.

Штатными средствами лаборатории (комплекса) являются автомобили со специальным оборудованием, позволяющим осуществлять контроль радиоактивного, химического и биологического заражения ВВТ, воды, грунта, растительности и других сред. *Возможности* лаборатории АЛ-4М и комплекса АЛ-5 приведены в табл.20.2.

Таблица 20.2

Возможности автомобильной радиометрической и химической лаборатории АЛ-4М и войскового лабораторного комплекса АЛ-5

<table>
<tr><th>Лаборатория АЛ-4М</th><th>Лабораторный комплекс АЛ-5</th></tr>
<tr><td colspan="2">обеспечивают</td></tr>
<tr><td>качественное и количественное определение продуктов ЯВ и ОВ в пробах воды, продовольствия, фуража, воздуха, грунта, растительности, в вещевом имуществе и снаряжении, на поверхности ВВТ и предметах медико-санитарного оснащения</td><td>обнаружение, идентификацию и измерение концентраций ОВ, ядов, фитотоксикантов, АХОВ в пробах воздуха, воды, почвы, растительности, смывов с ВВТ и вещевого имущества; измерение активности бета- и альфа-излучающих радионуклидов в газах, пробах воды, золах и сыпучих пробах, определение «возраста» продуктов ЯВ; разбраковку проб, зараженных биологическими средствами</td></tr>
<tr><td colspan="2">производительность за 10 ч работы, число анализов</td></tr>
<tr><td>радиоактивных веществ – 60…100
отравляющих веществ – 20…30</td><td>неизвестных ОВ – 25
ОВ, фитотоксикантов и АХОВ – 130
радиоактивных веществ – 400
биологических агентов – 20</td></tr>
<tr><td colspan="2">время развертывания, ч, не более</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td></tr>
<tr><td colspan="2">запас реактивов и расходных материалов, сутки</td></tr>
<tr><td>10…15</td><td>7…8</td></tr>
<tr><td colspan="2">расчет, чел</td></tr>
<tr><td>5</td><td>19</td></tr>
</table>

Склады ВиС РХБ защиты *предназначены* для содержания имеющихся запасов ВиС РХБ защиты и снабжения ими подразделений. Они осуществляют прием поступающих средств, их учет, хранение и выдачу по назначению, сортировку неисправных ВиС

РХБ защиты, а также проведение текущего ремонта СИЗ и автомобильных комплектов специальной обработки.

Для проведения ремонта *табельным средством* на складах является ремонтный стол мастера по ремонту средств РХБ защиты (СХМ-1М).

Ремонтная химическая мастерская, состоящая в штате некоторых частей Космических войск, *предназначена* для проведения технического обслуживания и текущего ремонта ВиС РХБ защиты, а также среднего ремонта приборов радиационной и химической разведки.

Штатным средством такой мастерской является подвижная ремонтная химическая мастерская ПРХМ.

Специально подготовленные подразделения:

• ***отделения*** (расчеты, экипажи) ***РХБ разведки и наблюдения, радиационного и химического контроля*** *предназначены* для:

1. Засечки ЯВ в составе постов РХБ наблюдения (ПРХБН).

2. Ведения РХБ разведки в составе постов РХБ наблюдения и дозоров РХБ разведки (ДРХБР);

3. Обнаружения и контроля заражения РВ, ОВ и другими токсичными химическими веществами личного состава, ВВТ, материальных средств и различных объектов в составе постов радиационного и химического (РХ) контроля.

Табельными средствами этих отделений являются приборы РХБ разведки, устанавливаемые стационарно (на оборудованных ПРХБН), или носимые и применяющиеся в мобильном (для ДРХБР на необорудованных автомобилях), подвижном (при ведении разведки пешим порядком) или неподвижном (при развертывании полевых ПРХБН) вариантах.

К приборам, которые могут быть установлены **стационарно**, относятся:

– для ведения ***радиационной*** разведки: измерители мощности дозы ИМД-1С, ИМД-2С, ИМД-21С;

– для ведения ***химической*** разведки: комплексные приборы химической разведки КПХР-Б, КПХР-3; газосигнализаторы автоматические ГСА-12, ГСА-13, ГСА-14; полуавтоматический прибор химической разведки ППХР, полуавтоматический газоопределитель ПГО-11;

– для ведения ***биологической*** разведки: автоматические сигнализаторы спецпримесей АСП, АСП-12, АСП-13.

Носимыми приборами являются:

– для ведения ***радиационной*** разведки: измерители мощности дозы ДП-5В, ИМД-1, ИМД-2;

– для ведения ***химической*** разведки: войсковой прибор химической разведки ВПХР, полуавтоматический газоопределитель ПГО-11, газосигнализаторы автоматические ГСА-1, ГСА-3.

Носимые приборы используются также и для радиационного и химического контроля.

• ***отделения специальной обработки*** *предназначены* для оказания помощи подразделениям при проведении полной специальной обработки в районах (на пунктах) специальной обработки, а также для обеззараживания участков местности, дорог, военных объектов и сооружений.

Табельными средствами отделений являются:

– автомобильные комплекты для специальной обработки ИДК-1, ДК-4, ДК-5, БКСО и т.п.;

– рецептуры, поставляемые в войска в готовом виде (дегазирующая рецептура РД-2), или отдельные компоненты (дихлорэтан, каустическая сода, порошок СФ-2У и т.д.), из которых непосредственно в подразделениях готовятся дезактивирующие, дегазирующие, дезинфицирующие или дезинсицирующие растворы.

Возможности отделений определяются видом заражения, количеством и номенклатурой используемых технических средств, запасами рецептур и компонентов растворов. При расчете возможностей необходимо учитывать время для приготовления растворов (в 20 л канистре – от 5 до 25 мин), а также время на обработку одной единицы техники (30…60 мин).

• ***команды применения дымовых шашек и гранат*** *предназначены* для решения задач аэрозольного противодействия средствам разведки и управления оружием противника.

К *табельным средствам* команд относятся различные дымовые шашки (унифицированная дымовая шашка УДШ, шашка дымовая малая ШД-М, шашка дымовая повышенной эффективности ШД-П и т.п.), а также ручные дымовые гранаты РДГ-П и РДГ-2ч.

Возможности команд рассчитываются, исходя из потребного количества рубежей и очагов дымопуска для надежной маскировки объектов части, наличия и номенклатуры применяемых дымовых средств, характеристик реальных и господствующих территориальных ветров. Основными показателями при расчете возможностей команд являются длина аэрозольной завесы, создаваемой одной шашкой (гранатой), и время ее существования. Например, дымовая шашка ШД-П обеспечивает постановку маскирующей аэрозольной завесы длиной не менее 170 м в течение 5 мин, для ручной же дымовой гранаты РДГ значения этих показателей составляют 10…15 м и 1,5 мин.

Непосредственную ответственность за организацию и выполнение задач РХБ защиты несет начальник службы РХБ защиты (НС РХБ защиты).

Обобщенная схема состава сил РХБ защиты частей Космических войск изображена на рис.20.5.

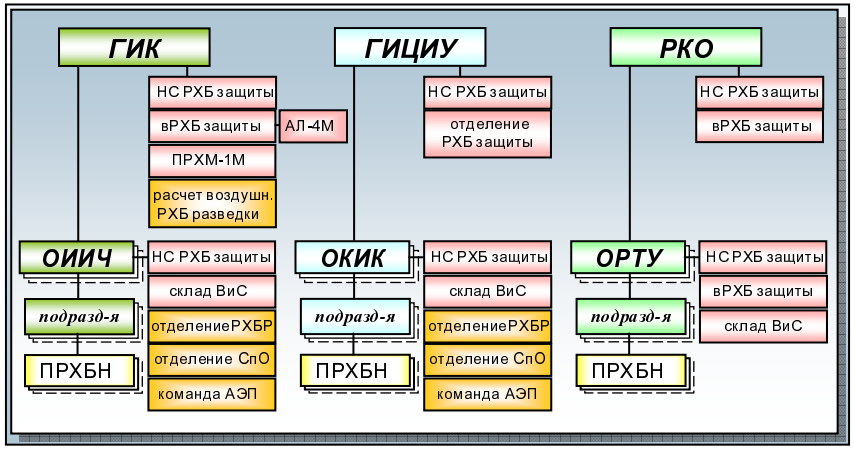


Рис.20.5. Состав сил РХБ защиты частей Космических войск

Таким образом, ограниченное количество и малочисленность штатных подразделений РХБ защиты в частях Космических войск вызывают необходимость привлечения к решению ее задач дополнительных нештатных формирований. В этих условиях значительно повышаются требования к их подготовке по вопросам защиты. Непосредственное руководство такой подготовкой осуществляют начальники служб РХБ защиты частей.

Глава 21
СОДЕРЖАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

21.1. Засечка ядерных взрывов, обнаружение фактов аварий (разрушений) на потенциально опасных объектах

21.1.1. Засечка ядерных взрывов

Засечкой ЯВ (ЗЯВ) **называется** достоверное установление факта ЯВ и определение его характеристик (времени, координат, мощности и вида).

Засечка ЯВ организуется и осуществляется в **целях** обнаружения ЯВ в районах расположения частей (соединений) или вблизи их границ и обеспечения этой информацией органов управления.

На основе данной информации осуществляются **прогнозирование** и **оценка** возможных масштабов и последствий применения противником ЯО (определение возможных потерь войск в очагах ЯВ, масштабов, степени и продолжительности РЗМ, а также характера разрушений, пожаров и затоплений).

По результатам засечки командиры и штабы **оповещают** войска о применении ЯО с целью немедленного принятия ими мер защиты.

Задачами засечки являются:

– определение факта и времени ЯВ;

– определение координат, вида и мощности ЯВ;

– оперативное документирование информации о взрывах и передача ее в штабы и пункты управления.

В основе методов засечки лежит измерение некоторых параметров ПФ ЯВ: акустических волн, светового излучения, ЭМИ ЯВ, светящейся области и радиоактивного облака ЯВ. С помощью этих параметров оценивают поражающее действие ЯВ, однако на гораздо бóльших расстояниях, чем радиусы поражения, они вызывают возмущения внешней среды, которые могут быть зарегистрированы лишь специальной аппаратурой. Проводя соответствующую обработку полученной информации, можно определить требуемые характеристики ЯВ.

Различают следующие ***методы*** ЗЯВ: акустический, сейсмический, светотехнический, радиотехнический.

Акустический метод основан на регистрации акустических инфразвуковых волн (0,01...0,2 Гц), в которые вырождается ударная волна на больших расстояниях. Эти волны могут быть зарегистрированы на расстояниях R = 2000...10000 км в зависимости от мощности взрыва.

Факт и *мощность* ЯВ определяют при регистрации характеристической частоты f, аналогов которой в естественных условиях не наблюдается, при этом $f \sim 1/q$, а амплитуда $A \sim q$. Обе зависимости очень устойчивые и позволяют определить мощность (q) около 1 кт на дальности (R) около 1000 км.

Координаты и *время взрыва* устанавливают по результатам обработки данных измерений на трех пунктах.

Метод отличается простотой аппаратурной реализации и высокой надежностью распознавания ЯВ. Одним из основных недостатков метода является сравнительно низкая оперативность, так как скорость звука a = 1200 км/ч.

Сейсмический метод основан на регистрации сейсмовзрывных волн от подземных и наземных взрывов. Такие волны распространяются на значительные расстояния и могут быть обнаружены чувствительными сейсмографами, если только амплитуды этих волн превосходят амплитуды непрерывных «шумов», вызываемых

микросейсмическими явлениями (сильными ветрами, береговыми штормами, горными обвалами, промышленными взрывами и т.п.) или возникающих вследствие землетрясений, частота которых может достигать около десяти тысяч в год.

Метод является достаточно отработанным и надежным, опирается на широкую сеть государственных сейсмостанций с их стандартным оборудованием. Однако обладает малой оперативностью и невысокой помехоустойчивостью. Метод широко использовался в мирное время для регистрации подземных ЯВ, проводимых в ходе натурных испытаний ЯО.

В ***светотехническом методе*** используется регистрация параметров светового излучения ЯВ. При помощи этого метода можно обнаруживать атмосферные и высотные (космические) ЯВ, используя наземные или космические средства наблюдения.

Мощность и *время взрыва* определяют, регистрируя длительность первого или второго импульсов светового излучения.

Координаты ЯВ устанавливают методами пеленгации с разнесенных в пространстве двух-трех станций обнаружения.

Основными достоинствами метода являются достаточно высокая точность определения мощности и координат взрыва, хорошая разрешающая способность (раздельная регистрация взрывов, произведенных примерно в одинаковое время), высокая оперативность. К недостаткам следует отнести сильную зависимость от метеоусловий.

В основе ***радиотехнического метода*** лежит регистрация параметров ЭМИ ЯВ.

Дипольный характер ЭМИ дает возможность определять расстояние до взрыва с одной точки по соотношению фаз и амплитуд сигналов, принятых антеннами разных типов. Определение *мощности* и *высоты* ЯВ проводится путем анализа формы и спектра импульса. Более надежное определение *координат* достигается методом пеленгации с двух-трех станций.

Метод отличается высокой разрешающей способностью, большой оперативностью и хорошей чувствительностью. К недо-

статкам метода следует отнести сложность аппаратурной реализации и алгоритмов обработки, что объясняется наличием многочисленных естественных помех типа молний.

Разновидностью радиотехнического является ***радиолокационный метод***. Данный метод основан на свойствах отражения радиоволн миллиметрового и сантиметрового диапазонов от светящейся области и радиоактивного облака. *Мощность* ЯВ определяют по скорости и высоте подъема радиоактивного облака, а также по его размерам (табл.21.1).

Вид ЯВ (наземный или воздушный), а также *координаты* центра (эпицентра) определяют визуально, по внешней картине на экранах радиолокационных станций (РЛС) и по особенностям развития отметок от взрыва в первую минуту после ЯВ.

При **наземных** взрывах отметка на индикаторе с начала ее появления имеет очертания, характерные для пылевого столба и развивается в отметку, характерную для облака. При **воздушных** ЯВ первая отметка характерна для светящейся области, а отметка от пылевого столба может появиться несколько позже или не наблюдается совсем.

Таблица 21.1

Зависимость высоты подъема и размеров радиоактивного облака от мощности ЯВ

Мощность ЯВ, тыс.т	Высота подъема, км	Размеры облака, км	
		горизонтальный	вертикальный
1	3,5	2	1,5
10	7	4	2
50	10,5	6	3,5
100	12,5	10	4,5
500	17	18	7
1000	19	22	8,5

Рассмотренные методы лежат в основе построения **систем засечки**. Основным **принципом** построения таких систем является *комплексное применение* различных методов, что позволяет компенсировать их недостатки и, тем самым, повышать надежность

ЗЯВ. Для систем, используемых в военное время, основными **требованиями** являются максимальные оперативность и разрешающая способность, что обусловлено необходимостью засечки большого количества ЯВ за короткое время.

В войсках ЗЯВ осуществляется частями засечки и разведки войск РХБ защиты, специально выделенными РЛС частей радиотехнических войск ВВС и ВМФ, а также космическими системами и наземными лабораториями специального контроля.

Из-за отсутствия в Космических войсках специальных подразделений ЗЯВ выполнение ее задач возлагается на личный состав **ПРХБН** путем **визуального наблюдения** с безопасного расстояния.

Каждый ПРХБН оснащают оптическими и угломерными приборами, средствами защиты глаз и комплектом необходимой документации (методиками и таблицами), на основе которой определяются приближенные характеристики ЯВ.

Визуальный способ основан на измерении длительности второго импульса светового излучения, высоты подъема и размеров облака ЯВ. Он может осуществляться как с одного, так и с 2…3-х ПРХБН.

Время ЯВ определяют путем фиксирования момента вспышки взрыва. *Координаты* центра (эпицентра) находят с помощью компаса или азимутального планшета, определяя магнитный азимут ЯВ. *Мощность* ЯВ определяют по длительности второго импульса СИЯВ, а *вид* ЯВ устанавливают по внешним признакам, прежде всего, по форме светящейся области (при форме в виде сферы – воздушный ЯВ, усеченной сферы – наземный).

Однако наиболее достоверным является получение информации о характеристиках ЯВ от пунктов управления военных округов (фронтов), командных пунктов соединений (частей), поступающей по линиям подчиненности и взаимодействия.

21.1.2. Обнаружение фактов аварий (разрушений) на потенциально опасных объектах

Под **фактом обнаружения** аварийного РХБОО **понимается** достоверно установленное событие в виде аварии (разрушения) на РХБОО с выбросом опасных веществ в окружающую среду.

Обнаружение проводится с **целью** получения информации о факте аварий (разрушений) и прогнозирования их последствий при наихудшем варианте развития.

Задачами обнаружения являются:

– определение факта и времени аварий (разрушений);

– определение типа аварийных объектов и их характеристик (объема и продолжительности выброса опасных веществ);

– оперативное документирование полученной информации и ее передача в штабы и пункты управления.

Обнаружение *факта разрушения* ХОО проводится, как правило, визуально, так как характерными признаками подобных аварий являются взрывы и пожары на объектах. Обнаружение *факта аварийного выброса* на РОО производят на основе аэрозольного метода или по результатам воздушной радиационной разведки.

Основным **путем** получения информации об авариях (разрушениях) на радиационно и химически опасных объектах (РХОО) являются каналы системы мониторинга окружающей среды (систематического сбора и анализа проб воздуха, воды и грунта), постоянно сопровождающего функционирование подобных объектов.

Решение задачи по определению *типа* аварийных объектов и их *характеристик* упрощается тем, что в **штабах любого уровня** заранее известны координаты потенциально опасных объектов, их тип и производственные мощности. Указанные объекты должны быть нанесены на карту; для них и определяются наихудшие последствия потенциальной аварии (разрушения) на этапе **заблаговременного прогнозирования** обстановки.

При возникновении аварии информирование о ее характеристиках происходит от пунктов управления военных округов (фронтов), командных пунктов соединений (частей) по линиям подчиненности и взаимодействия.

21.2. Радиационная, химическая и биологическая разведка

21.2.1. Цель, задачи и содержание радиационной, химической и биологической разведки

Целью радиационной, химической и биологической разведки (наблюдения) является получение измерительной информации о фактической РХБ обстановке в районах действий войск.

При ведении радиационной, химической и биологической разведки (РХБ разведки) и наблюдения (РХБ наблюдения) **устанавливают** факт, масштабы и количественные характеристики РХБ заражения. В свою очередь, полученная информация является исходной для своевременного **оповещения** частей (подразделений) о РХБ заражении (угрозе заражения), а также определения наиболее целесообразных **способов действий** в создавшейся обстановке.

Основными **задачами** РХБ разведки (наблюдения) являются:

– определение наличия и границ районов РХБ заражения окружающей среды;

– определение количественных характеристик заражения (мощностей доз на РЗМ и концентраций БТХВ, АХОВ, БС) и их изменения во времени;

– выявление направлений (маршрутов, районов) с наименьшими мощностями доз;

– отбор проб для специфической индикации БС, неизвестных БТХВ (АХОВ) в специальных лабораториях войск РХБ защиты, медицинской и инженерной служб.

Началом радиоактивного заражения считается превышение мощности дозы излучения на РЗМ $P \geq 5$ мРад/ч в мирное время и $P \geq 0{,}5$ рад/ч – в военное, а **химического заражения** – при концентрациях БТХВ (АХОВ), равных средним пороговым концентрациям, вызывающим начальные симптомы поражения.

В **мирное время** РХБ разведка осуществляется путем наблюдения за РХБ обстановкой дежурными силами (дежурными по части, подразделению или соответствующими оперативными дежурными). Измерения мощности дозы проводятся в установлен-

ных точках четыре раза в сутки (в 6.00, 12.00, 18.00 и 24.00) с последующей записью результатов измерений в «Журнал РХБ наблюдения (разведки)». Контроль химической и биологической обстановки осуществляется визуально по внешним признакам.

В **угрожаемый период** (при переводе частей в высшие степени боевой готовности), в **военное**, а также в **мирное время при авариях** на РХБОО – задачи РХБ разведки выполняются штатными и специально подготовленными отделениями (расчетами, экипажами) РХБ разведки и постами РХБ наблюдения.

Воздушная РХБ разведка местности и районов падения (аварий) ракет-носителей ведется на космодроме вертолетами (самолетами) с подготовленными для этих целей летными экипажами.

Посты РХБ наблюдения выставляют в районах пунктов управления частей (подразделений), на полевых рабочих позициях, техническом и стартовом комплексах и т.п.

Посты располагаются в инженерных (окопы, траншеи) или специально оборудованных сооружениях и обеспечиваются приборами РХБ разведки, средствами связи и оповещения, необходимой документацией.

Основная **задача** ПРХБН – своевременное обнаружение РХБ заражения и подача сигнала оповещения о нем.

Действия ПРХБН включают:

– определение с помощью приборов наличия РВ, ОВ (АХОВ) и БС в атмосфере;

– оповещение о РХБ заражении;

– обозначение границ участков заражения;

– контроль над изменением мощностей доз излучения на местности и заражением воздуха ОВ (АХОВ) и БС;

– взятие проб воздуха, воды, почвы, растительности и отправка их в специальные лаборатории.

При обнаружении ***радиоактивного заражения*** (мощность дозы излучения равна или выше **5** мрад/ч в мирное время и **0,5** рад/ч – в военное) наблюдатель немедленно докладывает командиру (начальнику), выставившему пост, и **по его команде** подает сигнал «*Радиационная опасность*», а средства защиты органов дыхания переводит в боевое положение.



Оборудование ПРХБН

При обнаружении ***химического*** или ***биологического заражения*** наблюдатель **самостоятельно** подает сигнал «*Химическая тревога*», переводит СИЗ в боевое положение, определяет тип ОВ (АХОВ) и докладывает результаты наблюдения командиру (начальнику), выставившему пост.

Все результаты наблюдения документируются в «Журнале РХБ наблюдения (разведки)».

Отделение РХБ разведки, назначенное для ведения РХБ разведки составляет **дозор РХБ разведки**.

Разведка ведется: штатными отделениями – на разведывательных машинах (типа РХМ), специально подготовленными отделениями – на автобронетанковой технике общего назначения, дооборудованной для ведения РХБ разведки. При необходимости (на небольших или труднопроходимых участках, в окопах, траншеях и т.п.) разведка может осуществляться *пешим* порядком.

Действия ДРХБР включают:

– подготовку разведывательной машины к работе;

– выдвижение к исходному пункту разведки;

– ведение разведки маршрута (района), обнаружение РХБ заражения, определение типа ОВ (АХОВ), взятие проб и обозначение границ заражения знаками ограждения с указанием мощности дозы излучения, типа ОВ (АХОВ) и времени обнаружения;

– нанесение данных разведки на рабочую карту (схему) и их передачу по радиоканалам старшему командиру (начальнику);

– прибытие в пункт сбора и проведение специальной обработки.

При **разведке маршрутов** (рис.21.1) отделение продвигается по заданному маршруту, осуществляет замеры мощностей доз излучения и через каждые 1,5…2 км останавливается для проведения контроля наличия ОВ (АХОВ) с помощью автоматического газосигнализатора. При отсутствии его показаний дозор осуществляет очередное передвижение на такое же расстояние с повторением действий в каждой точке. Данный способ позволяет вести РХБ разведку со скоростью до 12 км/ч. При ведении только радиационной разведки дозор двигается со скоростью до 40 км/ч.

В случае параллельной прокладки маршрутов в виде галсов с шагом 2…3 км между ними указанные скорости обеспечивают РХБ разведку **районов** площадью до 25 км^2/ч при химическом (биологическом) заражении и до 100 км^2/ч – при радиоактивном.

При обнаружении РЗМ с мощностью дозы излучения 0,5 рад/ч, а также при наличии ОВ (АХОВ) и БС дозор выставляет знаки ограждения с указанием мощности дозы излучения (типа ОВ или АХОВ) и времени обнаружения, отбирает пробы воздуха, почвы, воды, растительности и т.д. В дальнейшем, в зависимости от условий обстановки, характера местности и поставленных задач осуществляется **продолжение** разведки маршрута, устанавливаются и обозначаются **границы** зараженного участка **полностью** (рис.21.2) или отыскиваются и обозначаются **пути обхода** этих участков.

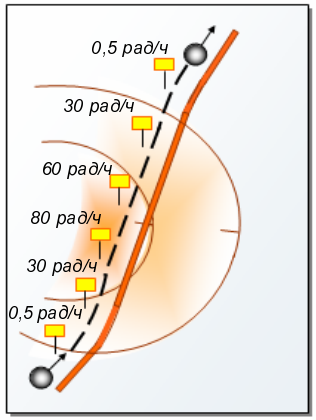


Рис.21.1. Действия ДРХБР при разведке маршрута движения

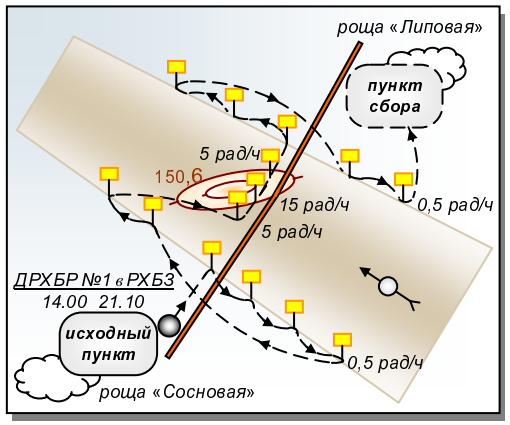


Рис.21.2. Действия ДРХБР при разведке зараженного участка местности

При обозначении передних границ участков ***радиоактивного*** заражения знаки ограждения устанавливаются за 250…300 м от точки обнаружения, при ***химическом и биологическом заражении*** – за 1,5…2 км. Удаление между знаками должно обеспечивать их взаимную видимость (не более 200 м).

В ходе разведки старший ДРХБР наносит на карту (схему) мощности дозы излучения в точках замера, границы участков химического заражения, тип ОВ (АХОВ), места обнаружения БС и забора проб с указанием текущего времени. По окончании разведки карта (схема) представляется старшему командиру (начальнику).

21.2.2. Технические средства радиационной, химической и биологической разведки

Как уже отмечалось выше (см. п.20.3), к техническим средствам РХБ разведки относятся специальные разведывательные машины и приборы РХБ разведки.

Машины РХБ разведки.

Машины РХБ разведки **предназначены** для ведения РХБ разведки в позиционных районах частей.

Для размещения экипажа, приборов и специального оборудования машины типа РХМ (рис.21.3) имеют герметичную капсулу, обеспечивающую защиту от радиоактивного облучения. Фильтровентиляционное оборудование машин обеспечивает работу расчета без индивидуальных средств защиты на зараженных участках местности.



Рис.21.3. Разведывательная химическая машина РХМ-4-01

Комплект специального оборудования является однотипным для всех машин типа РХМ, который включает: приборы РХБ разведки, средства обозначения участков заражения местности, дегазационный комплект, средства связи и навигационную аппаратуру.

Машины смонтированы на колесном (или гусеничном) ходу, обладают высокой проходимостью и способны преодолевать водные преграды на плаву.

Основные **характеристики** машин РХБ разведки приведены в табл.21.2.

Таблица 21.2

Характеристики машин радиационной, химической и биологической разведки

Тип	Базовое шасси	$K_{осл}$ по γ-излучению	Максимальная скорость, км/ч		Расчет, чел	Предназначение
			по шоссе	на плаву		
УАЗ-469рхб	УАЗ-469	1	80	–	4	тыловые части
БРДМ-2рхб	БРДМ-2	2,5	100	10	3	части, действующие на колесных БТР
РХМ-4	БТР-80	4	80	9	3	
РХМ	МТЛБ	13	60	6	3	части, действующие на БМП и танках
РХМ-С	ГТМУ	4	55	6	4	части, действующие в районах Крайнего Севера

Самым современным образцом машин типа РХМ является машина РХБ разведки РХМ-7. Установленное на ней оборудование позволяет вести РХБ разведку на ходу при уровне мощности дозы до 10000 рад/ч. Отбор и упаковка проб воздуха и грунта производится без выхода расчета из машины. Специальное оборудование машины обеспечивает выявление обстановки, обработку результатов разведки и их передачу по каналам автоматизированной системы в пункты управления войсками.

Возможности машин РХБ разведки любого типа за один час составляют: до 12 км по химической или до 40 км по радиационной разведке маршрутов, до 25 км^2 и до 80 км^2 площадей, соответственно.

Приборы радиационной разведки.

Несмотря на многообразие типов существующих ИМД, все они обладают едиными принципами построения и действия.

Обобщенная структурная схема приборов приведена на рис.21.4.

Блок детектирования (детектор) служит для преобразования энергии гамма- и бета-излучения РЗМ в электрический сигнал. В ***измерительном преобразователе*** происходит усиление сигнала, его формирование по амплитуде и длительности и представление результатов измерений в требуемой форме.

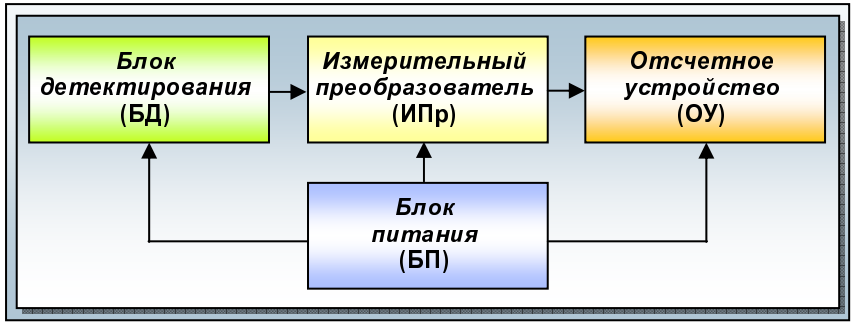


Рис.21.4. Структурная схема ИМД

На выходе включается ***отсчетное устройство***, отображающее выходную информацию на шкале или в цифровом виде.

Принцип действия приборов обусловлен методом работы БД. Во всех ИМД используется *ионизационный метод*, основанный на измерении степени ионизации, происходящей в чувствительном объеме детектора. Детекторами служат:

– ионизационная камера (ИКа) в приборах ИМД-21, ИМД-23;

– газовый счетчик (ГС) в приборах ДП-5В, ИМД-1, ИМД-2;

– полупроводниковый детектор (ППД) в приборах ИМД-31, ИМД-35.

В результате ионизации в чувствительном объеме детектора возникают свободные носители заряда (электроны и положительные ионы в ИКа и ГС, электроны и дырки в ППД), которые под действием приложенного напряжения двигаются к соответствующим электродам. В цепи возникает ионизационный ток (ИКа) или импульс напряжения (ГС, ППД). Величина тока I или частота следования импульсов N будут прямо пропорциональны измеряемой мощности дозы: $I = k_1 \cdot P$; $N = k_2 \cdot P$, где k_1, k_2 – коэффициенты пропорциональности, зависящие от характеристик детектора; P – мощность дозы излучения.

Отсчетное устройство проградуировано в единицах мощности дозы (рад/ч).

По *конструктивно-эксплуатационным особенностям* войсковые ИМД делятся на три группы: носимые (рис.21.5), стационарные (рис.21.6), бортовые – наземные и авиационные (рис.21.7 и рис.21.8).

Носимые приборы ДП-5В, ИМД-1, ИМД-2Н **предназначены** для ведения радиационной разведки и наблюдения в интересах подразделений в указанных командиром районах, а также для контроля загрязнения различных объектов.

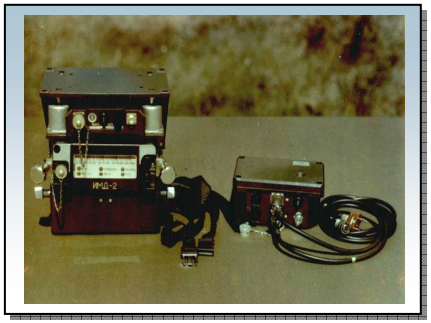


Рис.21.5. Измеритель мощности дозы ИМД-2Н



Рис.21.6. Измеритель мощности дозы ИМД-21С

Особенностями этой группы приборов являются:

– использование наиболее чувствительных ионизационных детекторов – ГС;

– малые габариты и масса;

– применение автономных источников питания;

– наличие выносной штанги с БД для удобства измерения степени радиоактивного заражения объектов.

Стационарные приборы ИМД-1С, ИМД-2С, ИМД-21С **предназначены** для ведения постоянного радиационного наблюдения на пунктах управления, в местах несения службы дежурной сменой и суточным нарядом.

К *особенностям* этих приборов относятся:

– возможность постоянной круглосуточной работы;

– расположение БД на некотором удалении от блока ИПр (в ИМД-21С до 200 м);

– универсальное питание (от сухих элементов, аккумуляторных батарей, от сети переменного тока);

– возможность выдачи измерительной информации в каналы автоматизированной системы управления войсками.

Бортовые наземные приборы ИМД-1А, ИМД-2Б, ИМД-21Б, ИМД-23 **предназначены** для ведения радиационной разведки местности на подвижной наземной технике. Большинство из них являются модификацией стационарных, и отличия обусловлены только спецификой условий эксплуатации.



Рис.21.7. Измеритель мощности дозы ИМД-23



Рис.21.8. Измеритель мощности дозы ИМД-31

Основные *особенности* приборов этой группы:

– возможность питания от бортовой сети;

– повышенные герметичность корпусов блоков, вибропрочность, механическая прочность при использовании на всех видах автобронетанковой техники.

Бортовые авиационные приборы ИМД-31, ИМД-35 **предназначены** для ведения воздушной радиационной разведки местности на низких высотах (до 500 м) самолетами, вертолетами, беспилотными и дистанционно пилотируемыми летательными аппаратами.

Особенностями этих приборов являются:

– более жесткие, по сравнению с бортовыми приборами, требования, определяемые условиями эксплуатации;

– необходимость выполнения требований по электромагнитной совместимости с аппаратурой носителя;

– автоматический пересчет результатов измерений на высоте H к высоте $H = 1$ м: $P(1) = P(H) \cdot K_H$, где $P(H)$ – мощность дозы, создаваемая на высоте H от поверхности земли; K_H – высотный коэффициент, показывающий, во сколько раз уменьшается мощность дозы РЗМ при увеличении высоты измерений (при $H = 1$ м $K_H = 1$).

Технические средства химической разведки.

К техническим средствам химической разведки относятся рассмотренные выше машины РХБ разведки и приборы химической разведки.

Приборы химической разведки.

В основу действия приборов химической разведки положены химический, биохимический и физический методы.

Химический метод основан на взаимодействии ОВ и АХОВ со специальными химическими реактивами, изменяющими при этом свою окраску. Интенсивность окраски прямо пропорциональна концентрации вредной примеси. Эти реакции происходят или в растворах, или на твердых подложках (пленках, бумагах, порошках), через которые прокачивается зараженный воздух. Чувствительность химического метода достаточна для индикации всех ОВ и АХОВ, кроме фосфорорганических отравляющих веществ (ФОВ).

В технических средствах химический метод реализуется с помощью набора индикаторных трубок (ИТ), содержащих определенный для каждого ОВ или АХОВ реактив.

Приборы химической разведки (ППХР, ВПХР, ПГО-11) и универсальные газоанализаторы АХОВ (УГ-2, УГ-3) комплектуются наборами ИТ для наиболее вероятных ОВ и АХОВ.

Биохимический метод обладает более высокой чувствительностью по сравнению с химическим и применяется в войсковых приборах для обнаружения ФОВ.

Метод основан на воздействии ОВ на те или иные биологические системы, и в частности, на специфические ферменты, участвующие в биохимическом процессе передачи нервного импульса. Воздействуя на фермент, ФОВ снижают его активность как катализатора процесса, в результате чего уменьшается выход продуктов реакции, изменяющих первоначальный цвет индикаторного реактива.

Метод используется в автоматических газосигнализаторах ГСА-12, ГСА-13, а также в специальных ИТ (ИТ-44, ИТ-51) приборов ВПХР, ППХР и ПГО-11.

Физические методы основаны на изменении некоторых физических свойств воздуха при наличии в нем ОВ. В принятых на вооружение средствах химической разведки нашли применение ионизационный и лазерный методы.

Ионизационный метод заключается в изменении степени ионизации воздуха (его электропроводности) под действием ОВ.

Метод реализован в газосигнализаторе ПРХР и автоматических газоанализаторах ГСА-1, ГСА-2, ГСА-3, ГСА-14.

Основным элементом этих приборов является ИКа, в которой находится источник альфа-излучения. В отсутствии ОВ через ИКа протекает ионизационный ток определенной величины, вызванный ионизацией альфа-источником прокачиваемого через ИКа воздуха. При поступлении в ИКа паров ОВ величина тока изменяется. Это изменение фиксируется релейной схемой, включающей цепи звуковой и световой сигнализации оповещения (приборы ГСА-1, ГСА-2, ГСА-3, ГСА-14) или подачи команды на

исполнительные устройства средств защиты подвижных бронеобъектов (прибор ПРХР).

Основным недостатком всех рассмотренных приборов химической разведки является невозможность **дистанционного обнаружения** ОВ (АХОВ). Индикация примеси происходит только при контакте прибора с ней. Этого недостатка лишены методы *пассивной лазерной* (комплекс дистанционной химической разведки КДХР) и *ИК-локации* (прибор химической разведки дистанционного действия ПХРДД). В данных средствах используется регистрация отраженного лазерного и ИК-излучений, упруго рассеянных на аэрозолях примеси. Расстояние определяют на основе анализа поглощения прямого и отраженного сигналов.

Приборы химической разведки могут *эксплуатироваться* в трех вариантах: носимом, бортовом и стационарном.

Носимые приборы ВПХР, ПГО-11 **предназначены** для определения в воздухе, на местности, военной технике всех типов ОВ и их концентраций; автоматические газосигнализаторы ГСА-1 и ГСА-3 (рис.21.9) – для непрерывного автоматического контроля воздуха с целью обнаружения паров ФОВ в опасных концентрациях и выдачи при этом звукового и светового сигналов оповещения, а также для обнаружения паров хлора и аммиака (ГСА-3).



Рис.21.9. Газосигнализатор ГСА-1

Бортовые приборы (ППХР, ПГО-11) **предназначены** для определения в воздухе, на местности, военной технике всех типов ОВ и их концентраций; газосигнализаторы ГСА-1, ГСА-2, ГСА-12, ГСА-13, ГСА-14Б, КПХР-3, КПХР-Б (рис.21.10) – для непрерывного автоматического контроля воздуха с целью определения паров ФОВ в опасных концентрациях и выдачи при этом звукового и светового сигналов оповещения, а также для обнаружения паров аммиака (КПХР-3).

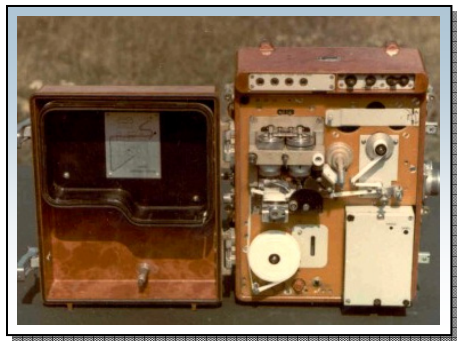


Рис.21.10. Газосигнализатор ГСА-13

Бортовые приборы используются в составе всех типов разведывательных химических машин.

В **стационарном** варианте могут использоваться все бортовые приборы с преобразованием питающего напряжения 27/220 В, а также газосигнализатор ГСА-14С.

Комплекс КДХР (рис.21.11) вместе с прибором ПХРДД (рис.21.12) также может использоваться в стационарном режиме для определения координат и линейных размеров облаков аэрозолей ОВ с выдачей сигналов оповещения. Дальность обнаружения облаков аэрозолей ФОВ составляет не более 2,7 км при времени кругового обзора, не превышающем 60 с. Комплекс размещают в районах командных пунктов высших звеньев управления.

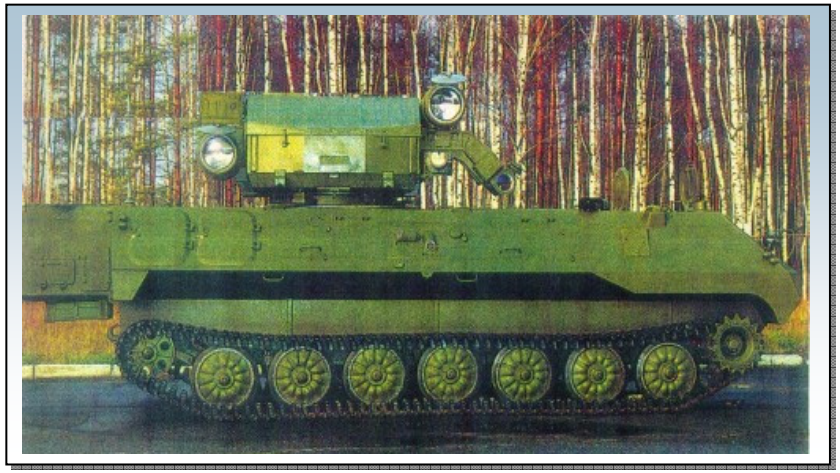


Рис.21.11. Комплекс КДХР

Приборы неспецифической биологической разведки.

Приборами неспецифической биологической разведки (рис.21.13, 21.14) являются автоматические сигнализаторы спецпримесей, **предназначенные** для непрерывного контроля воздуха с целью обнаружения аэрозолей БС (АСП, АСП-12, АСП-13) и токсинов (АСП-13).



Рис.21.12. Прибор ПХРДД

В основу анализа спецпримесей в воздухе положены флуоресцентные и рассеивающие свойства частиц их аэрозолей. Система светосбора направляет излучаемые отдельной частицей световые потоки в фотоэлектронный умножитель (ФЭУ). При наличии в анализируемом воздухе спецпримесей с концентрацией выше пороговых значений происходит срабатывание отборника проб воздуха и выдача звукового и светового сигналов оповещения.



Рис.21.13. Прибор АСП-12

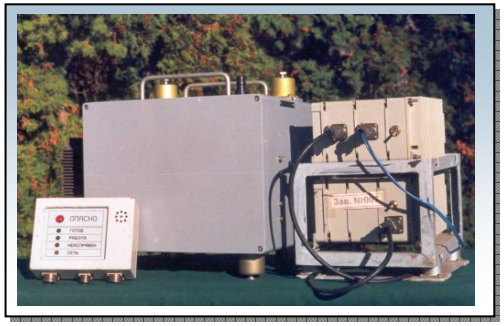


Рис.21.14. Прибор АСП-13

Приборы устанавливают на машинах РХБ разведки, а также используют в стационарном варианте.

21.3. Радиационный, химический и биологический контроль

Радиационный, химический и биологический контроль организуется и проводится в **целях** получения данных для оценки боеспособности личного состава по радиационному показателю, определения необходимости использования средств индивидуальной и коллективной защиты и проведения специальной обработки.

РХБ контроль **включает:**

– контроль внешнего облучения личного состава ионизирующими излучениями;

– контроль РХБ заражения объектов, ВВТ, СИЗ, воды, продовольствия и других материальных средств.

21.3.1. Радиационный контроль

Основными **целями** радиационного контроля являются оценка степени боеспособности личного состава по радиационному показателю, а также определение необходимости проведения дезактивации объектов, ВВТ, СИЗ, других материальных средств и обеззараживания воды.

Радиационный контроль **подразделяется** на:

– дозиметрический;

– радиометрический.

Дозиметрический контроль внешнего облучения личного состава ионизирующими излучениями проводится с **целью** получения измерительной информации о дозах облучения личного состава, которая в дальнейшем используется в интересах:

• определения ***степени боеспособности*** личного состава по радиационному показателю после облучения, что выражается в проверке выполнения условий:

$(D \le D_{доп}) \Rightarrow$ личный состав боеспособен,

$(D > D_{доп}) \Rightarrow$ ограниченно боеспособен (небоеспособен);

• ***первичной диагностики*** степени тяжести радиационных поражений и сортировки пораженных, т.е. осуществления процедуры определения принадлежности:

$$(D > D_{\text{доп}}) \in D_i,\ i = \overline{1,n},$$

где i – индекс принадлежности к тому или иному диапазону доз, с которым связана определенная степень боеспособности (см. табл.4.4, п.4.5, с.130).

В зависимости от выполнения этих условий, дозиметрический контроль *подразделяется* на войсковой и индивидуальный.

Войсковой контроль осуществляется **для оценки степени боеспособности** личного состава по радиационному показателю и проводится непосредственно *в подразделениях*.

Индивидуальный контроль проводится **для ранней диагностики** степени лучевых поражений *медицинской службой*.

В мирное время войсковой контроль проводится для обеспечения радиационной безопасности личного состава, работающего с источниками ИИ, или выполняющего задачи в ходе ликвидации последствий аварий на РОО.

Дозиметрический контроль **включает**:

– обеспечение личного состава измерителями дозы (ИД);

– снятие показаний с ИД и их перезарядку;

– систематический учет доз облучения, полученных личным составом и представление вышестоящим штабам сведений и донесений о дозах облучения и боеспособности личного состава по радиационному показателю.

В **мирное время** измерителями доз обеспечивается только личный состав дежурных смен и расчетов. Для остального личного состава они хранятся на складах ВиС РХБ защиты.

В **угрожаемый период** (при переводе частей в высшие степени боевой готовности), в **военное**, а также в **мирное время при авариях** на РОО организуется получение ИД и выдача их личному составу, а впоследствии – снятие показаний.

Войсковой дозиметрический контроль **проводится** групповым и индивидуальным методами.

При ***групповом*** методе 1…2 ИД выдаются в отделение (группу, расчет, экипаж), личный состав которых находится в одинаковых условиях облучения. Полученная доза определяется по показаниям этих ИД и распространяется на весь личный состав отделения.

Индивидуальный метод контроля проводится в отношении всех офицеров и военнослужащих, выполняющих задачи в отрыве от своих подразделений.

Снятие показаний ИД проводится, как правило, один раз в сутки, а в случае непосредственного воздействия на личный состав радиационных факторов – немедленно.

Учет доз облучения **ведется**:

– в *штабе* (отделе, управлении) – на весь личный состав штаба (отдела, управления) и командиров подчиненных подразделений на две ступени ниже;

– в *ротах* и им равных подразделениях – на весь личный состав.

Обобщенные данные по учету доз заносятся в «**Журнал** учета доз облучения» подразделения. Значения доз записываются нарастающим итогом за каждый день с учетом снижения их биологической эффективности (при многократном облучении). Величины суммарных доз не реже одного раза в месяц переносятся из журналов учета доз облучения в **карточки** учета доз, заводимые на **каждого** военнослужащего.

Штабы на основании письменных **донесений**, ежесуточно представляемых подчиненными подразделениями, ведут учет боеспособности по радиационному показателю подразделений на две ступени ниже. В штабе части сведения о боеспособности подразделений заносятся в «**Журнал** учета боеспособности по радиационному показателю». В вышестоящие штабы представляются **донесения** о боеспособности по радиационному показателю подразделений на две ступени ниже.

Технические средства дозиметрического контроля.

Техническими средствами контроля доз, измеряющими поглощенную дозу облучения, являются измерители доз ИД (устаревшее название – *дозиметры*).

В настоящее время основными типами ИД, стоящими на вооружении, являются ИД-1, ИД-0,2 (для проведения войскового

дозиметрического контроля) и ИД-11, ИД-14 – для индивидуального контроля.

В соответствии с **особенностями войскового контроля** – необходимостью проведения массовых измерений с минимальными затратами сил, средств и времени, для его осуществления – применяют ИД с непосредственным отсчетом измеренной дозы по шкале (прямопоказывающие – ИД-1, ИД-02) на основе наиболее простых и надежных детекторов – ионизационных камер.

При измерении поглощенной дозы ИИ *принцип действия* таких ИД основывается на прямой пропорциональной зависимости между зарядом ионов, образуемым воздействующим ИИ и собираемым на электродах ИКа (ΔQ), и величиной дозы (D): $\Delta Q = \kappa \cdot D$, где κ – коэффициент пропорциональности.

Комплект **войсковых измерителей дозы** ИД-1 (рис.21.15) **предназначен** для измерения каждым ИД суммарной поглощенной дозы смешанного гамма-нейтронного излучения ПрР ЯВ, а также поглощенной дозы гамма-излучения на РЗМ.



Рис.21.15. Комплект ИД-1

Основная трудность при этом заключается в разделении вклада в суммарную дозу гамма- и нейтронной составляющих. В нейтронной дозиметрии различают поверхностную, максимальную и среднюю тканевые дозы. Наиболее объективной характеристикой является *среднетканевая* доза, определяемая по глубине биологического объекта. Однако в настоящее время она может быть измерена только с помощью весьма сложных и громоздких фантомных измерений, что, естественно, исключает возможность таких измерений на живых людях. Поэтому для оценки степени тяжести радиационных поражений нейтронами проводят измерения *максимальной тканевой* дозы, которая для нейтронов проникающей радиации ЯВ практически равна

поверхностной тканевой дозе. При этом ОБЭ для нейтронов принимается равным 1 и, следовательно, **суммарная поглощенная доза**, измеренная дозиметром ИД-1, складывается из **равных долей** доз гамма- и нейтронного излучения. **Уточнение** вклада этих составляющих в суммарную дозу производит медицинская служба в процессе **индивидуального контроля** с помощью дозиметров ИД-11 (ИД-14).



Рис.21.16. Комплект ИД-11

Измерители дозы ИД-11, ИД-14 (рис.21.16) **предназначены** для измерения поглощенной дозы гамма- нейтронного излучения в интересах ранней диагностики степени острых лучевых поражений, медицинской сортировки пораженных и определения необходимого объема лечебно-профилактических мероприятий, а также для контроля облучения личного состава, привлекаемого к работам по ликвидации последствий радиационных аварий, и работающего с источниками гамма-излучения.

Для измерения доз в ИД-11, ИД-14 используется *принцип радиофотолюминесценции* (РФЛ), который заключается в том, что вещество, первоначально нелюминесцирующее, при возбуждении ультрафиолетовым светом после воздействия ИИ становится источником люминесцентного излучения.

Чувствительность РФЛ детекторов к нейтронам очень мала и составляет всего несколько процентов от чувствительности к гамма-излучению. Это позволяет выделить составляющую гамма-излучения суммарной дозы смешанного гамма-, нейтронного излучения. Диапазон измерения доз с помощью РФЛ детекторов может быть очень широким, вплоть до нескольких тысяч рад, что позволяет производить первичную диагностику лучевых поражений при облучении любыми дозами.

Радиометрический контроль проводится с **целью** контроля заражения радиоактивными веществами личного состава, объектов, ВВТ, СИЗ, других материальных средств и воды в интересах определения необходимости проведения их дезактивации, ее объема и полноты.

Необходимость проведения радиометрического контроля обусловлена тем, что при действиях личного состава на РЗМ, помимо внешнего облучения, создаваемого почти на 90 % излучением от зараженной местности, существует опасность внутреннего облучения. Это облучение может возникнуть при попадании радиоактивных веществ внутрь организма человека при употреблении зараженных продовольствия и воды, при контакте с зараженными поверхностями различных объектов. Поэтому **конечной целью** радиометрического контроля является **предотвращение внутреннего облучения**.

В отличие от внешнего облучения, измерить дозу внутреннего облучения в полевых условиях практически невозможно. Поэтому ее определяют **косвенным образом** путем измерения концентрации РВ в продуктах питания (удельной активности – $Q_м$, Ки/кг), воде (объемной активности – Q_v, Ки/л) или плотности заражения (поверхностной активности – Q_s, Ки/м^2).

При проведении радиометрического контроля в *лабораторных условиях* измеряют соответствующие активности, а в *подразделениях* – те же активности, но пересчитанные и выраженные в единицах мощности дозы – мрад/ч, что позволяет перейти к радиометрическим измерениям с помощью некоторых типов приборов, применяемых для ведения радиационной разведки. В дальнейшем **проверяется соответствие** измеренных значений допустимым и делается вывод о необходимости дезактивации объекта, очистки воды, пригодности продуктов питания.

Предельно допустимые степени радиоактивного заражения различных объектов приведены в табл.21.3.

Таблица 21.3

Предельно допустимые значения степени заражения различных объектов

Наименование	Мощность дозы, мрад/ч
Открытые участки тела человека	20
Лицевая часть противогаза, обмундирование, снаряжение, обувь, СИЗ	30
Вооружение и военная техника	200
Инженерные сооружения, стартовые комплексы: внутренние поверхности наружные поверхности	 100 500

Радиометрический контроль **ведется** штатными и специально подготовленными отделениями (расчетами) РХБ разведки (постами РХ контроля), а также лабораториями войск РХБ защиты. Как правило, контроль проводят после выхода частей (подразделений) из зон радиоактивного заражения, а на зараженной местности – в закрытых инженерных сооружениях и на обеззараженных участках.

Подразделения РХБ разведки и посты РХ контроля выполняют задачи радиометрического контроля на контрольно-распределительных постах (КРП), разворачиваемых в районах (на пунктах, площадках) специальной обработки. Измерения зараженности осуществляют соответствующими приборами перед началом дезактивации, а также по ее окончанию (для определения полноты дезактивации). Дезактивация считается полной при достижении значений допустимых степеней заражения.

Пробы воды, продовольствия, грунта, растительности и т.д., отбираемые отделениями (расчетами) РХБ разведки, ПРХБН и постами РХ контроля, доставляются в войсковые лаборатории для измерения активности радионуклидов в пробах и определения «возраста» продуктов ЯВ.

Технические средства радиометрического контроля.

К техническим средствам радиометрического контроля, используемым *в подразделениях*, относятся широкодиапазонные *носимые* ИМД: ДП-5В, ИМД-1Р, ИМД-2, которые позволяют произ-

водить измерения мощности доз в диапазоне от единиц мкрад/ч до сотен рад/ч.

Для проведения *лабораторных измерений* используются автомобильная радиометрическая и химическая лаборатория АЛ-4М (рис.21.17) или войсковой лабораторный комплекс АЛ-5.



Рис.21.17. Лаборатория АЛ-4М

В этих лабораториях основными приборами радиометрического контроля являются универсальные измерители ИМД-12 или ИМД-13 (рис.21.18), **предназначенные** для измерения величин активностей различных проб по альфа- и бета-излучению, а также мощности экспозиционной дозы гамма-излучения. Наличие в комплекте приборов нескольких детекторных блоков позволяет использовать соответствующий из них в зависимости от измеряемого параметра и вида регистрируемого ИИ.



Рис.21.18. Радиометр ИМД-13

21.3.2. Химический контроль

Химический контроль заражения организуется и проводится в **целях**:

– определения необходимости, объема и полноты дегазации ВВТ, материальных средств, сооружений и местности;

– определения необходимости обеззараживания продовольствия и воды;

– установления возможности действий личного состава без средств защиты;

– установления фактов применения противником неизвестных ОВ и других токсичных химических веществ.

Основная **задача** химического контроля – измерение у поверхностей зараженных объектов концентраций ОВ, АХОВ, тип которых определен по результатам химической разведки. На основании данных измерений делается вывод о необходимости проведения дегазации ВВТ, СИЗ, объектов и местности, замене зараженного обмундирования.

Химический контроль **подразделяется** на:

– войсковой;

– специальный.

Задачами войскового химического контроля являются:

1. Установление наличия ОВ и других токсичных химических веществ.

2. Обнаружение заражения штатных (табельных) ВВТ, материальных средств, продовольствия и источников воды.

3. Определение степени опасности химического заражения для личного состава (сравнение измеренных величин концентраций ОВ (АХОВ) с их допустимыми значениями).

Войсковой химический контроль **проводится** штатными и специально подготовленными отделениями (расчетами) РХБ разведки, ПРХБН и постами РХ контроля подразделений.

В интересах определения необходимости, объема и полноты дегазации ВВТ, СИЗ и других материальных средств (по аналогии с радиометрическим контролем) подразделения РХБ разведки и

посты РХ контроля выполняют задачи войскового химического контроля на КРП, разворачиваемых в районах (на пунктах, площадках) специальной обработки. Измерения зараженности осуществляют перед началом дегазации и по ее окончанию. Полнота дегазации подтверждается результатами показаний приборов войскового химического контроля.

Технические средства войскового химического контроля.

К техническим средствам войскового химического контроля относятся те же **носимые приборы**, которые применяют для ведения химической разведки – ВПХР и ПГО-1, а также ППХР. В целях химического контроля эти приборы **предназначены** для определения степени заражения ВВТ, СИЗ, поверхностей различных объектов, а также грунта и сыпучих материалов.

В **индивидуальных средствах контроля** используется химический метод индикации и применяются индикаторные пленки (типа АП-1), а также индикаторные бумаги (в комплекте химического контроля КХК-2, войсковом индивидуальном комплекте химического контроля ВИКХК и индивидуальном средстве химического контроля ИСХК). Пленка АП-1 и комплект ИСХК **предназначены** для обнаружения заражения воздуха ФОВ, а комплекты КХК-2 и ВИКХК – для обнаружения и идентификации ФОВ и иприта в аэрозольном и капельно-жидком состояниях на невпитывающих поверхностях. Комплекты состоят из блокнотов полифункциональной и специфичной индикаторной бумаги (рис.21.19, 21.20).



Рис.21.19. Комплект КХК-2



Рис.21.20. Комплект ВИКХК

Специальный химический контроль проводится путем лабораторного анализа проб воздуха, воды, продовольствия, почвы, растительности, с поверхностей ВВТ и т.д.

Задачами специального химического контроля являются:

1. Подтверждение фактов применения противником химического оружия.

2. Установление типа и концентрации ОВ (АХОВ) в анализируемых пробах.

3. Идентификация неизвестных ОВ и других токсичных химических веществ в анализируемых пробах.

Пробы различных сред, отбираемые отделениями (расчетами) РХБ разведки, ПРХБН и постами РХ контроля, доставляются в лаборатории для последующего специального химического контроля силами расчетов этих лабораторий.

Технические средства специального химического контроля.

Техническими средствами специального химического контроля являются автомобильная радиометрическая и химическая лаборатория АЛ-4М и войсковой лабораторный комплекс АЛ-5, в состав которых входят реактивы и лабораторное оборудование, предназначенные для выполнения аналитических работ в полевых условиях.

21.3.3. Биологический контроль

Биологический контроль (специфическая индикация биологических средств) проводится в **целях** установления вида (типа) возбудителей заболеваний, определения зараженности БС местности и находящихся на ней личного состава, ВВТ, продовольствия, воды, сооружений и других объектов.

На основе данных биологического контроля **определяют** содержание мероприятий (режимно-ограничительных, лечебно-эвакуационных, дезинфекционных, санитарно-противоэпидемических (профилактических)) по ликвидации (локализации) последствий применения биологического оружия (аварий (разруше-

ний) на биологически опасных объектах) и порядок их осуществления.

Отбор проб для специфической индикации биологических средств производят ДРХБР и ПРХБН подразделений, а также медицинская служба. Основанием для отбора проб являются положительные результаты неспецифической биологической разведки, внезапное появление в районах расположения частей групповых инфекционных заболеваний личного состава, населения и животных, получение информации о применении биологического оружия по соседним частям (об аварии (разрушении) на близлежащих биологически опасных объектах).

Технические средства биологического контроля.

К техническим средствам биологического контроля относятся войсковая лаборатория АЛ-4М и лабораторный комплекс АЛ-5, в состав которых входят комплект-укладка приборов биологического контроля КПБК-1У (рис.21.21) или комплект обнаружения биологических средств КСП-11 (рис.21.22), **предназначенные** для анализа проб при проведении специфической индикации биологических агентов в полевых условиях. Набор специального и лабораторного оборудования, диагностических средств и химических реактивов, например, укладки КПБК-1У позволяет провести до 400 анализов.



Рис.21.21. Комплект-укладка КПБК-1У



Рис.21.22. Комплект КСП-11

21.4. Сбор, обработка и передача данных о ядерных взрывах и радиационной, химической и биологической обстановке

Сбор, обработка и передача данных о ЯВ и РХБ обстановке организуются и проводятся с **целью** установления фактов, выявления масштабов и оценки последствий применения противником ОМП, аварий (разрушений) на РХБОО. Этой информацией обеспечиваются вышестоящие, подчиненные и взаимодействующие органы управления. На ее основе готовятся предложения и принимаются решения на действия частей в условиях РХБ заражения.

Задачи по сбору, обработке и передаче информации решаются в рамках функционировании «Единой системы выявления и оценки масштабов и последствий применения ОМП, аварий (разрушений) на РХБОО» (ЕСВОП).

21.4.1. Задачи и организационная структура Единой системы выявления и оценки масштабов и последствий применения ОМП, аварий (разрушений) на РХБОО

На ЕСВОП возлагается решение следующих основных **задач**:

1. Установление факта применения ядерного, химического и биологического оружия (ЯХБО), аварий (разрушений) на РХБОО.

2. Определение (выявление) масштабов возникающих чрезвычайных ситуаций (общее количество ЯВ в виде одиночных, групповых или массированных ударов; очагов РХБ заражения, их пространственно-временное распределение, распределение по виду и мощности ЯВ, типу ОВ (АХОВ), БС и т.п.).

3. Определение (выявление) последствий чрезвычайных ситуаций (размеры и границы зон РХБ заражения, количество пораженного и зараженного личного состава, населения, ВВТ, объектов и материальных средств); установление угрозы РХБ заражения для позиционных районов (районов дислокации) частей.

4. Разработка выводов по ядерной, радиационной, химической и биологической (ЯРХБ) обстановке и предложений по целесообразным действиям частей.

Первая задача («факты») решается путем сбора, накопления и обработки информации, поступающей от частей и подразделений засечки и разведки войск РХБ защиты, частей радиотехнических войск ВВС и ВМФ, от космических систем и наземных лабораторий специального контроля, а также от системы постов РХБ наблюдения и дозоров РХБ разведки частей Космических войск.

Вторая задача («масштабы») решается штатными и временно создаваемыми расчетно-аналитическими органами (станциями, группами), осуществляющими сбор и обработку информации о РХБ обстановке методом предварительного прогнозирования с последующим уточнением фактической обстановки. Исходными данными в этом случае являются сведения, полученные в ходе решения первой задачи.

Третья задача («последствия») решается на основе исходных данных, получаемых при решении предыдущей задачи, так же сочетанием методов прогнозирования и оценки фактической обстановки.

Потери войск и объектов определяются за подчиненные войска (в соединении – за части, в части – за подразделения).

Установление *угрозы* РХБ заражения производится в реальном масштабе времени с выдачей сигналов предупреждения в органы (пункты) управления угрожаемым частям.

В рамках решения **четвертой задачи** («выводы и предложения») на основе информации, получаемой от ЕСВОП, должностные лица органов (пунктов) управления осуществляют:

– оповещение частей (подразделений) о фактах применения ОМП и угрозе РХБ заражения;

– прогнозирование состояния частей (боеспособны, ограниченно боеспособны, небоеспособны);

– организацию выполнения боевых задач в условиях РХБ заражения;

– организацию восстановления боеспособности частей и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Система ЕСВОП имеет многоуровневую **иерархическую структуру** (рис.21.23). Она образована на базе существующих пунктов управления, сил и средств засечки ЯВ, РХБ наблюдения и разведки, РХ контроля, связи, сбора, обработки и отображения информации.

В состав ЕСВОП входят центральный пункт управления (ЦПУ) и подсистемы видов, отдельных родов ВС РФ (РВСН, ПВО, ВВС, ВМФ, КВ, ВДВ) и военных округов (на военное время – фронтов).

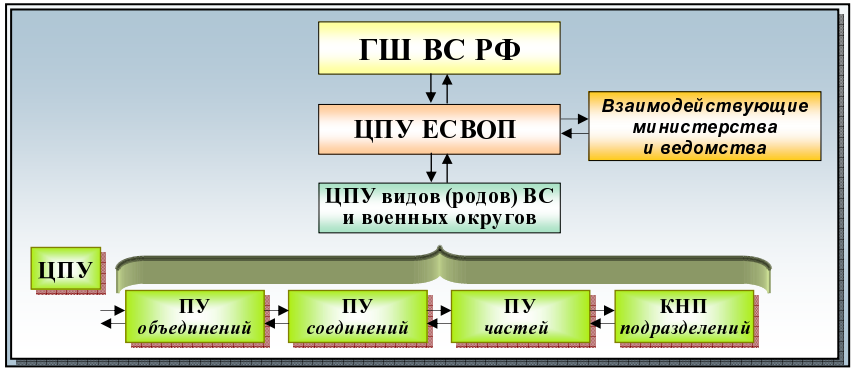


Рис.21.23. Структура ЕСВОП

Подсистемы в своем составе имеют следующие звенья выявления и оценки масштабов и последствий: оперативно-стратегические (на уровне вида (рода) войск и военного округа), оперативно-тактические (на уровне объединения) и тактические (на уровне соединения, части). При этом каждое звено (уровень) имеет свои силы и средства для решения возложенных задач (засечки, разведки, контроля, сбора, обработки, передачи данных) и предусматривает передачу информации в подчиненные органы (пункты) управления (командно-наблюдательные пункты – КНП) и доклады в вышестоящие органы. Подобная организация повышает оперативность, самостоятельность и автономность нижестоящих органов управления и существенно повышает эффективность структуры в целом.

Для каждой подсистемы структуры можно изобразить последовательные цепочки источников и потребителей информации по иерархии: объединение – соединение – часть – подразделение.

Подсистемы ЕСВОП выполняют все задачи, возложенные на систему, в пределах зон их ответственности.

Все дислоцируемые на территории военного округа (фронта) объединения, соединения, части, учреждения, военно-учебные заведения **обязаны** представлять информацию о ЯВ, РХБ обстановке непосредственно на пункты управления (ПУ) своей подсистемы (по линии подчиненности) и ПУ военного округа.

Функционирование ЕСВОП организуется и осуществляется в соответствии с установленными в ВС РФ степенями боевой готовности войск.

В *мирное время*, а также в условиях ведения боевых действий с применением только *обычного оружия*, осуществляется **заблаговременное** прогнозирование возможной РХБ обстановки по **предполагаемым** вариантам применения ОМП, аварий (разрушений) на РХБОО. Заблаговременное прогнозирование проводится в штабах **соединений** и **объединений**.

После применения противником ОМП, аварий (разрушений) на РХБОО проводится **предварительное** (оперативное) прогнозирование по данным ЗЯВ, а также по донесениям о фактах применения ХО, БС и аварий (разрушений) на РХБОО. Так же как и заблаговременное, предварительное прогнозирование проводится в штабах объединений и соединений, а, кроме того – и в штабах **частей**.

В последующем осуществляется сбор, обобщение данных и оценка **фактической** РХБ обстановки.

21.4.2. Прогнозирование радиационной, химической и биологической обстановки и оценка ее фактического состояния

Прогнозированием (прогнозом) называется определение качественных и количественных характеристик ожидаемой РХБ обстановки на основе принятых математических моделей.

Исходные данные для прогнозирования включают в общем случае три группы сведений:

- сведения, характеризующие параметры применения ЯХБО, аварий (разрушений) на РХБОО (условно «противник»);
- сведения, характеризующие объект воздействия («свои войска»);
- топографические и метеорологические особенности позиционных районов (районов дислокаций) частей.

В зависимости от этапов прогнозирования (заблаговременное или предварительное), прежде всего, изменяются форма и способы представления первой группы исходных данных.

Предварительное прогнозирование РХБ обстановки.

Предварительное прогнозирование имеет **целью** оперативное получение достаточно приближенной информации о состоянии войск и объектов в интересах выработки *предварительного решения* командира (начальника).

В ходе прогнозирования решаются следующие **задачи**:

1. Оценка состояния войск, объектов и окружающей среды.

2. Анализ полученной информации и формулирование предварительных выводов о боеспособности войск.

3. Организация оповещения частей (подразделений) о возможном РХБ заражении местности.

4. Постановка задач перед комплексной разведкой.

5. Подготовка предварительного решения на выполнение задач в сложившихся условиях.

Исходными данными для заблаговременного прогнозирования являются четыре группы сведений:

- массив постоянной информации о позиционных районах (районах дислокации) войск, по которым возможно применение ЯХБО, включающий геометрические размеры и координаты всех элементов и объектов, в том числе, близ расположенных, которые могут служить целями для противника; стойкостные характеристики по всем ПФ; распределение личного состава по объектам; временные характеристики выполнения боевых задач и т.д.;

• массив постоянной информации о ближайших РХБОО: тип РХБОО и их координаты; электрическая мощность АЭС, тип и количество реакторов; объем и тип АХОВ и т.д.;

• массив постоянной и переменной информации о топографических и аэроклиматических характеристиках позиционных районов (районов дислокации). Последние определяются по результатам статистической обработки метеоинформации по многолетним наблюдениям в данном регионе и могут периодически обновляться;

• массив переменной информации, включающий реальные данные о фактах применения ЯХБО и аварий (разрушений) на РХБОО (**первая задача ЕСВОП** – «факты»). Например, при применении ЯО множество исходных данных должно содержать $\{n_{ЯВ}, q, x\text{-}y, \overline{H}, t\}$, где $n_{ЯВ}$ – количество ЯВ, q – мощность ЯВ, $x\text{-}y$ – координаты эпицентра взрыва, $\overline{H}$ – вид взрыва (наземный, воздушный), t – время взрыва; для ХО – $\{x\text{-}y, t, k, m\}$, где k – наряд носителей, m – способ применения (ХБ или ХБП) и т.д.

На основе подготовленных исходных данных по утвержденным справочным документам, методическому и программному обеспечению проводятся *расчеты и оценка возможной РХБО*, формируются *выводы* из ее оценки и вырабатываются *предложения* по наиболее целесообразным действиям войск в этих условиях.

Предварительное прогнозирование включает **два этапа**:

1. **Выявление РХБ обстановки** состоит в определении масштабов и последствий применения ОМП, аварий (разрушений) на РХБОО (**вторая и третья задачи ЕСВОП**) и включает выявление ядерной обстановки в очагах поражения и РХБ обстановки в зонах заражения.

Информация, полученная в результате выявления ЯРХБ обстановки, является основой для ее оценки.

2. При **оценке ЯРХБ обстановки** (**четвертая задача ЕСВОП**) определяют степень ее влияния на боеспособность войск и планируют целесообразные варианты действий, обеспечивающие выполнение задач в сложных условиях.

В силу ошибок прогнозирования, обусловленных погрешностями в определении координат ЯВ и направления среднего ветра в районах применения ОМП (расположения РХБОО), отклонения положений фактических осей зон РХБ заражения от прогнозируемых – может составлять до ± 20°. Это приводит к ошибкам в определении как пространственного расположения зон заражения, так и к ошибкам расчетных значений интенсивности заражения, возрастающим с увеличением расстояния от источников РХБ заражения. Поэтому результаты прогнозирования требуют уточнения, которое производят путем получения данных о фактической обстановке.

Оценка фактической РХБ обстановки.

Основная **цель** оценки фактической РХБ обстановки заключается в периодическом уточнении результатов прогнозирования и получении фактической информации о РХБ обстановке для принятия *окончательного решения* на выполнение поставленных задач в условиях РХБ заражения.

В частях этот метод является основным, завершающим весь процесс оценки обстановки.

Источниками получения фактической информации служат доклады с мест, результаты комплексной и других видов разведки и т.д.

Доклады с мест (с объектов или из районов, подвергшихся воздействию) являются наиболее оперативным способом получения информации, который, однако, не всегда возможен по условиям возникающей обстановки. Поэтому наиболее эффективным способом оценки фактической обстановки является комплексная разведка.

Комплексная разведка организуется с целью добывания фактических данных обо **всех составляющих** сложившейся обстановки. Исходя из этого, в ее состав включаются группы (расчеты) инженерной разведки, РХБ разведки, специалисты службы специального вооружения и т.д.

21.5. Оповещение частей (подразделений) о радиоактивном, химическом и биологическом заражении

Оповещение о РХБ заражении организуется и проводится с **целью** своевременного принятия личным составом мер защиты от воздействия РВ, ОВ, других токсичных химических веществ и БС.

Задачей оповещения является доведение до частей (подразделений) единых установленных сигналов об угрозе и применении противником ОМП (авариях (разрушениях) на РХБОО), РХБ заражения.

Для оповещения о РХБ заражении установлены следующие **сигналы**:

1. О радиоактивном заражении – «**Радиационная опасность**».

2. О химическом и биологическом заражении – «**Химическая тревога**».

Оповещение осуществляется централизованно и автономно.

Централизованное оповещение организуется штабами всех уровней и осуществляется немедленно по всем каналам и линиям связи на основе данных о фактах применения ОМП и РХБ заражения, полученных в результате ЗЯВ, РХБ разведки и контроля.

При **автономном** оповещении в частях (подразделениях) сигналы подаются самостоятельно на основании данных РХБ разведки (наблюдения), а при аварии на объекте с АХОВ – на основе прогнозирования.

При обнаружении ***радиоактивного*** и ***биологического заражения*** сигналы оповещения подаются **по команде командира** части (подразделения).

При обнаружении ***химического заражения*** дежурные химики-наблюдатели **немедленно подают** сигнал оповещения, а **затем докладывают** об этом по команде.

Подобный порядок оповещения обусловлен *временными различиями* в поражающем воздействии радиоактивного, биологического и химического заражения. В условиях радиоактивного и биологического заражения накопление дозы облучения или инфицирующей дозы до уровня сверхдопустимых значений носит достаточно длительный характер, в течение которого личный состав

по указаниям командира может предпринять необходимые меры защиты. Воздействие же современных БТХВ (АХОВ) проявляется скоротечно, поэтому принятие защитных мер должно быть незамедлительным.

В частях (подразделениях) для оповещения используют табельные и подручные световые и звуковые средства.

Из *табельных средств* в подразделениях применяются сирены С-40 (С-28) и 40-мм реактивные сигнальные патроны оповещения о химическом нападении (СХТ). Высота подъема патрона составляет до 200 м, время действия 10…12 с, дальность видимости – не менее 800 м.

Кроме того, в подразделениях оповещение может осуществляться голосом, звуковыми и зрительными сигналами, содержание которых заблаговременно доводятся до всего личного состава.

По сигналам оповещения личный состав переводит СИЗ в «боевое» положение и продолжает выполнять задачи. Если позволяет обстановка, личный состав укрывается в убежищах (сооружениях), боевых (специальных) машинах. Двери, окна, люки машин (сооружений) закрываются. Убежища переводятся в режим фильтровентиляции, и в них периодически проводится контроль заражения с помощью приборов. Вентиляционные системы без фильтров выключаются.

Сигналы об окончании поражающего действия РХБ заражения не устанавливаются. Командиры подразделений на основании результатов РХ контроля, а также данных РХБ разведки самостоятельно определяют возможность снятия СИЗ, выхода из убежищ (сооружений).

21.6. Использование средств индивидуальной и коллективной защиты, защитных свойств местности, вооружения, военной техники и других объектов

Использование средств индивидуальной и коллективной защиты (СИКЗ), защитных свойств местности, ВВТ и других объектов осуществляется с **целью** *непосредственной* защиты личного состава от поражающих факторов ЯВ, воздействия ОВ, АХОВ и БС.

21.6.1. Использование средств индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты личного состава **предназначены** для защиты от попадания внутрь организма, на кожные покровы и на обмундирование РВ, ОВ, других токсичных химических веществ и БС, а также для защиты от СИЯВ, горящей огнесмеси и открытого пламени.

Общая характеристика СИЗ.

По выполняемым ***функциям*** СИЗ подразделяют на средства защиты органов дыхания (СЗОД), средства защиты кожи (СЗК) и средства защиты глаз (см. п.3.2.4).

По ***назначению*** СЗОД и СЗК подразделяют на общевойсковые и специальные.

Общевойсковые предназначены для их использования личным составом всех видов (родов) войск, а **специальные** – для использования военнослужащими при производстве определенных работ (например, при работе с КРТ).

По ***принципу защитного действия*** СЗОД и СЗК подразделяют на фильтрующие и изолирующие.

Общая классификационная схема СИЗ приведена на рис.21.24.

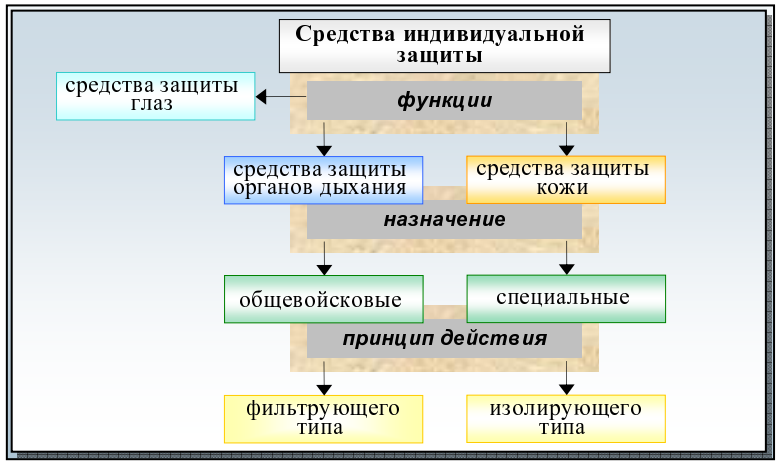


Рис.21.24. Общая классификационная схема СИЗ

Средства **фильтрующего** типа обеспечивают очистку воздуха, поступающего в органы дыхания и на кожу (обмундирование), от вредных примесей и *не препятствуют* его подводу к защищаемому элементу. **Изолирующие** СИЗ полностью *изолируют* защищаемые элементы от зараженного воздуха, нарушая нормальный воздухообмен с окружающей средой.

Перечень СИЗ и порядок их использования определяет командир подразделения, исходя из условий выполнения боевой задачи, вероятности воздействия на личный состав тех или иных ПФ, с учетом климатических факторов, а также защитных и эргономических характеристик СИЗ.

При определении боеспособности личного состава, использующего СИЗ, необходимо учитывать как возможность его сохранения (непоражения) в условиях РХБ заражения, так и возможность поддержания нормальных физиолого-гигиенических условий в процессе выполнения поставленных задач (условий видимости, слышимости, сопротивления дыханию, теплоотвода и т.д.), от чего зависит, так называемая, «биологическая» надежность личного состава.

Правильное и своевременное использование СИЗ, обеспечение длительного пребывания личного состава в них **достигается** постоянными **тренировками** по выполнению соответствующих нормативов.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания.

Основным **назначением** СЗОД является защита органов дыхания, кожи лица и глаз в условиях воздействия поражающих факторов внешней среды.

В **фильтрующих СЗОД** наружный зараженный воздух, содержащий достаточное количество кислорода, перед поступлением в органы дыхания человека очищается от вредных веществ. Выдыхаемый воздух удаляется наружу.

По **уровню защиты** фильтрующие СЗОД можно разделить на противогазы (ФП), дополнительные патроны и респираторы.

Наибольшими защитными свойствами обладают **противогазы**, что обусловлено их конструкцией и принципом действия.

Несмотря на многообразие типов ФП, все они имеют два основных защитных элемента: лицевую часть и фильтрующе-поглощающую систему (ФПС), которые соединены между собой непосредственно или с помощью соединительной трубки.

Лицевая часть (шлем-маска, маска) **предназначена** для защиты кожи лица и глаз от РВ, ОВ (АХОВ), БС, подвода к органам дыхания очищенного в ФПС воздуха и сброса в атмосферу выдыхаемого воздуха. Вследствие неполного прилегания лицевой части к голове при вдохе возможен подсос вредных примесей в подмасочное пространство. Для снижения подсоса необходим тщательный подбор лицевой части с обязательной проверкой его правильности в палатке с учебным ОВ.

Фильтрующе-поглощающая система **предназначена** для очистки вдыхаемого воздуха от паров и аэрозолей РВ, ОВ (АХОВ) и БС. Очистка воздуха от аэрозолей РВ и БС проводится противоаэрозольным фильтром, а от паров ОВ (АХОВ) – поглощающим слоем угля-катализатора.

Общевойсковые фильтрующие противогазы малого габарита ПМГ и ПМГ-2, противогазы масочные коробочные ПМК, ПМК-2 и ПМК-3 (рис.21.25) обеспечивают защиту при содержании в воздухе вредных примесей, превышающих ПДК более чем в 100 раз.



Рис.21.25. Общевойсковой фильтрующий противогаз ПМК-3

Защитные свойства ФП по газообразным ОВ (АХОВ) характеризуются *временем защитного действия*, которое зависит от концентрации ОВ (АХОВ) в воздухе, объема легочной вентиляции (величины физической нагрузки) и толщины слоя угля-катализатора. В зависимости от этих величин для современных ФП время защитного действия составляет от нескольких десятков минут до нескольких часов.

Недостатком общевойсковых ФП является то, что они практически **не обеспечивают защиту от окиси углерода** и имеют малое время защитного действия от АХОВ (по хлору – 20…25 мин, по аммиаку – 10…15 мин). В этом случае защитные свойства ФП могут быть существенно увеличены при совместном использовании с дополнительными патронами.

Комплект дополнительного патрона (КДП) состоит из дополнительного патрона ДП-2 и противоаэрозольного фильтра.

ДП-2 обеспечивает защиту органов дыхания от оксиси углерода при концентрации ее в воздухе до 0,25 %. При концентрации до 1 % – время пребывания в загазованной атмосфере не должно превышать 15 мин.

Противоаэрозольный фильтр служит для очистки вдыхаемого воздуха от радиоактивной пыли.



Рис.21.26. Специальный фильтрующий противогаз ПРВ-У

К **специальным** ФП относятся противогазы ракетных войск ПРВ-У (рис.21.26) и ПРВ-М, используемые в частях запуска Космических войск при работе с КРТ.

В аварийных ситуациях при повышенных концентрациях КРТ эти противогазы служат для экстренной эвакуации из зоны аварии, поскольку время их защитного действия в этих условиях не превышает 5 мин.

Респираторы по сравнению с ФП имеют меньшее сопротивление дыханию и оказывают меньшее механическое давление на голову. Однако их защитные свойства значительно ниже, чем у ФП.

В настоящее время основными общевойсковыми являются респиратор Р-2 и универсальный респиратор РОУ.

Респиратор Р-2 (рис.21.27) **предназначен** для защиты органов дыхания от радиоактивной и грунтовой пыли, а также от БС. Непрерывное пребывание в респираторе (до 12 часов) практически не влияет на работоспособность личного состава.



Рис.21.27. Респиратор Р-2



Рис.21.28. Респиратор РОУ

Общевойсковой универсальный респиратор РОУ (рис.21.28) **предназначен** для защиты глаз и лица от СИЯВ и других термических поражающих факторов и органов дыхания – от ОВ, РВ и грунтовой пыли.

В отличие от лицевых частей ФП из резины или пластмассы, маска респиратора РОУ воздухопроницаема и выполняет одновременно функции лицевой части и фильтрующей системы.

Для защиты глаз от СИЯВ используются специальные пленочные средства.

Достоинствами фильтрующих СЗОД являются их надежность и относительная простота. Однако условия их применения ограничены. Так, использование фильтрующих СЗОД **запрещено** в следующих случаях:

– объемная концентрация кислорода в воздухе менее 18 %;

– в воздухе содержатся неизвестные токсичные вещества;

– концентрация вредных веществ в зараженном воздухе превышает максимальное значение, предусмотренное инструкцией по эксплуатации.

Этих ограничений лишены СЗОД изолирующего типа, к которым относятся изолирующие противогазы и изолирующие дыхательные аппараты (ИДА).

СЗОД изолирующего типа.

Изолирующие СЗОД **предназначены** для защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от любой вредной примеси независимо от ее концентрации, а также для работы в условиях недостатка кислорода в воздухе.

Принцип действия изолирующих СЗОД основан на изоляции органов дыхания, очистке выдыхаемого воздуха от диоксида углерода (CO_2) и воды и обогащение его кислородом без обмена с окружающей средой.

Независимо от типа изолирующих СЗОД, все они имеют общую конструкцию, включающую: лицевую часть, регенеративный патрон (РП) и дыхательный мешок с клапаном избыточного давления.

Лицевая часть (шлем-маска или маска) предназначена для изоляции органов дыхания, лица и глаз от окружающей среды, направления выдыхаемого воздуха в РП, подвода очищенного и обогащенного кислородом воздуха к органам дыхания.

Регенеративный патрон предназначен для поглощения из выдыхаемого воздуха углекислого газа и паров воды и обогащения его кислородом. В качестве реагента в РП используется надперекись калия (KO_2), которая вступает в химическую реакцию с продуктами дыхания, протекающую с выделением кислорода:

$$2KO_2 + H_2O \rightarrow 2KOH + 1{,}5O_2,$$
$$2KO_2 + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + 1{,}5O_2.$$

Для запуска РП и получения первых порций необходимого для дыхания кислорода используется ***пусковое устройство***. Оно содержит кислородсодержащее вещество (смесь надперекисей калия и натрия – KO_2, NaO_2) и серную кислоту. В процессе реакции в течение минуты выделяется 0,8 л кислорода. В дальнейшей работе противогаза или ИДА пусковое устройство не участвует.

Дыхательный мешок, изготовленный из прорезиненной ткани, является резервуаром для выдыхаемого воздуха и кислорода, выделяемого РП. ***Клапан избыточного давления*** предназначен для выпуска избытка воздуха из мешка, а также для автоматического удержания в нем необходимого для дыхания воздуха.

В настоящее время табельными изолирующими СЗОД в Космических войсках являются изолирующие противогазы ИП-4, ИП-4М и портативный дыхательный аппарат ПДА-3.

Изолирующие противогазы ИП-4, ИП-4М (рис.21.29) **предназначены** для защиты органов дыхания и кожи лица от токсичных и агрессивных КРТ, РВ, ОВ, БС и выполнения задач в условиях недостатка кислорода.



Рис.21.29. Изолирующий противогаз ИП-4



Рис.21.30. Портативный дыхательный аппарат ПДА-3

Допустимое время работы в изолирующих противогазах в зависимости от физической нагрузки составляет от 30…40 мин (при тяжелой нагрузке) до 3 часов (при легкой нагрузке).

Портативный дыхательный аппарат ПДА-3 (рис.21.30) **предназначен** для экстренной защиты органов дыхания, глаз и кожи лица при эвакуации личного состава из загазованной зоны в аварийных ситуациях с КРТ, при недостатке кислорода в окружающей среде, а также для выполнения первичных мероприятий по предотвращению распространения аварии.

Время защитного действия ПДА-3 составляет 50 мин. Аппарат собран в герметичном корпусе, что позволяет хранить его в собранном виде до 5 лет.

Средства защиты кожи.

К СЗК относятся средства, заменяющие или дополняющие обычное обмундирование, и **предназначенные** для защиты кожных покровов и обмундирования от вредных веществ, воздействия СИЯВ и открытого пламени.

Средства защиты кожи, предназначенные для всего личного состава и обеспечивающие защиту в полевых условиях, называются **общевойсковыми**. СЗК, используемые при выполнении отдельных видов работ, связанных с повышенной опасностью поражения личного состава, относят к **специальным** СЗК.

Защитные свойства СЗК характеризуются:

– защитной мощностью;

– величиной допустимого светового импульса.

Защитная мощность является показателем защитного действия СЗК по ОВ, АХОВ и представляет собой время, по истечении которого через защитный слой проникает ОВ (АХОВ) в количестве, равном пороговой токсодозе.

Величина допустимого светового импульса является показателем защитных свойств при воздействии СИЯВ.

СЗК фильтрующего типа.

К **общевойсковым** СЗК фильтрующего типа относится общевойсковой защитный комплект фильтрующий ОЗК-Ф. В состав ОЗК-Ф входят комплект защитной фильтрующей одежды КЗФО (рис.21.31), противогаз ПМК-3 и респиратор РОУ.

Комплект КЗФО **предназначен** для защиты кожных покровов личного состава от РВ, ОВ, АХОВ, БС, СИЯВ, воздействия вязких огнесмесей и открытого пламени.

Защита от РВ, ОВ, АХОВ и БС обеспечивается многослойностью и герметичностью конструкции комплекта, а дополнительно от ОВ и АХОВ – специальной пропиткой (сорбирующим слоем).

Защита от термических ПФ обеспечивается многослойностью комплекта, а также огнезащитной тканью верхней куртки, брюк и перчаток.

В военное время КЗФО является одеждой **постоянного ношения**, т.е. **заменяющей** обычное обмундирование. Отличительны-

ми особенностями являются его высокие физиолого-гигиенические свойства, сочетание с основными элементами экипировки, возможность повторного использования после специальной обработки. Продолжительность пребывания в нем практически не ограничена.

К **специальным** СЗК фильтрующего типа относится **фильтрующая защитная одежда** ФЗО-Р (рис.21.32), **предназначенная** для защиты кожных покровов от воздействия паров КРТ.



Рис.21.31. Комплект КЗФО



Рис.21.32. Фильтрующая защитная одежда ФЗО-Р

Защитная мощность ФЗО-Р составляет около 400 ч, *время непрерывной работы* – не менее 8 ч.

Повышение защитных свойств СЗК фильтрующего типа достигается сочетанием их использования с СЗК изолирующего типа.

СЗК изолирующего типа.

СЗК изолирующего типа являются средствами защиты **периодического ношения**, т.е. **дополняющими** обычное обмундирование или средства защиты кожи фильтрующего типа. Допускается их многократная специальная обработка.

К **общевойсковым** СЗК изолирующего типа относится **общевойсковой защитный комплект** ОЗК, **предназначенный** для защиты кожных покровов личного состава от РВ, ОВ, АХОВ, БС, а также для снижения зараженности обмундирования, снаряжения и индивидуального оружия. При заблаговременном надевании ОЗК повышает уровень защищенности кожных покровов от СИЯВ, огнесмеси и открытого пламени.

К **специальным** СЗК изолирующего типа относятся костюм защитный легкий Л-1, защитный комплект КР-2М и защитный костюм с вентилируемым подкостюмным пространством КЗПВ.

Костюм защитный легкий Л-1 **предназначен** для защиты кожных покровов и предохранения обмундирования от РВ, ОВ, АХОВ, БС.

Защитный комплект КР-2М (рис.21.33) **предназначен** для защиты кожных покровов от поражения жидкими компонентами ракетных топлив при выполнении работ по ликвидации последствий аварий, а также для защиты от РВ, ОВ, АХОВ и БС.

Комплект состоит из защитного костюма и охлаждающего экрана.



Рис.21.33. Защитный комплект КР-2М



Рис.21.34. Защитный костюм КЗПФ

Охлаждающий экран предназначен для увеличения допустимого времени непрерывного пребывания в защитном костюме, а также для кратковременной защиты от пламени горящих КРТ. Кроме того, экран предохраняет костюм от механических повреждений и от разрушающего действия жидких КРТ.

Экран изготавливают из кислотостойкой фильтрующей ткани и применяют в виде удлиненного жилета или в виде куртки с капюшоном и брюк. Перед непосредственным применением комплекта экран обильно смачивают водой.

При использовании СЗК изолирующего типа боеспособность личного состава будет зависеть как от их защитных свойств, так и от обеспечиваемого ими физиолого-гигиенического состояния организма, поскольку эти СЗК нарушают нормальный теплообмен организма с окружающей средой. Поэтому длительное пребывание в них оказывает *изнуряющее воздействие* на организм человека и, как следствие, ограничивает сроки пребывания в СЗК. Время непрерывного пребывания в СЗК изолирующего типа будет зависеть от температуры окружающей среды и степени физической нагрузки. При повышенных температуре и физической нагрузке возможен перегрев организма, а в зимнее время – переохлаждение.

Предельные сроки пребывания в СЗК изолирующего типа в зависимости от температуры и физической нагрузки приведены в табл.21.4.

Таблица 21.4

Предельное время пребывания в СЗК изолирующего типа в зависимости от температуры и физической нагрузки, ч

Комплект СИЗ	Температура, °С	Нагрузка		
		легкая	средняя	тяжелая
противогаз, ОЗК, летнее обмундирование	30 20 10 0	1 2 4 не ограничено	0,5 0,6 2 не ограничено	0,3 0,4 1 не ограничено
противогаз, ОЗК, зимнее обмундирование	– 10 – 20 – 30	не ограничено 2,8 1,5	не ограничено не ограничено не ограничено	не ограничено не ограничено не ограничено

Повторное пребывание в СЗК в условиях температурных и нагрузочных ограничений возможно после 30-минутного отдыха.

Для увеличения времени пребывания в СЗК изолирующего типа при *выполнении особо сложных работ* используют специальное защитное средство – костюм КЗПФ.

Защитный костюм с вентилируемым подкостюмным пространством КЗПФ (рис.21.34) **предназначен** для защиты органов дыхания и кожных покровов личного состава аварийных подразделений от РВ, ОВ и АХОВ.

В состав костюма входит специальный узел очистки и подачи воздуха, состоящий из блока электропитания, микровентилятора и фильтрующей коробки.

Время непрерывного пребывания в КЗПФ при высоких температурах, по сравнению с обычными изолирующими СЗК, существенно увеличено. Так, при температуре 30°С и тяжелой физической нагрузке это время составляет 3 ч, а для ОЗК при тех же условиях – 20 мин (см. табл.21.4, с.443).

Использование СИЗ.

В зависимости от условий боевой обстановки СИЗ могут находиться в положениях: «походном», «наготове» и в «боевом».

В «***походном***» положении личный состав, выполняющий задачи на открытой местности, имеет СИЗ при себе, а в зданиях и сооружениях – в специальных местах, предусмотренных для их хранения.

Положение «***наготове***» предусматривает выполнение действий, обеспечивающих возможность немедленного перевода СИЗ в «боевое» положение.

В «***боевое***» положение СИЗ переводят при угрозе РХБ заражения или заблаговременно перед началом выполнения работ.

Последовательность действий при переводе СИЗ в вышеуказанные положения осуществляется в соответствии с Руководством по эксплуатации средств индивидуальной защиты и Сборником нормативов по РХБ защите для частей и подразделений Космических войск.

21.6.2. Использование средств коллективной защиты

Для защиты личного состава в условиях РХБ заражения фортификационные сооружения (убежища) и подвижные объекты оборудуются **средствами коллективной защиты**, **предназначенными** для *очистки* атмосферного воздуха от РВ, ОВ и БС и его *подачи* в сооружения (объекты).

Состав **специального оборудования** СКЗ **включает**:

– средства фильтровентиляции;

– средства герметизации (защитно-герметичные двери, герметичные материалы для перегородок и занавесей и т.д.).

По условиям боевой эксплуатации СКЗ **подразделяют** на:

1. Средства очистки и регенерации воздуха для войсковых фортификационных сооружений;

2. Средства очистки воздуха для подвижных объектов ВВТ.

К средствам очистки и регенерации воздуха для **войсковых фортификационных сооружений** относятся фильтровентиляционные агрегаты ФВА 100/50 и ФВА 50/25 (рис.21.35), фильтровентиляционные комплекты ФВК-75, ФВК-200, ФВК-200К (рис.21.36) и комплект регенерации воздуха КРВ. В войсковых фортификационных сооружениях большой вместимости применяется фильтровентиляционная установка ФВУ-1000.

В состав ФВА, ФВК и ФВУ, перечисленных выше, входят взрывозащитное (вентиляционное защитное) устройство ВЗУ, предфильтр, фильтр-поглотитель, побудитель потока воздуха, контрольно-измерительные приборы и набор воздуховодов.

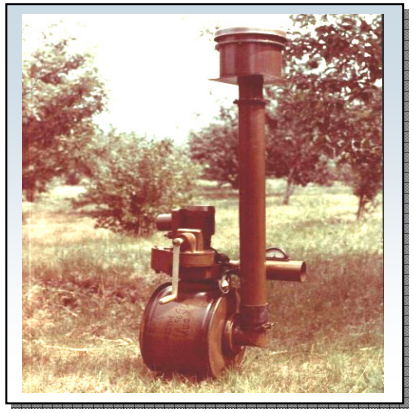


Рис.21.35. Фильтровентиляционный агрегат ФВА 100/50



Рис.21.36. Фильтровентиляционный комплект ФВК-75

Взрывозащитное устройство ВЗУ **предназначено** для предотвращения проникания в объект через воздухозаборное устройство ударной волны и предварительной очистки воздуха от атмосферной пыли. ВЗУ рассчитано на воздействие избыточного давления во фронте ВУВ до 5 кгс/см^2 и задерживает от 60 до 90% атмосферной пыли.

Предфильтр **предназначен** для очистки воздуха от радиоактивной и атмосферной пыли в целях предохранения фильтров-поглотителей от запыления и радиоактивного заражения.

Фильтр-поглотитель **предназначен** для очистки воздуха от РВ, ОВ и БС.

Побудитель потока воздуха **предназначен** для подачи атмосферного воздуха в объект коллективной защиты через ВЗУ, предфильтр и фильтр-поглотитель, а также для создания избыточного давления (подпора), препятствующего прониканию наружного зараженного воздуха через неплотности ограждающих конструкций объектов.

Специальное оборудование СКЗ обеспечивает длительное пребывание личного состава в сооружениях без СИЗ. В убежищах организуется отдых, прием пищи, оказание медицинской помощи и т.д.

Так как системы фильтровентиляции и герметизации обеспечивают надежную защиту от всех вредных примесей, находящихся в воздухе, то *единственный путь* их проникновения в объекты коллективной защиты – занос на обмундировании, обуви, СИЗ, при открывании дверей. Для предотвращения заноса при входах сооружений оборудуются ***тамбуры***, в которых происходит разбавление заносимого зараженного воздуха.

Правила входа и выхода в убежища, оборудованные СКЗ:

1. Перед входом в убежище личный состав, зараженный РВ, ОВ или БС, проводит полную специальную обработку оружия и частичную специальную обработку СЗК изолирующего типа на ***площадке специальной обработки***, размещенной вблизи убежища.

2. В ***предтамбуре*** развешиваются обработанные СЗК, порошком ДПС дегазируется зараженное обмундирование, проводится частичная специальная обработка открытых участков кожи и прилегающего к ним обмундирования, лицевых частей противогазов.

3. Личный состав, задерживаясь в тамбурах на 3…5 мин для обдува чистым воздухом, **попарно** входит в убежище в противогазах. **Запрещается** одновременное открытие обеих дверей тамбура. Снятие противогазов разрешается по окончании входа всего личного состава после проверки прибором химической разведки отсутствия в убежище ОВ.

4. Выход из убежища производится при повышенном режиме работы ФВА в надетых противогазах группами по 4…5 чел. с задержкой в тамбурах на период открывания и закрывания дверей.

Пища доставляется в убежище в термосах, упакованных в прорезиненные герметичные мешки; хлеб и посуда доставляются в двух герметичных мешках (один в другом).

За состояние убежищ и правильность пользования ими отвечают **командиры** тех **подразделений**, за которыми они закреплены.

В **мирное время** агрегаты (комплекты, установки) включаются только при проведении технического обслуживания и обучении личного состава действиям в условиях применения противником ОМП. Для предотвращения забивания ФВА (ФВУ) пылью (дымом) **запрещается** их эксплуатация в запыленной (задымленной) атмосфере.

Средства очистки воздуха для **подвижных объектов ВВТ** подразделяют на средства для герметизированных и негерметизированных объектов.

Средства очистки воздуха для **герметизированных подвижных объектов предназначены** для оборудования кузовов-фургонов, прицепов, кабин и т.д. автомобильной техники с целью очистки зараженного воздуха, подаваемого в объекты, и создания в них необходимого избыточного давления (подпора). К ним относятся фильтровентиляционные установки автомобильные ФВУА-100, ФВУА-100Ф, ФВУА-100А.

В состав установок входят предфильтр (ФВУА-100), противопыльный фильтр (ФВУА-100Ф) или противопыльные кассеты (ФВУА-100А), фильтр-поглотитель и электровентилятор.

Принцип работы ФВУА состоит в следующем: наружный зараженный воздух поступает в предфильтр (противопыльный фильтр или кассету), где очищается от атмосферной пыли и

грубодисперсных аэрозолей. Затем зараженный воздух подается в фильтр-поглотитель, в котором очищается и по воздуховоду направляется внутрь герметизированного объекта, при этом в объекте создается избыточное давление.

Внешний вид фильтровентиляционной установки ФВУА-100 представлен на рис.21.37.

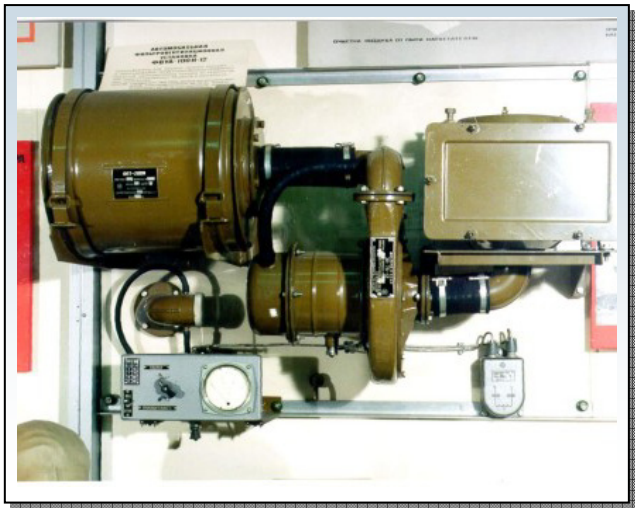


Рис.21.37. Фильтровентиляционная установка ФВУА-100

Пробег автомобильной техники, в течение которого гарантируется сохранение защитных свойств фильтров-поглотителей, составляет 30000 км.

В **мирное время** эксплуатация ФВУА допускается в ограниченных пределах исключительно в целях обеспечения обучения личного состава.

В **боевых условиях** включение ФВУА производится по приказу командира или по сигналу оповещения о РХБ заражении.

Вход в объект после преодоления участков заражения разрешается только после снятия СЗК изолирующего типа и проведения специальной обработки обмундирования и снаряжения. При заражении наружных поверхностей объектов ОВ ФВУА не выключается до проведения полной специальной обработки.

Средства коллективной защиты для **негерметизированных подвижных объектов предназначены** для очистки от РВ, ОВ и БС воздуха, подаваемого под лицевые части противогазов экипажей этих объектов. К ним относятся коллекторные фильтровентиляционные установки ФВУ-3,5; ФВУ-7; ФВУ-15; ФВУ-20 (рис.21.38 и 21.39).

В состав ФВУ входят фильтровентиляционные агрегаты, включающие электровентиляторы и фильтрующе-сорбирующие кассеты (фильтры-поглотители).



Рис.21.38. Фильтровентиляционная установка ФВУ-3,5

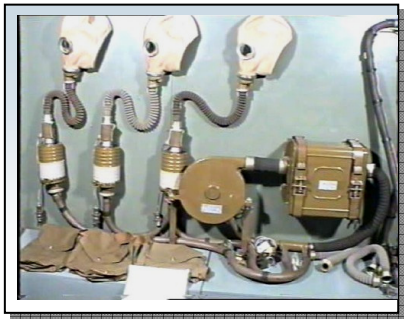


Рис.21.39. Фильтровентиляционная установка ФВУ-15

Принцип работы коллекторных ФВУ заключается в следующем: зараженный воздух подается электровентилятором непосредственно из объекта и нагнетается в фильтрующе-сорбирующие кассеты (фильтры-поглотители), где очищается от вредных примесей. Очищенный воздух по шлангам подается через фильтрующе-поглощающие коробки противогазов в подмасочное пространство их лицевых частей. В холодное время года воздух подогревается в электрокалориферах.

В коллекторных установках используются личные противогазы членов экипажа (расчета), при этом сумки противогазов заменяются на сумки, поставляемые в комплектах установок, в которых имеются приспособления для соединения с раструбами коллекторов и электрокалориферами.

В **мирное время** эксплуатация коллекторных ФВУ на объектах ВВТ допускается в ограниченных пределах (аналогично нормам и правилам эксплуатации ФВУА герметизированных объектов ВВТ) исключительно в целях обеспечения обучения личного состава действиям в условиях применения противником ОМП.

В **боевых условиях** включение установок производится по приказу командира или по сигналу оповещения о РХБ заражении. Выключение ФВУ производится по команде или самостоятельно по выходу объекта из зараженной атмосферы, после его проветривания и проверки в нем чистоты воздуха с помощью табельных приборов химической разведки.

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности личного состава, размещающегося *в убежищах*, оборудованных СКЗ, применяются следующие **режимы** их эксплуатации:

– режим чистой вентиляции;
– режим фильтровентиляции;
– режим полной изоляции.

Режим ***чистой вентиляции*** применяется при отсутствии РХБ заражения и задымления для обеспечения температурно-влажностных параметров внутри сооружения. В этом режиме наружный воздух очищается от пыли в предфильтрах и распространяется по помещениям сооружения.



Рис.21.40. Комплект КРВ

Режим ***фильтровентиляции*** является основным режимом в условиях РХБ заражения. В этом режиме наружный воздух полностью очищается в фильтрах-поглотителях от РВ, ОВ и БС.

Режим ***полной изоляции*** характеризуется отключением ФВА, полной герметизацией сооружения и запрещением (ограничением)

входа и выхода личного состава. Режим применяется в условиях, исключающих возможность забора воздуха для работы системы фильтровентиляции (в момент выпадения РВ; прохождения облака, зараженного ОВ или БС, над сооружением или в непосредственной близости от него; в условиях массовых пожаров и т.п.).

В ряде войсковых фортификационных сооружений в режиме полной изоляции используется комплект регенерации воздуха КРВ (рис.21.40).

В *подвижных герметизированных объектах* ВВТ, как правило, применяются режимы ***чистой вентиляции*** и ***фильтровентиляции***.

21.6.3. Использование защитных свойств местности, вооружения, военной техники и других объектов

Помимо СКЗ, действие РХБ факторов ослабляют любые стационарные и подвижные объекты, рельеф местности и растительный покров, кроме того, оказывают значительное влияние на глубину распространения и степень заражения местности РВ, ОВ (АХОВ) и БС.

От **проникающей радиации** хорошо защищают высокие *холмы* с крутыми скатами и глубокие *складки местности*. Защитные свойства возвышенностей начинают проявляться: при ЯВ малой мощности – на расстоянии 1000 м и при крутизне ската 15°, средней мощности – на расстоянии 1300 м и при крутизне ската 20°, большой мощности – на расстоянии 1800 м и при крутизне ската 25°.

Леса, особенно с развитыми кронами деревьев, на 15…20 % снижают дозу проникающей радиации, однако, под действием светового излучения в лесу могут возникать многочисленные очаги пожаров.

Радиоактивное заражение местности в результате выпадения продуктов ЯВ во многом зависит от *структуры грунта*: чем рыхлее и суше грунт, тем сильнее заражение местности. *Скаты высот* по следу радиоактивного облака, расположенные с наветренной (подветренной) стороны, заражаются в несколько раз больше (меньше) по сравнению с равнинной местностью.

В *лесных массивах* в результате оседания радиоактивной пыли на кронах деревьев и экранирующего действия леса уровни радиации в 2…3 раза меньше, чем на ровной местности. Молодой лес и лиственный лес без покрова при заражении местности практически не влияют на уменьшение уровней радиации.

Оценка защитных свойств местности по количественным показателям может производиться с помощью коэффициента $K_м$, представляющего собой отношение радиуса комбинированного поражения личного состава на открытой местности $R_о$ к радиусу комбинированного поражения личного состава на местности, обладающей защитными свойствами $R_м$:

$$K_м = R_о / R_м . \qquad (21.1)$$

При этом защитные свойства местности считаются удовлетворительными, если значения $K_м$ находятся в пределах от 1,5 до 2, и хорошими – при $K_м = 2$ и более.

Для расчета $K_м$ значение $R_о$ берется по табл.21.5, а $R_м$ определяется по соотношению:

$$R_м = K_р \cdot K_л \cdot R_о , \qquad (21.2)$$

где $K_р$ и $K_л$ – коэффициенты, характеризующие, соответственно, защитные свойства рельефа и леса (табл.21.6).

Лесные массивы, обратные скаты высот, овраги, карьеры, подземные выработки обладают защитными свойствами и от **химического оружия** противника. Вместе с тем, овраги, лощины, карьеры, долины рек, леса, населенные пункты способствуют образованию застоя паров ОВ и изменяют направление распространения облака зараженного воздуха, а высоты способствуют его отрыву от приземного слоя и рассеянию. Концентрация ОВ, БС в облаке зараженного воздуха на вершине холма (горы) будет меньше, чем у подножия. Стойкость ОВ в лесу примерно в 10 раз больше, чем на открытой местности, а глубина распространения –

Таблица 21.5

Радиусы зон выхода из строя личного состава в результате комбинированных поражений, км

Расположение личного состава	Вид взрыва	Мощность взрыва, тыс. т				
		1	10	20	50	100
Открыто на местности и в автомобилях	Н В	0,9 0,9	1,3 1,9	1,7 2,4	2,3 3,2	3,0 4,6
В открытых щелях, окопах	Н В	0,65 0,6	1,0 1,2	1,2 1,5	1,5 2,0	2,0 2,7
В перекрытых щелях	Н В	0,45 0,45	0,8 0,8	1,0 1,0	1,2 1,1	1,5 1,4
В блиндажах	Н В	0,25 0,2	0,5 0,4	0,6 0,5	0,8 0,6	1,0 0,8
В убежищах легкого типа	Н В	0,2 0,1	0,4 0,3	0,5 0,4	0,7 0,5	0,8 0,6

Таблица 21.6

Защитные свойства рельефа местности и леса

Характер местности	Коэффициент	Значение коэффициента для боеприпаса мощности			
		сверхмалый	малый	средний	крупный
Ровная, открытая	$K_р$	1,0	1,0	1,0	1,0
Среднепересеченная, холмистая, превышение 50…150 м, крутизна скатов до 10°	$K_р$	0,8	0,9	1,0	1,0
Среднепересеченная, холмистая, превышение 150…250 м, крутизна скатов до 10°	$K_р$	0,7	0,8	0,9	1,0
Сильнопересеченная, овражистая, глубина оврагов до 20 м, ширина до 50 м	$K_р$	0,6	0,7	0,8	0,97
Лесистая (покрытая лесом на 70 %), лес хвойный, молодой, густой	$K_л$	0,9	0,8	0,5	0,6
Лесистая (покрытая лесом на 60 %), лес лиственный, средневозрастной, средней густоты	$K_л$	1,0	0,85	0,7	0,8
Лесистая (покрытая лесом на 80 %), лес хвойный, спелый, средней густоты	$K_л$	1,0	0,9	0,7	0,7

в 2,5 раза меньше. По глубоким лощинам с крутыми скатами и вдоль речных долин облако зараженного воздуха может затекать в районы, находящиеся далеко в стороне от основного направления его распространения. В лощинах, расположенных перпендикулярно к направлению приземного ветра, облако зараженного воздуха может застаиваться на продолжительное время.

Кабины всех машин (кузова автобусного типа и т.п.) в некоторой степени защищают личный состав от заражения РВ, капельно-жидкими ОВ и БС. Концентрация аэрозолей (паров) в течение 1...2 мин с момента применения будет в них примерно в 2 раза меньше, чем в окружающем воздухе. Однако в последующем ввиду низкой герметичности существенного защитного влияния они оказывать не будут.

21.7. Специальная обработка частей (подразделений). Обеззараживание участков местности, дорог, военных объектов и сооружений

21.7.1. Цели и задачи специальной обработки

Специальная обработка (СО) частей (подразделений), обеззараживание участков местности, дорог, военных объектов и сооружений организуется и проводится для ликвидации последствий РХБ заражения в **целях** исключения поражения личного состава в результате контакта с зараженными ВВТ, объектами и материальными средствами, а также вторичного заражения при передвижении по зараженной местности.

Основными **задачами** СО являются проведение дезактивации, дегазации, дезинфекции ВВТ, СИЗ, обмундирования и снаряжения, объектов и сооружений, а при необходимости – проведение полной санитарной обработки личного состава.

Дезактивация заключается в *снижении степени радиоактивного заражения* вышеперечисленных объектов. Так как в настоящее время никакими физическими или химическими методами влиять на скорость радиоактивного распада невозможно, то

единственным способом снижения активности радиоактивных продуктов деления на РЗМ является их механическое удаление с зараженных поверхностей объектов. Это осуществляется ***газожидкостным*** способом (использование моющих водных растворов и других жидкостей, паровоздушных и газожидкостных смесей, подаваемых под давлением на зараженные поверхности), ***механическим*** способом (удаление верхнего слоя зараженного грунта, покрытие защитными материалами – бетонными плитами, асфальтом и т.п.), способами ***пылеотсасывания*** и ***покрытия пленкообразующими составами*** («сухие» способы).

Дегазация заключается в ликвидации заражения объектов путем *нейтрализации* или *механического удаления* ОВ, АХОВ с их поверхностей. Так как все ОВ и АХОВ являются химическими соединениями, то изменение структуры их молекул (нейтрализация) так же осуществляют химическим путем. Для этих целей используют растворы химических веществ, позволяющих в результате химических реакций обезвредить ОВ, АХОВ с образованием нейтральных продуктов реакций. Механическое удаление ОВ, АХОВ (смыв) может ликвидировать химическое заражение объекта, однако ОВ в этом случае не нейтрализуются, а просто переносятся на другие поверхности (на землю).

Дезинфекция это *уничтожение* БС на поверхностях объектов, подвергшихся заражению, путем применения дезинфицирующих составов.

В зависимости от **полноты проведения** СО подразделяют на частичную и полную.

Частичная специальная обработка (ЧСО) проводится личным составом *по решению командиров подразделений* (частей) табельными средствами *без прекращения выполнения боевых задач*. **Полная специальная обработка** – по решению *вышестоящего командира* (начальника) силами *подразделений РХБ защиты* (специально подготовленными подразделениями) в специально оборудованных *районах специальной обработки* РСО (на пунктах специальной обработки – ПуСО).

21.7.2. Растворы (рецептуры) для проведения специальной обработки

Для проведения **дезактивации** используются растворы на основе моющих средств (синтетических порошков, мыла), хорошо смачивающие обрабатываемые поверхности. **Табельным средством** является синтетический моющий порошок СФ-2У, 0,1 %-й раствор которого готовится непосредственно в подразделениях. В зимнее время для понижения температуры замерзания раствора в него добавляют (20...25 %) аммиачной воды. Кроме этого раствора, могут быть использованы водные растворы хозяйственного мыла и вода, а также растворители (дихлорэтан, бензин, керосин и т.д.).

При авариях (разрушениях) на РОО для дезактивации зараженных объектов используются те же дезактивирующие растворы на основе порошка СФ-2У.

Все рецептуры для **дегазации** основаны на использовании химических свойств ОВ и, в частности, на их способности к реакциям гидролиза, со щелочами и с окислителями.

В настоящее время табельными растворами являются дегазирующие растворы № 1, № 2ащ (бщ) и рецептуры РД-2, РДА и РСДП.

1. Отравляющие вещества типа **VX** и **иприт** очень устойчивы в химическом отношении, плохо растворяются в воде. Для их дегазации используются различные окислители на основе активного хлора (сухая хлорная известь, хлорамины, соли гипохлорита кальция). При этом в процессе химической реакции образуются нетоксичные соединения.

Табельными рецептурами для дегазации VX и иприта являются **дегазирующий раствор № 1** (на основе раствора хлорамина в дихлорэтане), а также растворы гипохлоритов кальция.

2. Для дегазации ОВ типа **зарин**, **зоман** используется их способность вступать в реакцию гидролиза. При обычных температурах эта реакция протекает очень медленно. Однако ее скорость резко возрастает в щелочных растворах (продолжительность реакции – несколько минут), при этом продукты реакции нетоксичны. Поэтому для дегазации этих ОВ используют водные растворы щелочей.

Табельными растворами для дегазации зарина и зомана являются **дегазирующие растворы № 2ащ** (2,0 %-й NaOH) и **№ 2бщ** (10 %-й NaOH). В зимнее время для понижения температуры замерзания в растворы добавляют аммиачную воду (20…25 %).

Важной особенностью щелочных растворов является то, что они применимы как для дегазации ВВТ (и местности), так и обмундирования. Так как гидролиз ОВ типа зарин, зоман резко возрастает при повышении температуры воды, то дегазацию обмундирования производят его кипячением.

3. **Рецептуры РД-2**, **РДА** и **РСДП** являются полидегазирующими, предназначенными для дегазации ВВТ, зараженных **любыми** известными ОВ в интервале температур от – 40°С до + 40°С, при этом степень дегазации достигается в течение нескольких минут.

Рецептура самодегазирующего покрытия РСДП наносится на наружные и внутренние поверхности ВВТ с целью формирования самодегазирующего покрытия (СДП), обеспечивающего самодегазацию объектов при многократном заражении каплями и парами ОВ. Рецептура состоит из двух компонентов: водоэмульсионной краски и механической смеси из нескольких сухих веществ. Готовится в войсках непосредственно перед применением путем механического смешивания обоих компонентов и воды. Наносится на поверхности при помощи индивидуальных дегазационных комплектов ИДК-1, краскораспылителей или кистей. Обеспечивает самодегазацию поверхностей объектов ВВТ при многократном заражении (не менее 5 раз).

При отсутствии растворов для дегазации ВВТ, зараженных ОВ, могут использоваться горючее (бензин, керосин, дизельное топливо) или растворители (дихлорэтан, спирты). Однако нейтрализации ОВ при этом не происходит.

При авариях (разрушениях) на ХОО для дегазации местности используют:

– при заражении КРТ – водоаммиачные растворы и растворы карбонатов Na и Ca (при проливе окислителей) и хлорную известь (при проливе НДМГ);

– при заражении АХОВ – водные завесы (при нейтрализации облака аммиака) и водяные или щелочные растворы (при нейтрализации хлора).

Для **дезинфекции** применяют **хлорсодержащие вещества** (сухую хлорную известь, монохлорамин, соли гипохлорита кальция). В качестве вспомогательных могут быть использованы дегазирующие растворы № 1 и № 2-бщ, которые обладают слабым дезинфицирующим действием.

21.7.3. Технические средства специальной обработки

Для проведения специальной обработки используют три основных вида технических средств:

– индивидуальные пакеты;

– дегазационные комплекты;

– специальные машины.

Индивидуальные пакеты дополняют защитные свойства СИЗ, повышая тем самым защищенность личного состава. Эти пакеты являются элементами обязательной экипировки каждого военнослужащего на военное время. Пакеты предназначены для дегазации открытых участков кожи, лицевых частей противогазов, обмундирования и оружия. К ним относятся индивидуальные противохимические пакеты ИПП-8, ИПП-9, ИПП-10, ИПП-11 и комплект дегазации оружия и обмундирования ИДПС-69.

Индивидуальные противохимические пакеты ИПП-8, ИПП-9, ИПП-10, ИПП-11 (рис.21.41) **предназначены** для дегазации открытых участков кожных покровов лица, шеи и рук, прилегающих к ним участков обмундирования и лицевых частей противогазов.

Пакеты снаряжены полидегазирующими рецептурами. Пакет ИПП-11, кроме того, предназначен для профилактики кожно-резорбтивных поражений при заражении ОВ открытых участков кожи путем создания на них защитной пленки, сохраняющейся в течение 6 часов. Эта пленка обеспечивает защиту кожи от проникания ОВ в течение 30 мин. Пакет обладает еще одной функцией – бактерицидностью, т.е. способностью заживления мелких ран и порезов, лечения термических и химических ожогов.

Комплект дегазации оружия и обмундирования ИДПС-69 (рис.21.42) состоит из 10 индивидуальных дегазационных пакетов ИДП-1 для дегазации стрелкового оружия и 10 дегазационных пакетов селикагеливых ДПС-1 для дегазации обмундирования. По указанию командира каждому военнослужащему выдается по одному пакету ИДП-1 и ДПС-1.



Рис.21.41. Пакет ИПП-11



Рис.21.42. Комплект ИДПС-69

В отдельных случаях пакет ИДП-1 может быть использован для дегазации поверхностей ВВТ. Он позволяет продегазировать до 1 $м^2$ поверхности ВВТ за 5…7 мин.

Дегазационные комплекты (ДК) **предназначены** для проведения специальной обработки ВВТ. Хотя типаж ДК достаточно широк, они все имеют одинаковый принцип действия: подачу под давлением используемого раствора на зараженную поверхность и протирание ее щеткой. Типично и устройство ДК. В их **состав** входят:

– резервуар для рабочего раствора;

– источник давления (воздушный насос, пневмосистема или система отвода выхлопных газов автомобиля);

– брандспойт со щеткой для распыла и нанесения раствора на поверхность объекта.

Табельными комплектами в подразделениях Космических войск являются: индивидуальный дегазационный комплект ИДК-1 (рис.21.43), автомобильные дегазационные комплекты ДК-4, ДК-5 различных модификаций и бортовой комплект специальной обработки БКСО (рис.21.44).



Рис.21.43. Комплект ИДК-1



Рис.21.44. Комплект БКСО

Специальные машины являются специальным вооружением подразделений РХБ защиты и используются для проведения полной специальной обработки ВВТ, сооружений и отдельных участков местности.

В частях Космических войск применяются следующие машины, предназначенные для специальной обработки:

– авторазливочная станция АРС (рис.21.45);

– комплект автономных приборов специальной обработки ДКВ (рис.21.46).

Авторазливочная станция АРС **предназначена** для:

– проведения специальной обработки ВВТ и местности;

– приготовления, хранения, транспортировки растворов для СО и снабжении ими ДК;

– пылеподавления на местности.

В АРС могут применяться любые растворы для проведения дезактивации, дегазации и дезинфекции. Ее **возможности** были приведены в табл.20.1, с.387.



Рис.21.45. Авторазливочная станция АРС-14КМ



Рис.21.46. Дегазационный комплект войсковой ДКВ-1К

Войсковой дегазационный комплект автономных приборов специальной обработки ДКВ **предназначен** для проведения специальной обработки ВВТ и сооружений силами их расчетов.

Основной частью комплекта являются автономные съемные приборы в количестве 64 шт. ***Прибор*** представляет собой металлический резервуар емкостью 30 л с сифоном. В рабочем положении к сифону присоединяются два жидкостных рукава с брандспойтами. Давление в резервуаре создается с помощью воздушного насоса или сжатого воздуха от пневмосистемы обрабатываемого объекта. **Возможности** ДКВ-1К составляют: при дегазации – от 32 до 64 ед. (в зависимости от используемых рецептур); при дезактивации – 21 ед.; при дезинфекции – 16 ед. В случае необходимости приборы могут соединяться последовательно.

21.7.4. Порядок проведения специальной обработки

Проведение частичной специальной обработки.

Частичная специальная обработка **включает**:

– частичную специальную обработку личного состава;

– частичную специальную обработку ВВТ.

Частичная специальная обработка проводится непосредственно в районах заражения и после выхода из них без прекращения выполнения боевых задач в **целях**:

- ***на зараженной местности*** – предотвращения поражения личного состава РВ, ОВ и БС, а также предотвращения заноса капель и паров ОВ в обитаемые отсеки объектов ВВТ и фортификационные сооружения;
- ***после выхода из района применения ХО***, помимо вышеперечисленных – обеспечения возможности действий личного состава без СЗК изолирующего типа.

Наиболее эффективна ЧСО при проведении ее в кратчайшие сроки.

Для **личного состава** она **заключается**:

При заражении ОВ – в немедленной (в течение 1…2 мин) дегазации открытых участков тела человека, отдельных участков обмундирования и СИЗ, а также стрелкового оружия с использо-

ванием ИПП и ИДП. Более поздняя обработка (через 3…5 мин после заражения) не предотвращает поражение личного состава полностью, а лишь уменьшает его тяжесть.

При заражении РВ – в дезактивации (в течение первого часа) открытых участков тела, обмундирования, СИЗ и стрелкового оружия путем обмывания, обтирания или вытряхивания обмундирования и СИЗ.

При заражении БС – в дезинфекции открытых участков тела путем протирания (орошения) дезинфицирующим раствором или чистой водой с мылом.

Частичная СО **объектов ВВТ** проводится их экипажами (расчетами) с помощью табельных дегазационных комплектов или подручных средств (ветоши, веников, снега, травы и т.п.). Она **заключается** в дегазации и дезинфекции **отдельных участков** поверхностей ВВТ, с которыми личный состав наиболее часто соприкасается в ходе выполнения боевых задач, а при дезактивации – в обработке **всей поверхности** объектов путем обметания (обтирания).

Порядок проведения ЧСО будет приведен в табл.21.7.

Проведение полной специальной обработки.

Полная специальная обработка проводится в **целях** снижения степени заражения объектов до допустимых норм и обеспечения возможности действий личного состава без СИЗ.

Район специальной обработки назначается на незараженной местности после выхода из зоны заражения и, как правило, **включает**: районы ожидания и сбора (сосредоточения) обрабатываемых подразделений, КРП, один или несколько ПуСО.

Пункт специальной обработки – участок местности, на котором развертываются подразделения РХБ защиты (специально подготовленные подразделения) для проведения специальной обработки ВВТ, стрелкового оружия и СИЗ.

Удаление районов ожидания и сбора от ПуСО в зависимости от обстановки может составлять 3…5 км, а КРП – 0,5…1 км.

За организацию и проведение СО в РСО отвечают командиры обрабатываемых подразделений и командир подразделения РХБ защиты (специально подготовленного подразделения).

Таблица 21.7

Порядок проведения частичной специальной обработки

Очередность	I	II	III	IV	V
	СО открытых участков тела (лица, шеи, рук), прилегающих к ним участков обмундирования и лицевых частей ФП	СО обмундирования или ОЗК-Ф пакетом ДПС-1, вытряхивание обмундирования	СО стрелкового оружия пакетом ИДП-1 (при заражении ОВ, БС) или водой (водным раствором порошка СФ-2У) – при заражении РВ	ЧСО отдельных участков поверхностей ВВТ дегазационными комплектами ИДК-1, ДК, БКСО или подручными средствами	ЧСО СЗК изолирующего типа дегазационными комплектами ИДК-1, ДК, БКСО или подручными средствами
При **внезапном** применении ОВ	В момент применения ОВ **при нахождении** в **ФП** (при заблаговременном оповещении о применении ОВ)				
	• надеть ФП и плащ ОП-1 в виде накидки • обработать кожу лица под лицевой частью ФП • обработать шею, кисти рук, прилегающие участки обмундирования и лицевую часть ФП	обработать шею, кисти рук, прилегающие участки обмундирования и лицевую часть ФП			
	При заражении РВ (БС)				
	обмывание кожных покровов дезактивирующим (дезинфицирующим) раствором или водой с мылом				

В ***районе ожидания*** сосредотачиваются обрабатываемые подразделения, уточняются сроки и последовательность СО, осуществляется подготовка ВВТ к проведению СО, выделяется необходимый личный состав.

На ***КРП*** осуществляется РХ контроль в целях определения необходимости СО и проводится распределение личного состава и ВВТ по площадкам ПуСО.

На ***ПуСО*** разворачиваются площадки полной специальной обработки объектов ВВТ, стрелкового оружия, СЗК изолирующего типа. Обработка осуществляется штатными средствами (АРС, ДКВ) или табельными (ИДК-1, ДК).

Кроме того, подразделениями тыла разворачиваются площадки замены зараженного обмундирования, а при загрязнении РВ или заражении БС – полной санитарной обработки личного состава.

Район сбора (сосредоточения) подразделений, прошедших полную СО, назначается с целью подготовки подразделений к выполнению последующих задач. В нем осуществляются сбор подразделений после проведения СО, техническое обслуживание ВВТ, чистка (смазка) стрелкового оружия и др.

Схема РСО (вариант) показана на рис.21.47.

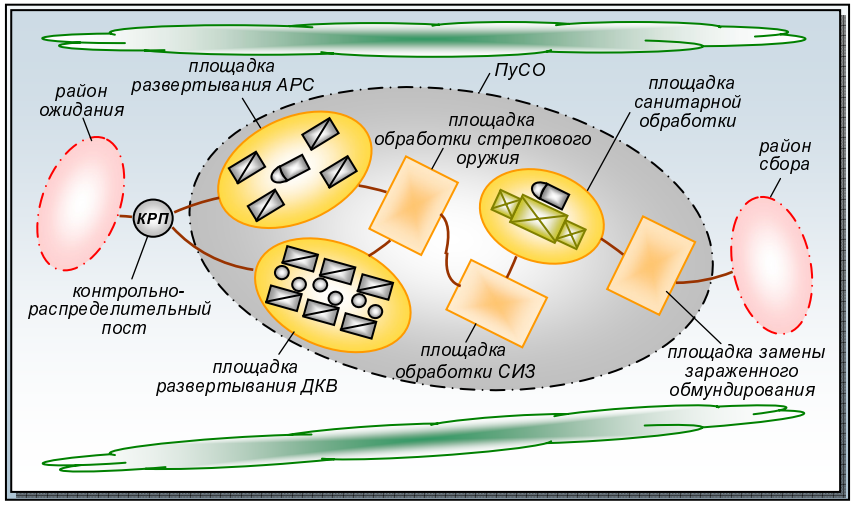


Рис.21.47. Схема РСО (вариант)

21.8. Ликвидация последствий аварий (разрушений) на радиационно и химически опасных объектах Космических войск

Как уже отмечалось, к РХОО Космических войск относятся части запуска, использующие КРТ при пуске КА любого назначения, включая КА с ЯЭУ.

Ликвидация последствий **радиационных аварий** на этих объектах, как правило, требует выполнения следующих мероприятий:

1. Поиска аварийного объекта или его радиоактивных частей.
2. Ведения радиационной разведки в районе аварий.
3. Сбора, транспортировки и захоронения фрагментов аварийного объекта.
4. Дезактивации технических средств и местности.

Поиск аварийного объекта или его радиоактивных частей заключается в обследовании мест аварий в пределах позиционных районов с целью обнаружения объекта или его фрагментов.

За пределами позиционного района эту задачу выполняют части (подразделения) ликвидации последствий войск РХБ защиты и МЧС.

Ведение ***радиационной разведки*** в районе аварии заключается в обследовании территории в целях подтверждения факта ее радиоактивного загрязнения, определения уровня радиации и плотности радиоактивного загрязнения, ограждения радиационно опасных участков местности.

Проведение радиационной разведки осуществляется силами подразделения РХБ защиты с использованием штатных и табельных средств.

Радиационная разведка организуется и проводится совместно с поиском аварийного объекта или его радиоактивных частей.

Сбору, ***транспортировке*** и ***захоронению*** подлежат все предметы, имеющие идентификационные признаки частей аварийного объекта, а также разрушенные конструкции оборудования, сооружений и грунт.

Сбору подлежат твердые материалы и предметы с содержанием радиоактивных веществ:

– при мощности дозы гамма-излучения на поверхности фрагмента более 0,3 мрад/ч;

– при степени заражения поверхности по альфа-излучению более 60 расп./мин·см^2;

– при степени заражения поверхности по бета-излучению – $6 \cdot 10^3$ расп./мин·см^2.

Сбор фрагментов объекта, конструкций, сооружений и грунта осуществляется инженерно-дорожными машинами, а транспортирование – специально оборудованной автотранспортной техникой.

В целях предупреждения **разноса** РВ в ходе и при завершении работ по ликвидации последствий технические средства и личный состав, участвовавшие в работах, подвергаются радиационному контролю и, в случае необходимости, проходят специальную обработку установленными способами.

***Дезактивация* технических средств** (местности) проводится с использованием АРС на площадках ПуСО или непосредственно на месте проведения работ. Дезактивация **технологического оборудования** сооружений осуществляется после разборки завалов, вывоза мусора и заключается в обработке поверхностей соответствующими растворами с помощью штатных и табельных технических средств дезактивации.

Ликвидация последствий **химической аварии** с КРТ включает:

1. Ведение химической разведки и химического контроля.
2. Локализацию очага аварии.
3. Нейтрализацию (дегазацию) жидкой фазы КРТ в местах пролива.
4. Проведение специальной обработки техники и санитарной обработки личного состава.

Химическая разведка ведется для определения зоны заражения и ее границ, направления распространения жидкой и парогазовой фаз, степени заражения воздуха и контроля за ее изменением во времени.

Химический контроль, осуществляемый в районе аварии, включает:

– определение степени заражения оборудования, зданий, сооружений, ВВТ, воздуха, почвы, источников воды и контроль над ее изменением во времени;

– установление возможности безопасного пребывания личного состава в районе аварии без средств защиты.

Проведение химической разведки и химического контроля осуществляется силами подразделения РХБ защиты с использованием штатных и табельных средств. Разведка и контроль ведутся постоянно до полной ликвидации последствий аварии.

Локализация очага аварии проводится с целью предотвращения или ограничения распространения жидкой или парогазовой фаз КРТ. Основными способами локализации очага аварии являются:

– засыпка жидкой фазы сорбентами (грунтом, песком, сухой глиной, шлаком и т.д.);

– постановка водяных завес и использование различных пен. Осуществляются отделением пожаротушения аварийно-спасательного отряда с помощью пожарных машин;

– разбавление водой для снижения скорости испарения КРТ.

Для ***нейтрализации*** (дегазации) окислителей КРТ в местах пролива используются рецептуры щелочного характера, а горючего НДМГ – на основе активного хлора. Небольшие зараженные участки могут подвергаться выжиганию керосином на специальных поддонах.

Специальная обработка проводится после выполнения задач по ликвидации последствий. Она заключается в проведении дегазации ВВТ, СИЗ и обмундирования, а также в санитарной обработке (гигиенической помывке) личного состава. Проводится силами подразделения РХБ защиты с использованием штатных и табельных средств специальной обработки.

21.9. Снижение заметности войск и объектов

21.9.1. Аэрозольное противодействие средствам разведки и управления оружием противника

Аэрозольное противодействие (АэП) средствам разведки и управления оружием противника организуется и проводится в

целях снижения возможностей противника по обнаружению и распознаванию объектов частей (подразделений) и эффективности наносимых им ударов высокоточным (ВТО) и другими видами оружия.

Аэрозольное противодействие включает постановку маскирующих и ослепляющих завес, которые **предназначаются** для:

- противодействия средствам разведки (аэрозольная маскировка);
- противодействия средствам управления оружием (аэрозольное подавление систем наведения);
- применения маскирующих аэрозолей в целях введения противника в заблуждение (аэрозольная имитация);
- защиты войск и объектов от СИЯВ, лазерного лучевого оружия и других мощных световых потоков (аэрозольная защита).

Аэрозольное противодействие основано на применении маскирующих и защитных свойств **аэрозолей** – дисперсных систем, состоящих из жидких (туман) или твердых (дымы) частиц размером $10^{-6}…10^{-3}$ см, взвешенных в воздухе. Эти частицы могут долго находиться в воздухе, обладая свойствами *поглощать* и *рассеивать* электромагнитное излучение различных длин волн, что и является физической основой маскирующего и защитного действия аэрозолей.

Сущность АэП основывается на решении задач по своевременному созданию аэрозольного облака, прерывающего канал наблюдения цели или снижающего до порогового значения энергетический уровень между техническими средствами разведки и наведения ВТО и целью.

Технические средства АэП.

Технические средства АэП частей Космических войск включают следующие основные **виды**:

– средства АэП общевойскового назначения;

– специальная техника подразделений РХБ защиты.

К **средствам АэП общевойскового назначения** относятся дымовые шашки, ручные дымовые гранаты и зажигательно-дымовые патроны.

На вооружении находятся унифицированная дымовая шашка (УДШ), шашка дымовая блочная (ШД-Б), **шашка дымовая повышенной эффективности** (ШД-П), шашка дымовая малая ШД-М и т.д. Основной дымовой шашкой является ШД-П (рис.21.48). Она **предназначена** для постановки маскирующих аэрозольных завес (АэЗ) механическим или электрическим способами. Обеспечивает постановку АэЗ длиной не менее 170 м в течение 5 мин. Обладает маскирующим и защитным действием в видимом и ИК-диапазонах, что позволяет противодействовать оптическим (телевизионным) и оптико-электронным средствам разведки и управления оружием противника.

Ручные дымовые гранаты РДГ-2, РДГ-П **предназначены** для постановки кратковременной маскирующей АэЗ при обеспечении боевых действий одиночных военнослужащих и мелких подразделений. Ручная дымовая граната РДГ-2Б (рис.21.49) обеспечивает постановку АэЗ длиной не более 25 м в течение 1,5…2 мин.



Рис.21.48. Дымовая шашка ШД-П



Рис.21.49. Дымовая граната РДГ-Б

Зажигательно-дымовой патрон ЗДП **предназначен** для постановки ослепляющей АэЗ длиной 10…15 м в течение 1,5…2 мин. ЗДП может использоваться как реактивным пуском на дальность 500 м, так и ручным броском.

К **специальной технике** подразделений РХБ защиты относятся бортовой аэрозольный генератор БАГ для АРС-14 и аэрозольный генератор авторазливочной станции АРС-14КМ.

Бортовой аэрозольный генератор БАГ (рис.21.50) **предназначен** для постановки маскирующей АэЗ длиной не менее 600 м в течение 4 час, снижающей заметность прикрываемых войск и объектов в видимом и ИК-диапазонах. Устанавливается из расчета 1 комплект БАГ (два генератора) на одну АРС-14.



Рис.21.50. Бортовой аэрозольный генератор БАГ

Аэрозольный генератор АРС-14КМ **предназначен** для постановки маскирующих АэЗ длиной 1000 м в течение 1,5 час, снижающих заметность войск и объектов в видимом и ИК-диапазонах.

Способы аэрозольного противодействия.

Применительно к частям Космических войск можно выделить следующие способы противодействия:

1. Постановка одной или нескольких АэЗ на удалении 0,5…2 км от границы объекта со стороны наиболее вероятного подлета авиации противника. Способ применяется для объектов, занимающих большие площади.

2. Постановка площадной АэЗ над районом дислокации части и районами имитации района дислокации (маскировка «ложных» районов). Этот способ применим для небольших районов и отдельно расположенных технических площадок, стартовых позиций, размеры которых соизмеримы с длиной непросматриваемой полосы АэЗ.

3. Постановка АэЗ комбинированным способом, т.е. использование площадной АэЗ и индивидуальных АэЗ для маскировки наиболее важных объектов (сооружений).

4. Постановка очаговых АэЗ для защиты небольших групп личного состава. Способ применяется в тактических схемах охраны и обороны позиционных районов, противодействия диверсионно-разведывательным группам (ДРГ) противника и т.п.

Аэрозольное противодействие осуществляется силами подразделения РХБ защиты, а также специально подготовленного подразделения – командой применения дымовых шашек и гранат.

Задачи АэП считаются выполненными, если предотвращенный ущерб на закрываемом объекте составил не менее 0,7…0,8 (по вероятности сохранения боеспособности).

Имеющиеся на вооружении средства АэП **не обеспечивают противодействия** в диапазоне длин волн от 0,8 до 11,5 см (сантиметровый и дециметровый диапазон). В этом случае для защиты объектов используются радиопоглощающие материалы и маскирующие пенные покрытия.

21.9.2. Применение радиопоглощающих материалов и пен

Применение радиопоглощающих материалов (РПМ) и маскирующих пенных покрытий (МПП) организуется и проводится в **целях** снижения возможности обнаружения и распознавания объектов и ВВТ радиолокационными и тепловизионными средствами разведки противника.

К **радиопоглощающим материалам** относятся материалы, предназначенные для противодействия *радиолокационным* средствам разведки и управления оружием противника. Такие материалы снижают демаскирующее отражение радиолокационного излучения от объектов и ВВТ за счет преобразования его энергии в другие виды, как правило – тепло.

Радиопоглощающие материалы подразделяются на конструкционные РПМ и материалы радиопоглощающих покрытий (РПП).

Из **конструкционных** РПМ изготавливают *съемные* средства радиолокационной маскировки (чехлы, накидки, сети, экраны) и средства *встраиваемые* – детали и узлы объекта, которые снижают его радиолокационную заметность, а также выполняют другие функции, обусловленные конструкцией.

Съемные РПМ (рис.21.51) изготавливаются промышленным способом, но устанавливаются на ВВТ в условиях их боевого применения силами расчетов и экипажей по мере необходимости.



Рис.21.51. Радиопоглощающий чехол

Встраиваемые средства из РПМ изготавливаются и устанавливаются, а РПП наносятся на поверхности объектов, как правило, в условиях специализированных производств соответствующих ВВТ.

Радиопоглощающие покрытия формируются в виде лакокрасочных и композиционных слоев непосредственно на поверхности маскируемого объекта.

Маскирующие пенные покрытия.

Маскирующие пенные покрытия **предназначены** для снижения заметности ВВТ в широком диапазоне длин волн электромагнитного излучения (от видимого до радиолокационного), снижая

тем самым, эффективность действия радиолокационных и оптико-электронных средств разведки и управления оружием противника. Они могут окрашиваться в цвета типовых фонов местности, обеспечивая противодействие визуальным, оптико-визуальным и телевизионным средствам разведки и управления оружием (рис.21.52). Такие покрытия также обладают и защитной способностью, ослабляя воздействие СИЯВ и лазерного излучения.



Рис.21.52. Маскирующее пенное покрытие

Различают МПП на основе пен трех типов:

– водно-полимерные;

– гелеобразные;

– водно-полимерные твердеющие и пенопласты.

Водно-полимерные и **гелеобразные** МПП применяются для относительно кратковременной маскировки (в среднем до 3-х суток) при расположении объектов на позициях, в районах сосредоточения и на открытых участках местности. *Достоинствами* этих покрытий являются высокая маскирующая способность, технологическая доступность, возможность применения штатных и табельных войсковых приборов и комплектов, предназначенных для СО ВВТ, в частности – ДКВ и ИДК-1. К *недостаткам* следует

отнести ограниченный температурный диапазон действия: при потере пеной воды в результате испарения, а также при ее замерзании, маскирующие свойства покрытия в радиолокационном диапазоне резко снижаются.

Маскирующие пенные покрытия на основе **твердеющих** пенообразующих рецептур могут применяться для снижения радиолокационной заметности как стационарных, так и подвижных объектов, заблаговременно или непосредственно перед выполнением боевых задач. Они обладают гораздо бóльшим временем защитного действия по сравнению с водно-полимерными и гелеобразными композициями за счет введения в их состав специальных радиопоглощающих добавок. Эти рецептуры могут применяться при помощи АРС-14.

Основные характеристики пенных покрытий приведены в табл.21.8.

Таблица 21.8

Маскирующие пенные покрытия

Наименование характеристик	Водно-полимерные и гелеобразные	Водно-полимерные твердеющие	Пенопласты
Диапазон длин волн в СВЧ-диапазоне, см	0,8…8	0,8…10	0,8…11,5
Коэффициент отражения, дБ	от –15 до –30	от –15 до –20	от –15 и ниже
Диапазон длин волн в ИК-диапазоне, мкм	3,5…5,5 8…14	3,5…5,5 8…14	3,5…5,5 8…14
Снижение теплового контраста	с 50°С до фоновой	в 85…100 раз	в 100 раз и выше
Диапазон рабочих температур, °С	–40…+40	–70…+100	–190…+180
Время маскирующего действия	3 сут.	3…14 сут.	до нескольких лет

Аэрозольное противодействие средствам разведки и управления оружием противника, применение РПМ и МПП проводится, как правило, в комплексе с другими мероприятиями тактической маскировки войск, а в некоторых случаях – и самостоятельно.

Глава 22
ОРГАНИЗАЦИЯ И ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАЧ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ В ЧАСТЯХ КОСМИЧЕСКИХ ВОЙСК

22.1. Основы организации радиационной, химической и биологической защиты

Организация РХБ защиты в войсках представляет собой часть общей деятельности командиров, штабов и служб по управлению частями и подразделениями при выполнении поставленных им задач.

Она **включает** в себя:

1. Непрерывное выявление, сбор и обобщение данных о РХБ обстановке.

2. Определение задач РХБ защиты, последовательности, способов, сроков, сил и средств для их выполнения.

3. Доведение задач до подразделений.

4. Планирование РХБ защиты.

5. Организацию взаимодействия при выполнении задач РХБ защиты.

6. Обеспечение подразделений ВиС РХБ защиты.

7. Организацию управления силами и средствами РХБ защиты.

8. Подготовку частей (подразделений) к выполнению задач РХБ защиты и контроль их готовности.

Командир части определяет: цель, основные задачи РХБ защиты при подготовке и в ходе выполнения задач.

Начальник штаба детализирует задачи, поставленные командиром, распределяет силы и средства по задачам и направлениям и отдает указания на организацию их выполнения.

Штаб части:

– организует постоянное добывание данных о РХБ обстановке;

– определяет порядок и сроки выполнения задач РХБ защиты;

– организует взаимодействие и работу служб по планированию выполнения задач РХБ защиты;

– организует оповещение подразделений о непосредственной угрозе РХБ заражения;

– осуществляет сбор и оценку данных о РХБ обстановке;

– ведет учет контроля облучения и определения боеспособности подразделений по радиационному показателю;

– организует проведение мероприятий по ликвидации последствий.

Непосредственную ответственность за организацию и выполнение задач РХБ защиты несет **начальник службы** РХБ защиты части.

Организация РХБ защиты проводится, как правило, в **два этапа** – заблаговременно и непосредственно.

Заблаговременная организация осуществляется в мирное время. Она **включает** в себя:

1. Конкретизацию основных задач РХБ защиты и доведение их до подразделений, планирование РХБ защиты.

2. Организацию взаимодействия и обеспечения подразделений ВиС РХБ защиты.

3. Подготовку органов управления, подразделений и личного состава штатных и специально подготовленных подразделений.

Непосредственная организация начинается и проводится в угрожаемый период в кратчайшие сроки. При этом:

1. Уточняются задачи РХБ защиты и в виде распоряжений по РХБ защите доводятся до подразделений.

2. Развертываются силы и средства РХБ защиты и осуществляется контроль за подготовкой подразделений к выполнению задач защиты.

При **ведении боевых действий** с применением только **обычных средств поражения** в полном объеме выполняются задачи по ведению РХБ наблюдения (разведки), снижению заметности объектов; остальные силы и средства РХБ защиты находятся в готовности к немедленному применению по назначению.

В ходе боевых действий с **применением ОМП**, а также **при разрушениях РХБ опасных объектов** РХБ защита проводится в соответствии с решением командира на организацию ведения боевых действий и планирующими документами по РХБ защите с учетом реально складывающейся обстановки. Выполнение задач РХБ защиты проводится в полном объеме и в кратчайшие сроки с применением всех задействованных сил и средств.

Таким образом, выполнение задач РХБ защиты начинается на этапе заблаговременной подготовки к боевым действиям, наращивается на этапе непосредственной подготовки и осуществляется в полном объеме в ходе боевых действий.

Одним из основных элементов организации РХБ защиты является ее планирование.

Планирование РХБ защиты есть процесс отображения в боевых документах решения (замысла) командира на выполнение задач по предназначению и его указаний по видам обеспечения, в том числе – по РХБ защите. Оно проводится с **целью** определения содержания, последовательности, сроков и способов выполнения мероприятий защиты при действиях частей и подразделений в различных условиях выполнения задач, регламентирования порядка управления силами и средствами РХБ защиты, взаимодействия и всестороннего обеспечения при выполнении ее задач.

Планирование защиты осуществляет штаб совместно с начальником службы РХБ защиты в мирное время – по боевым готовностям, а в военное – по задачам и вариантам боевых действий.

Планирующим документом РХБ защиты является раздел «РХБ защита» Плана боевого обеспечения части. Раздел разрабатывается на карте с приложением к ней пояснительной записки.

22.2. Организация и выполнение задач радиационной, химической и биологической защиты в частях запуска

Радиационная, химическая и биологическая защита частей запуска организуется и осуществляется с **целью** обеспечения выполнения задач по подготовке и запуску КА в условиях РХБ зара-

жения с минимальными потерями личного состава и повышения защищенности объектов государственных испытательных космодромов (ГИК) от ВТО и других видов оружия.

Радиационная, химическая и биологическая защита организуется на основе решения командира отдельной инженерной испытательной части (ОИИЧ), его указаний и распоряжений штаба ГИК по РХБ защите, а также данных о состоянии и возможностях части по выполнению задач РХБ защиты.

Организует РХБ защиту штаб ОИИЧ и непосредственно – начальник службы РХБ защиты части. Начальник службы разрабатывает предложения по защите и докладывает их после согласования с начальником штаба командиру части, организует разработку раздела «РХБ защита» Плана боевого обеспечения части и его выполнение.

На основе принятого решения отдается распоряжение по РХБ защите, в котором указываются: цели и задачи защиты, порядок и сроки выполнения мероприятий, привлекаемые силы и средства, направления сосредоточения основных усилий и особенности организации защиты для каждого подразделения, силы и средства, выделяемые в порядке взаимодействия для решения задач защиты, порядок и сроки обеспечения ВиС РХБ защиты.

В боевой готовности «**Постоянная»** основными задачами РХБ защиты являются:

1. Ведение постоянного РХБ наблюдения.

2. Обеспечение личного состава ВиС РХБ защиты.

3. Организация и проведение боевой подготовки по вопросам РХБ защиты.

При обеспечении непосредственной подготовки и запуска КА в полном объеме осуществляются:

1. Постоянное радиационное и химическое наблюдение (разведка) за появлением радиоактивных и химических веществ (в первую очередь КРТ) в окружающей среде.

2. Сбор и обработка информации об авариях на РХОО.

3. Оповещение личного состава о возможном РХ заражении.

4. Использование СИЗ.

5. Ликвидация последствий РХ заражения.

Ведение наблюдения заключается в организации постоянного контроля над концентрацией вредных примесей в сооружениях технической (ТП) и на стартовой (СП) позициях.

Сбор информации о возможных аварийных ситуациях осуществляется с пристартовых командных пунктов (КП) на основе данных от боевых расчетов и нештатных подразделений разведки, действующих на стартовых позициях.

Оповещение личного состава о возможном РХ заражении осуществляется с пристартового КП с использованием всех имеющихся средств оповещения.

Все боевые расчеты, работающие на СП, обеспечиваются **специальными средствами защиты** органов дыхания и кожи, которые находятся в состоянии готовности к применению.

Помещения, патерны, заглубленные сооружения заблаговременно готовятся к временному укрытию личного состава и распределяются между расчетами.

В случае аварийной ситуации после эвакуации боевого расчета СП мероприятия по ликвидации последствий осуществляет аварийно-спасательный отряд (аварийно-спасательная группа).

В высших степенях боевой готовности основной **целью** РХБ защиты является перевод сил и средств защиты в готовность к немедленному применению по назначению. При этом осуществляются следующие мероприятия.

1. Уточняются планы взаимодействия с частями гарнизонов и ПУ территориальных органов ГО и ЧС.

2. Выставляются посты РХБ наблюдения, организуется непрерывное РХБ наблюдение.

3. Развертываются площадки подгонки и технической проверки противогазов.

4. Проводится дооборудование подвальных и заглубленных помещений для укрытия личного состава и населения военных городков.

5. Перед входами в здания и сооружения оборудуются площадки специальной обработки, автотранспортная техника дооборудуется под бортовые комплекты специальной обработки.

6. Система АэП переводится в режим немедленной готовности к применению.

При **ведении боевых действий** основной **целью** РХБ защиты является обеспечение подготовки и проведения запусков КА по Плану восполнения орбитальных группировок в военное время в условиях воздействия ДРГ противника, высокоточного оружия, применения ОМП, разрушения РХОО.

Задачи РХБ защиты на данном этапе и организация их выполнения будут определяться, прежде всего, характером (видом) воздействия средств поражения.

При ведении боевых действий с применением только ***обычных средств поражения*** основными мероприятиями РХБ защиты являются:

1. Оперативное прогнозирование масштабов и последствий разрушений РХОО.

2. Непрерывное ведение РХБ наблюдения и разведки.

3. Аэрозольное противодействие техническим средствам разведки и управления ВТО, прицельному воздействию стрелковым оружием со стороны ДРГ.

Выявление масштабов и последствий разрушений РХОО проводится на основе оперативного прогнозирования и уточняется путем ведения РХБ наблюдения и разведки, а также обмена информацией с взаимодействующими штабами.

Вся информация о РХБ обстановке поступает на пункты управления по линии системы ЕСВОП, что дает возможность своевременного принятия мер защиты в условиях РХБ заражения.

Аэрозольное противодействие средствам разведки и управления оружием в оптическом диапазоне имеет целью введение противника в заблуждение относительно расположения, структуры, размеров и типов объектов, и, тем самым, снижение вероятности их поражения (обнаружения). АэП осуществляется силами подразделения РХБ защиты и команды применения дымовых шашек в комплексе со средствами инженерной маскировки, средствами радиоэлектронной борьбы (РЭБ), инженерным оборудованием основных и ложных объектов по единому плану с использованием штатных и табельных средств. Выбор средств маскировки проводится на основе анализа возможностей технических средств разведки и управления оружием противника.

Расчеты *площадных* аэрозольных завес для противодействия прицельным ударам авиации проводятся с учетом размеров маскируемых районов и их количества, подлетного времени авиации (времени закрытия объектов), возможной продолжительности воздействия противника (продолжительности маскировки), метеоусловий, характеристик имеющихся средств маскировки (противодействия). Расчеты *линейных* аэрозольных завес для противодействия прицельному огню стрелкового оружия или ослепления противника проводятся с учетом длины рубежа закрытия (ослепления), продолжительности противодействия, метеоусловий и типа средств маскировки.

Аэрозольное противодействие прицельному огню ДРГ осуществляется силами подразделений охраны и обороны путем применения РДГ и ЗДП.

Расчеты на аэрозольную маскировку проводятся заблаговременно на основе данных о средних метеоусловиях в районе дислокации.

При возникновении разрушений на РХОО в пределах позиционного района мероприятия РХБ защиты направлены на ликвидацию последствий и восстановление боеспособности части (см. п.21.8).

При применении ОМП в полном объеме решаются задачи по сбору, обработке и анализу информации о РХБ обстановке и обеспечению защиты личного состава в условиях РХБ заражения.

При этом основные усилия РХБ защиты направляются на обеспечение подготовки и запуска КА при максимальном сохранении боеспособности личного состава по радиационному показателю.

Основными мероприятиями РХБ защиты в этот период являются:

1. Своевременное выявление фактов применения ядерного (ведение ЗЯВ), химического и биологического оружия.

2. Прогнозирование РХБ обстановки и выявление ее фактического состояния по данным РХБ разведки (наблюдения) и РХБ контроля на ТП и СП.

3. Сбор, обработка и анализ информации о РХБ обстановке в позиционном районе части.

4. Оповещение личного состава о РХБ заражении.

5. Использование СИЗ и СКЗ, организационных мер (временна́я защита) и медикаментозных защитных средств.

6. Специальная обработка подразделений, обеззараживание участков местности, объектов и сооружений.

Засечку ядерных взрывов, выявление фактов применения химического и биологического оружия осуществляют посты РХБ наблюдения части; кроме того, эта информация поступает по линии подчиненности от ПУ ГИК. Полученная информация является исходной для проведения оперативного прогнозирования РХБ обстановки и определения ее фактического состояния путем ведения РХБ наблюдения (разведки) и РХБ контроля.

Одним из важнейших мероприятий защиты в этот период является **контроль облучения** личного состава (дозиметрический контроль). На ТП и СП контроль облучения проводится, как правило, *групповым* методом при помощи дозиметров ИД-1, выданных начальникам расчетов. Учет доз ведется командирами подразделений (за весь личный состав) и в штабе части (за подразделения).

Оповещение о РХБ заражении проводится штабами немедленно по всем каналам и линиям связи. Решение о подаче сигнала об угрозе и начале радиоактивного и биологического заражения принимает командир части. При угрозе и начале химического заражения сигнал оповещения подается ПРХБН.

С получением сигналов оповещения личный состав, выполняющий задачи на открытой местности, переводит **СИЗ** в боевое положение, находящийся в зданиях и сооружениях, не оборудованных СКЗ, – использует только СЗОД. Личный состав, непосредственно не задействованный в выполнении задач, занимает **убежища** (укрытия).

В условиях сложной радиационной обстановки на СП организуется посменная работа сокращенными расчетами по ускоренным технологическим графикам. По распоряжению командира могут быть использованы медикаментозные защитные средства.

Специальная обработка включает дегазацию, дезактивацию и дезинфекцию ВВТ, СИЗ, обмундирования, снаряжения и других материальных средств, санитарную обработку личного состава.

Частичная специальная обработка проводится личным составом подразделений без прекращения выполнения задач табельными и подручными средствами по решению командиров подразделений, подвергшихся заражению. При применении химического и биологического оружия она проводится немедленно, при радиоактивном заражении – в течение первого часа после его возникновения.

Полная специальная обработка проводится после выполнения задач запуска КА с выходом из зон заражения в оборудованных РСО с привлечением подразделений РХБ защиты и формирований из специально подготовленного личного состава.

Полная специальная обработка проводится по решению начальника ГИК.

Обеззараживание участков местности и инженерно-технических сооружений проводится подразделениями РХБ защиты (специально подготовленными формированиями) с использованием штатных и табельных средств с целью обеспечения выполнения восстановительных и других работ на местности и в сооружениях.

22.3. Организация и выполнение задач радиационной, химической и биологической защиты в частях управления

Радиационная, химическая, биологическая защита частей управления организуется и осуществляется с **целью** обеспечения выполнения задач по управлению группировками КА в условиях РХБ заражения с минимальными потерями личного состава, а

также повышения защищенности объектов отдельных командно-измерительных комплексов (ОКИК) от высокоточного и других видов оружия.

Радиационная, химическая, биологическая защита организуется на основе решения начальника ОКИК, его указаний и распоряжений штаба Главного испытательного центра испытаний и управления КА (ГИЦИУ) по РХБ защите, а также данных о состоянии и возможностях части по выполнению задач РХБ защиты.

Организует РХБ защиту штаб ОКИК и непосредственно – начальник службы РХБ защиты части. Начальник службы разрабатывает предложения по защите и докладывает их после согласования с начальником штаба командиру части, организует разработку раздела «РХБ защита» Плана боевого обеспечения части и его выполнение.

Начальнику подвижного наземного командно-измерительного пункта (ПН КИП) представляется **выписка** из раздела.

На основе принятого решения отдается распоряжение по РХБ защите, в котором указываются: цели и задачи защиты, порядок и сроки выполнения мероприятий, привлекаемые силы и средства, направления сосредоточения основных усилий и особенности организации защиты для каждого подразделения, силы и средства, выделяемые в порядке взаимодействия для решения задач защиты, порядок и сроки обеспечения ВиС РХБ защиты.

В боевой готовности **«Постоянная»** основными задачами РХБ защиты являются:

1. Ведение постоянного РХБ наблюдения.

2. Обеспечение личного состава ВиС РХБ защиты.

3. Организация и проведение боевой подготовки по вопросам РХБ защиты.

Постоянное **РХБ наблюдение**, помимо дежурной службы, ведется силами боевого расчета КП ОКИК и средствами ПН КИП.

Организуются обеспечение личного состава дежурных смен **СИЗ изолирующего типа** и их **дозиметрический контроль**. Изолирующие противогазы хранятся в специально оборудованных шкафах, измерители доз – находятся в сейфах начальников дежурных смен (расчетов) в готовности к выдаче при угрозе радиоактивного заражения.

В высших степенях боевой готовности основной **целью** РХБ защиты является перевод сил и средств защиты в готовность к немедленному применению по назначению. При этом осуществляются следующие мероприятия.

1. Уточняются планы взаимодействия с частями гарнизонов и ПУ территориальных органов ГО и ЧС.

2. Выставляются посты РХБ наблюдения, организуется непрерывное РХБ наблюдение.

3. Развертываются площадки подгонки и технической проверки противогазов.

4. Проводится дооборудование подвальных и заглубленных помещений для укрытия личного состава и населения военных городков.

5. Перед входами в здания и сооружения оборудуются площадки специальной обработки, автотранспортная техника дооборудуется под бортовые комплекты специальной обработки.

6. Система АэП переводится в режим немедленной готовности к применению.

Радиационная, химическая, биологическая разведка маршрутов выдвижения и маневра, выжидательных и полевых рабочих позиций, районов сосредоточения средств обеспечения деятельности ПН КИП проводится на соответствующих этапах применения ПН КИП.

При ведении боевых действий основной **целью** РХБ защиты является обеспечение выполнения суточного графика проведения сеансов управления КА в условиях применения ОМП, ВТО, заражения позиционных районов при разрушении близ расположенных РХБОО, воздействия ДРГ противника.

Задачи РХБ защиты на данном этапе и организация их выполнения будут определяться, прежде всего, характером (видом) воздействия средств поражения.

При ведении боевых действий с применением только ***обычных средств поражения*** основными мероприятиями РХБ защиты являются:

1. Оперативное прогнозирование масштабов и последствий разрушений РХБОО.

2. Непрерывное ведение РХБ наблюдения и разведки.

3. Аэрозольное противодействие техническим средствам разведки и управления ВТО прицельному воздействию стрелковым оружем со стороны ДРГ; снижение заметности объектов.

Оперативное прогнозирование РХБ обстановки после разрушения РХБОО осуществляется штабом ОКИК и заключается в выявлении и оценке масштабов и последствий разрушений РХБОО. Результаты прогнозирования установленным порядком доводятся до ПН КИП.

Радиационная, химическая, биологическая разведка (наблюдение) ведется постами РХБ наблюдения (дозорами РХБ разведки) с целью своевременного обнаружения РХБ заражения объектов ОКИК, выжидательных и полевых рабочих позиций ПН КИП, районов сосредоточения обеспечивающих его средств, а также маршрутов выдвижения и маневра.

Аэрозольное противодействие средствам разведки и управления оружием в оптическом диапазоне имеет целью введение противника в заблуждение относительно расположения, структуры, размеров и типов объектов, и, тем самым, снижение вероятности их поражения (обнаружения). АэП осуществляется силами команды применения дымовых шашек и гранат в комплексе со средствами инженерной маскировки, средствами РЭБ, инженерным оборудованием основных и ложных объектов по единому плану с использованием табельных средств. Выбор средств маскировки проводится на основе анализа возможностей технических средств разведки и управления оружием противника.

Расчеты *площадных* аэрозольных завес для противодействия прицельным ударам авиации проводятся с учетом размеров маскируемых районов и их количества, подлетного времени авиации (времени закрытия объектов), возможной продолжительности

воздействия противника (продолжительности маскировки), метеоусловий, характеристик имеющихся средств маскировки (противодействия). Расчеты *линейных* АэЗ для противодействия прицельному огню стрелкового оружия или ослепления противника проводятся с учетом длины рубежа закрытия (ослепления), продолжительности противодействия, метеоусловий и типа средств маскировки.

Аэрозольное противодействие прицельному огню ДРГ осуществляется силами подразделений охраны и обороны путем применения РДГ и ЗДП.

Расчеты на аэрозольную маскировку проводятся заблаговременно на основе данных о средних метеоусловиях в районе дислокации.

Расчеты для маскировки ПН КИП проводятся для каждой полевой рабочей и выжидательной позиций. Средства аэрозольной маскировки из расчета постановки одной площадной завесы вывозятся на полевую рабочую позицию, а запасы на две АэЗ находятся в районе сосредоточения средств обеспечения ПН КИП.

Снижение заметности ПН КИП в радио- и оптическом диапазонах достигается применением съемных РПМ и нанесением МПП. Использование этих средств осуществляется силами расчетов ПН КИП по решению его командира в зависимости от складывающейся обстановки.

При применении ОМП в полном объеме решаются задачи по сбору, обработке и анализу информации о РХБ обстановке и обеспечению защиты личного состава в условиях РХБ заражения.

При этом основные усилия РХБ защиты направляются на обеспечение выполнения суточного графика сеансов управления КА при максимальном сохранении боеспособности личного состава по радиационному показателю.

Основными мероприятиями РХБ защиты в этот период являются:

1. Своевременное выявление фактов применения ядерного (ведение ЗЯВ), химического и биологического оружия.

2. Прогнозирование РХБ обстановки и выявление ее фактического состояния по данным РХБ разведки (наблюдения) и РХБ контроля на объектах ОКИК, выжидательных и полевых рабочих позициях ПН КИП, в районах сосредоточения обеспечивающих его средств, а также на маршрутах выдвижения и маневра.

3. Сбор, обработка и анализ информации о РХБ обстановке в позиционном районе ОКИК и районах применения ПН КИП.

4. Оповещение личного состава о РХБ заражении.

5. Использование СИЗ и СКЗ, организационных мер (временная защита) и медикаментозных защитных средств.

6. Специальная обработка подразделений, обеззараживание участков местности, объектов и сооружений.

Засечку ядерных взрывов, выявление фактов применения химического и биологического оружия осуществляют посты РХБ наблюдения подразделений ОКИК и ПН КИП; кроме того, эта информация поступает от вышестоящих штабов и по линии взаимодействия. Полученная информация является исходной для проведения оперативного прогнозирования РХБ обстановки и определения ее фактического состояния путем ведения РХБ наблюдения (разведки) и РХБ контроля.

Одним из важнейших мероприятий защиты в этот период является **контроль облучения** личного состава (дозиметрический контроль). Для дежурных смен технических средств ОКИК и расчетов ПН КИП контроль проводится, как правило, *групповым* методом при помощи дозиметров ИД-1. Учет доз ведется командирами подразделений (за весь личный состав) и в штабе части (за подразделения).

Оповещение о РХБ заражении проводится штабом ОКИК немедленно по всем каналам и линиям связи. Решение о подаче сигнала об угрозе и начале радиоактивного и биологического заражения принимает начальник ОКИК (ПН КИП). При угрозе и начале химического заражения сигнал оповещения подается ПРХБН (на марше ПН КИП – дозором РХБ разведки).

С получением сигналов оповещения личный состав, выполняющий задачи на открытой местности, переводит **СИЗ** в боевое положение, находящийся в зданиях и сооружениях, в кабинах и кузовах-фургонах, не оборудованных СКЗ – использует только СЗОД. Личный состав подразделений ОКИК, непосредственно не задействованный в выполнении задач, занимает **убежища** (укрытия).

В условиях сложной радиационной обстановки в технических зданиях ОКИК организуется посменная работа сокращенными расчетами. По распоряжению командира могут быть использованы медикаментозные защитные средства.

Повышение радиационной защищенности личного состава ПН КИП, находящегося на марше, осуществляется путем сокращения времени пребывания на РЗМ за счет максимального увеличения скорости движения и выбора маршрутов с минимальными значениями мощности дозы излучения. При выполнении задач на полевых рабочих позициях снижение дозовых нагрузок может быть достигнуто максимальным сокращением времени пребывания на открытой местности при выполнении работ по развертыванию и свертыванию технических средств ПН КИП, а также приемом медикаментозных защитных средств.

Специальная обработка включает дегазацию, дезактивацию и дезинфекцию ВВТ, СИЗ, обмундирования, снаряжения и других материальных средств, санитарную обработку личного состава.

Частичная специальная обработка проводится личным составом подразделений без прекращения выполнения задач табельными и подручными средствами по решению командиров подразделений, подвергшихся заражению. При применении химического и биологического оружия она проводится немедленно, при радиоактивном заражении – в течение первого часа после его возникновения.

Для специальной техники ПН КИП частичная специальная обработка заключается в дегазации, дезактивации и дезинфекции отдельных участков поверхностей обрабатываемых объектов, с которыми личный состав соприкасается при выполнении поставленных задач. Обработка проводится силами расчетов с использованием табельных дегазационных комплектов.

Полная специальная обработка подразделений ОКИК проводится по решению начальника ОКИК с выходом из зон заражения в оборудованных РСО собственными силами, а также с привлечением нештатных формирований из специально подготовленного личного состава с помощью табельных дегазационных комплектов.

Обеззараживание участков местности и инженерно-технических сооружений проводится специально подготовленными формированиями с целью обеспечения возможности выполнения задач без СИЗ.

Полная специальная обработка ПН КИП проводится по решению начальника ОКИК при смене занимаемых районов, как правило, на маршрутах перемещения в новые районы применения или в выжидательном районе после выполнения задач. Обработка проводится в РСО силами расчетов ПН КИП с использованием табельных дегазационных комплектов.

22.4. Порядок работы командира подразделения по организации и выполнению задач радиационной, химической и биологической защиты

В подразделении полную ответственность за организацию и выполнение задач РХБ защиты несет **командир подразделения**. Все вопросы защиты он решает самостоятельно в соответствии с реальной обстановкой и получаемыми распоряжениями по РХБ защите.

Основным содержанием деятельности командира подразделения по вопросам РХБ защиты **в мирное время** является обеспечение подразделения ВиС РХБ защиты и обучение личного состава.

Обеспечение подразделения включает:

– получение в подразделение и закрепление за личным составом СИЗ, приборов РХ разведки и контроля, средств специальной обработки, организацию их хранения, контроля наличия и состояния;

– закрепление за подразделением убежищ (укрытий), оборудованных СКЗ.

В соответствии с планом боевой подготовки командир подразделения организует **обучение** личного состава подразделения:

– ведению РХБ разведки и наблюдения (для специально выделяемого личного состава);

– порядку действий по сигналам оповещения;

– приемам и способам пользования СИЗ;

– способам преодоления зараженной местности и правилам пользования убежищами (укрытиями) и СКЗ;

– проведению специальной обработки обмундирования, стрелкового оружия, СИЗ, ВВТ.

Командир подразделения организует и лично проводит занятия и тренировки. Итогом обучения должно быть успешное выполнение всем личным составом нормативов по РХБ защите. Подготовленность подразделения по вопросам защиты проверяется на тактико-специальных занятиях (учениях в масштабе части) и при итоговых проверках.

В угрожаемый период основная задача командира подразделения заключается в максимальной подготовке всех сил и средств защиты к немедленному использованию по назначению.

С этой целью он организует:

– получение СЗОД неприкосновенного запаса, их подгонку и техническую проверку;

– получение в подразделение закрепленных за ним ВиС РХБ защиты и индивидуальных медицинских аптечек;

– перевод убежищ (укрытий) и СКЗ в эксплуатационное состояние (выделение наряда, создание запасов воды, продовольствия, оборудование средствами жизнеобеспечения и связи).

В ходе боевых действий или при непосредственной угрозе РХБ заражения в случае аварий на РХБОО командир подразделения организует немедленное использование всех средств и применение способов защиты для обеспечения выполнения поставленных задач в заданное время с минимальными потерями.

Глава 23
СОДЕРЖАНИЕ ВООРУЖЕНИЯ И СРЕДСТВ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ В ГОТОВНОСТИ К ПРИМЕНЕНИЮ

23.1. Порядок учета, хранения и обслуживания вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты в подразделении

При содержании ВиС РХБ защиты в подразделении организуются и проводятся следующие мероприятия:

1. Учет.

2. Хранение.

3. Техническое обслуживание.

4. Контроль технического (качественного) состояния.

5. Ремонт.

Ответственность за организацию и **ведение учета** несут начальники службы РХБ защиты частей и командиры подразделений.

Все изделия ВиС РХБ защиты, прибывающие в часть, после их *приемки комиссией* части, которая проверяет количество, комплектность и качественное состояние прибывших изделий, и составления ***актов приема***, которые служат основанием для отражения в регистрах учета, *вводятся в строй* ***приказом командира части*** в 3-х дневный срок.

Ввод в эксплуатацию (строй) *включает*:

– прием изделия;

– определение места использования или хранения;

– выдачу в подразделение и закрепление за личным составом;

– передачу на склад.

В зависимости от назначения поступивших изделий они могут быть заложены в неприкосновенный запас, оставлены на складе для обеспечения текущей потребности части или выданы в подразделения для использования.

Схема ввода в эксплуатацию ВиС РХБ защиты приведена на рис.23.1.

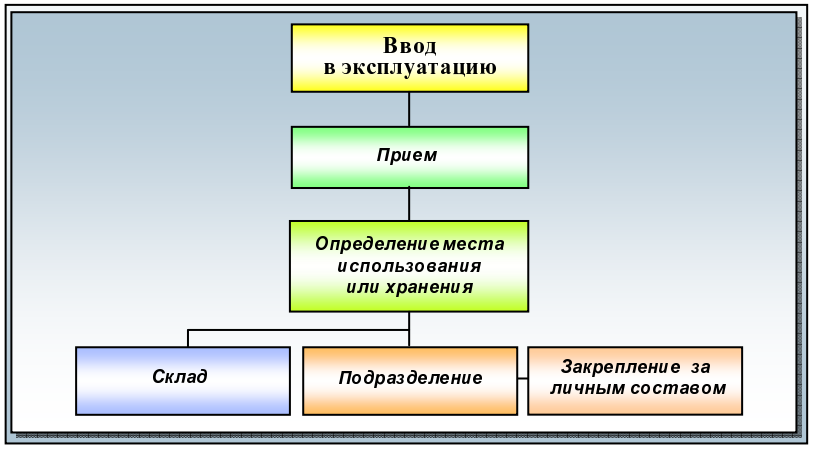


Рис.23.1. Схема ввода в эксплуатацию ВиС РХБ защиты

Допуск личного состава подразделения к использованию по назначению ВиС РХБ защиты разрешается после изучения их назначения, устройства и порядка использования.

Все поступившее имущество учитывается в ***Книге учета*** материальных средств.

Изделия ВиС РХБ защиты в подразделении должны содержаться в исправном состоянии и в постоянной готовности к использованию по назначению. Это **достигается**:

- закреплением всех изделий, находящихся в эксплуатации, за отдельными военнослужащими;
- знанием устройства закрепленных изделий, правил их использования по назначению, технического обслуживания и ремонта;
- планированием эксплуатации и ремонта ВиС РХБ защиты;
- соблюдением требований эксплуатационной документации;
- качественным проведением технического обслуживания и ремонта в установленные сроки и в полном объеме, своевременной проверкой средств измерения;

- соблюдением правил хранения изделий;
- контролем со стороны должностных лиц за техническим состоянием, содержанием изделий и соблюдением правил эксплуатации.

Решением командира подразделения ВиС РХБ защиты **закрепляются** за личным составом.

Средства индивидуальной защиты выдаются по ***раздаточной ведомости*** с указанием даты выдачи, их вида и размера и закрепляются за военнослужащими в ***карточках учета***. Кроме того, запись о закреплении противогаза как предмета вооружения делается в ***военном билете*** военнослужащего. Получение противогазов личным составом начинается с подбора лицевых частей с последующей проверкой герметичности и исправности собранных противогазов в атмосфере аэрозоля или паров хлорпикрина.

Закрепление за военнослужащими **приборов** и **комплектов** оформляется записью в разделе ***формуляра*** «Сведения о закреплении изделия при эксплуатации».

Учебные изделия, **макеты** и **стенды** закрепляются за военнослужащими, ответственными за их эксплуатацию.

Военнослужащие, за которыми закрепляются изделия, при их приемке производят осмотр изделий, проверку комплектности и работоспособности.

С момента выдачи в подразделения и закрепления за военнослужащими изделий, их постановки на кратковременное или длительное хранение ВиС РХБ защиты считаются введенными в эксплуатацию.

До постановки на учет и ввода в эксплуатацию использование ВиС РХБ защиты **запрещается**.

В подразделениях СИЗ и приборы размещаются в *специально оборудованных местах* казарменных помещений.

Фильтрующие противогазы в подразделениях хранят в соответствии с требованиями Устава внутренней службы ВС РФ в пирамидах в комнатах для хранения оружия. **Защитные очки**, уложенные в футляр, хранят в одном месте (гнезде) с противогазом.

Изолирующие противогазы хранятся в собранном виде в специально оборудованных шкафах или ящиках.

Противогаз помещается в полиэтиленовый пакет, внутрь которого вкладывается ***карточка-формуляр***. Хранение противогазов в собранном виде допускается только после их подготовки к пользованию и проверке начальником службы РХБ защиты (командиром подразделения) с записью в карточке-формуляре. Срок хранения ИП в собранном виде – 1 год.

Запасные регенеративные патроны хранятся отдельно от ИП в заводской упаковке.

Средства индивидуальной защиты кожи фильтрующего типа в подразделениях хранят как обычное обмундирование.

Защитные плащи, уложенные в чехлы, хранят в вещевых мешках или специальных шкафах, которые устанавливают либо в комнате для хранения имущества, либо в коридоре казарменного помещения. **Защитные чулки и перчатки** хранят в чехлах совместно с защитными плащами.

Хранение СИЗ вблизи отопительных приборов, совместно с кислотами, щелочами, маслами, топливом, а также на земле (на полу), хотя бы и временно, **запрещается**.

Выдача средств защиты, приборов и комплектов личному составу на практические занятия, полевые учения и т.д. проводится старшиной подразделения (дежурным) согласно расписанию занятий или по указанию командира подразделения.

23.2. Виды технического обслуживания и ремонта вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты

Техническое обслуживание – комплекс работ и организационно-технических мероприятий, направленных на эффективное использование изделий по назначению и постоянное поддержание их в исправном состоянии в процессе эксплуатации.

Относительно конкретных образцов ВиС РХБ защиты, проводимые виды и объемы технического обслуживания приведены в инструкциях (руководствах) по их эксплуатации.

Изделия, прошедшие техническое обслуживание, должны быть исправными, чистыми, смазанными и укомплектованными.

Командиры подразделений организуют проведение технического обслуживания, предоставляя для этого личному составу необходимые средства, материалы и время.

Запрещается сокращать объем работ, а также отводимое на техническое обслуживание время, в ущерб качеству обслуживания.

Виды технического обслуживания, установленные для ВиС РХБ защиты, будут приведены на рис.23.2.

Основными видами технического обслуживания ВиС РХБ защиты, проводимого в подразделениях частей Космических войск, являются ежедневное и периодическое техническое обслуживание № 1.

Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО) проводится с **целью** подготовки изделий ВиС РХБ защиты к использованию и устранения выявленных недостатков. ЕТО осуществляется *перед* и *после* использования, а если изделия не используются, то *с периодичностью*, установленной эксплуатационной документацией.

Техническое обслуживание №1 (ТО-1) ВиС РХБ защиты проводится *после отработки* ими установленного срока или *через определенное* календарное время.

Содержание и периодичность технического обслуживания основных изделий ВиС РХБ защиты, эксплуатируемых в подразделениях частей Космических войск, будут приведены в табл.23.1-23.4.

Ремонт – комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделий и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей.



Рис.23.2. Виды технического обслуживания, установленные для ВиС РХБ защиты

Таблица 23.1

Содержание и периодичность технического обслуживания средств индивидуальной защиты

Осуществляется военнослужащими, за которыми закреплены СИЗ	
Вид технического обслуживания	
проводится	***включает***
контрольный осмотр	
перед использованием изделия	проверку технического состояния
ежедневное техническое обслуживание (ЕТО)	
после пользования, проведения обеззараживания, а также в часы, отводимые распорядком дня для ухода за ВВТ	наружный осмотр; проверку комплектности; пополнение израсходованных принадлежностей; удаление пыли, грязи, ржавчины; просушку; устранение неисправностей в объеме текущего ремонта; замену и покраску отдельных частей; проверку герметичности противогазов вне зараженной атмосферы
техническое обслуживание №1 (ТО-1)	
в ***мирное время*** – не реже двух раз в год в сроки, установленные НС РХБ защиты или командиром части. в ***военное время*** – в зависимости от обстановки по указанию командира	проведение работ ЕТО; выборочную проверку сопротивления коробок и герметичности лицевых частей; 100%-ную проверку подбора лицевых частей и исправности фильтрующих противогазов в палатке с хлорпикрином или камере с аэрозолем

Таблица 23.2

Содержание и периодичность технического обслуживания средств коллективной защиты

Осуществляется военнослужащими, ответственными за эксплуатацию СКЗ	
Вид технического обслуживания	
проводится	***включает***
контрольный осмотр	
перед использованием ФВА (ФВУ)	проверку работоспособности
ежедневное техническое обслуживание (ЕТО)	
после пользования, а также в часы, отводимые распорядком дня для ухода за ВВТ	наружный осмотр элементов ФВА (ФВУ); проверку герметичности соединений, воздухоподачи и объекта в целом; проверку работы электродвигателя; слив конденсата из воздухоприемного устройства; устранение неисправностей и запись в формуляр о наработке ФВА (ФВУ)
техническое обслуживание №1 (ТО-1)	
через каждые 100 ч работы ФВА (ФВУ), а на неработающих изделиях – не реже двух раз в год. На объектах броне- и автомобильной техники ТО-1 ФВУ проводится совместно с ТО-1 и ТО-2 средств подвижности	проведение работ ЕТО; демонтаж фильтра-поглотителя, его внешний осмотр, проверку на пересыпание шихты и оценку защитных свойств; замену фильтрующих кассет и фильтров-поглотителей, имеющих повышенное аэродинамическое сопротивление; текущий ремонт элементов ФВА (ФВУ); смену масла в редукторах вентиляторов; продувку электродвигателя сжатым воздухом для удаления пыли, а также удаление грязи и подгара с коллектора электродвигателя; запись в формулярах об обнаружении и устранении неисправностей; проверку записи о наработке

Таблица 23.3

Содержание и периодичность технического обслуживания средств РХБ разведки, радиационного и химического контроля

Осуществляется военнослужащими, ответственными за эксплуатацию прибора	
Вид технического обслуживания	
проводится	***включает***
контрольный осмотр	
перед использованием прибора	внешний осмотр; очистку от пыли и грязи; проверку комплектности и ее пополнение (при необходимости); проверку работоспособности
ежедневное техническое обслуживание (ЕТО)	
после пользования, а также в часы, отводимые распорядком дня для ухода за ВВТ. Если прибор не используется – в соответствии с нормативно-технической документацией	проведение работ контрольного осмотра; работы текущего ремонта; пополнение комплекта ЗИП; заполнение листа учета работы
техническое обслуживание №1 (ТО-1)	
в сроки, установленные нормативно-технической документацией, как правило: – для ***измерителей мощности дозы*** – один раз в год; – для ***индивидуальных дозиметров*** – один раз в шесть месяцев, а также по истечении времени установленной наработки (часов)	проведение работ ЕТО; проверку и восстановление градуировки; заполнение формуляра; другие работы, указанные в нормативно-технической документации

Таблица 23.4

Содержание и периодичность технического обслуживания бортовых и индивидуальных средств специальной обработки

Осуществляется военнослужащими, ответственными за эксплуатацию комплекта	
Вид технического обслуживания	
проводится	***включает***
контрольный осмотр	
перед использованием комплекта	внешний осмотр; проверку комплектности оборудования и ЗИП, их пополнение (при необходимости); проверку надежности крепления
ежедневное техническое обслуживание (ЕТО)	
в период подготовки к использованию в те дни, когда необходимо его применение по назначению; после пользования, а также в часы, отводимые распорядком дня для ухода за ВВТ. Если комплект не используется – в соответствии с нормативно-технической документацией	проведение работ контрольного осмотра; техническое обслуживание во время и по окончании работы (в соответствии с нормативно-технической документацией)
техническое обслуживание №1 (ТО-1)	
в сроки, установленные нормативно-технической документацией	устранение отказов, неисправностей и повреждений; чистку и мойку; смазку резьбовых соединений и других неокрашенных поверхностей; проверку комплектности и пополнение ЗИП; заполнение документации; выполнение крепежных работ

В зависимости от технического состояния, характера отказов (повреждений) и трудоемкости восстановительных работ для изделий ВиС РХБ защиты устанавливаются следующие **виды** ремонта:

– текущий ремонт (ТР);
– средний ремонт (СР);
– капитальный ремонт (КР);
– регламентированный ремонт (РР).

Виды ремонтов, проводимых для основных типов изделий ВиС РХБ защиты, эксплуатируемых в подразделениях частей Космических войск, приведены в табл.23.5.

Как следует из табл.23.5, для ВиС РХБ защиты, имеющихся в подразделениях, может проводиться текущий или средний ремонт.

Таблица 23.5

Виды ремонтов для основных типов изделий ВиС РХБ защиты, эксплуатируемых в подразделениях частей

Наименование типов изделий ВиС РХБ защиты	Проводимые виды ремонта			
	ТР	СР	КР	РР
Средства индивидуальной защиты	+	–	–	–
Фильтровентиляционные установки и агрегаты	+	+	–	–
Измерители типа ИМД-1	+	+	–	–
Газосигнализаторы типа ГСА-1	+	+	–	–
Приборы химической разведки войсковые	+	–	–	–
Комплекты специальной обработки	+	+	–	–

Текущий ремонт – это ремонт, осуществляемый в процессе эксплуатации для обеспечения работоспособности изделия и состоящий в *замене* и *восстановлении* его отдельных составных частей и их регулировке.

Текущий ремонт выполняется расчетами (экипажами) специальных машин, военнослужащими, за которыми закреплены изделия ВиС РХБ защиты с использованием штатных ремонтных средств по эксплуатационной и ремонтной документации на конкретные изделия ВиС РХБ защиты.

Средний ремонт предназначен для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса изделий ВиС РХБ защиты *путем замены* или *ремонта* составных частей ограниченной номенклатуры, выполняемых в объеме, установленном нормативной документацией.

К **техническим средствам**, предназначенным для проведения периодического технического обслуживания и ремонта ВиС РХБ защиты, в частях Космических войск относятся:

1. Ремонтный ящик средств защиты РЯ-СЗ.
2. Ремонтный стол химического мастера СХМ.
3. Подвижная ремонтная химическая мастерская ПРХМ.

Ремонтный ящик средств защиты РЯ-СЗ находится **в подразделении** и *предназначен* для проведения текущего ремонта противогазовых коробок, лицевых частей, сумок для носки противогазов и средств защиты кожи.

Ящик РЯ-СЗ позволяет *осуществлять*:

- очистку от ржавчины и подкраску противогазовых коробок, металлических деталей;
- смену неисправных деталей в клапанной коробке шлем-маски;
- наложение заплат на шлем-маску;
- штопку ткани, пришивку пряжек, пуговиц, ремешков на сумках, восстановление швов;
- наложение заплат на небольшие повреждения средств защиты кожи, замену тесьмы у защитных чулок.

Возможности РЯ-СЗ указаны в табл. 23.6.

Таблица 23.6

Технические возможности РЯ-СЗ

Обеспечивает текущий ремонт	1 человек за 7 часов работы
Фильтрующих противогазов – до 50 к-тов Средств защиты кожи – 15…20 к-тов	50…60 шт. противогазовых коробок (или) 35…40 шт. лицевых частей (или) 15…20 к-тов средств защиты кожи

Ремонтный стол химического мастера СХМ-1М находится **в части** и *предназначен* для проведения текущего ремонта СИЗ и комплектов специальной обработки.

Стол СХМ-1М *обеспечивает* проведение следующих операций:

- пайку негерметичных мест противогазовых коробок, проверку герметичности, проверку на сопротивление дыханию;
- определение мест проколов и порывов лицевых частей, наложение на них заплат, исправление помятостей металлических деталей, замену неисправных деталей, проверку герметичности лицевых частей;
- проверку герметичности изолирующих противогазов;
- наложение заплат на средства защиты кожи, замену неисправных деталей, проверку герметичности защитных перчаток и чулок;
- замену неисправных деталей автомобильных комплектов специальной обработки.

Возможности СХМ-1М приведены в табл.23.7.

Таблица 23.7

Технические возможности СХМ-1М

Обеспечивает текущий ремонт	1 человек за 7 часов работы
Фильтрующих противогазов – до 1300 к-тов Изолирующих противогазов – до 100 к-тов Средств защиты кожи – до 1000 к-тов	50…60 шт. противогазовых коробок (или) 35…40 шт. лицевых частей 80…100 шт. противогазовых сумок (или) 10…15 шт. изолирующих противогазов до 40 к-тов средств защиты кожи (или) 45…50 к-тов специальной обработки

Решением старшего начальника в интересах части к текущему ремонту *технически сложных* ВиС РХБ защиты могут привлекаться силы и средства **подвижной ремонтной химической мастерской** ПРХМ (ПРХМ-1М, ПРХМ-С).

Внешний вид ПРХМ-С представлен на рис.23.3.



Рис.23.3. Ремонтная мастерская ПРХМ-С

Возможности ПРХМ -1М отражены в табл.23.8.

Таблица 23.8

Технические возможности ПРХМ-1М (расчет 3 человека)

Текущий ремонт (за 7 часов работы)	Средний ремонт (за 7 часов работы)
Оборудования АРС, ДКВ – 2 маш. (или) Комплектов спец. обработки – 40 к-тов Фильтрующих противогазов – 60 к-тов Изолирующих противогазов – 20 к-тов Дозиметрических приборов – 150 шт. (или) Приборов химической разведки – 10 шт.	Дозиметрических приборов – 30 шт. (или) Приборов химической разведки – 3 шт.

23.3. Подгонка и техническая проверка средств индивидуальной защиты

Порядок подбора, размеры лицевых частей противогазов и средств защиты кожи приведены в «Руководстве по эксплуатации средств индивидуальной защиты».

Правильно подобранная шлем-маска (маска) **противогаза** должна плотно прилегать к лицу и исключать возможность проникновения наружного воздуха в органы дыхания, минуя фильтрующе-поглощающую коробку.

Проверка подбора шлем-маски (маски) и исправности противогаза при получении его в пользование (а также в ходе эксплуатации) проводится контрольным осмотром и проверкой противогаза на герметичность в целом. Кроме того, в сроки, установленные начальником службы РХБ защиты части, противогазы проверяются на сопротивление дыханию и герметичность приборами, имеющимися в столе химического мастера СХМ-1М.

Контрольный осмотр противогаза проводится с *целью* проверки целости лицевой части, включая все ее элементы, фильтрующе-поглощающей коробки, сумки для переноски, а также наличия всех комплектующих (незапотевающих пленок, утеплительных манжет и т.д.).

При обнаружении неисправностей и некомплектности в противогазе следует доложить об этом своему непосредственному командиру.

После осмотра и сборки противогаза **каждый военнослужащий обязан лично проверить** исправность противогаза на **герметичность в целом**. Для этого необходимо надеть противогаз, закрыть отверстие в дне фильтрующе-поглощающей коробки резиновой пробкой и сделать глубокий вдох. Если при этом воздух под лицевую часть не проходит, то противогаз исправен; в противном случае внешним осмотром следует определить неисправность и устранить ее или по указанию командира заменить противогаз.

Окончательная проверка подбора лицевой части и исправности противогаза проводится в **специальной палатке** или помещении с ОВ (хлорпикрином) под непосредственным *руководством командира подразделения*. Помещение должно быть герметизировано, иметь искусственное или естественное освещение; расположение дверей должно обеспечивать быстрый выход военнослужащих.

Концентрация хлорпикрина (до 8,5 г/м^3) создается с помощью специального распылителя, входящего в комплект палатки, или подручными средствами (смоченной ветошью, кисточками и т.п.).

Организация проверки и обеспечение безопасности возлагаются на начальника службы РХБ защиты части. При проверке обязательно присутствие врача (фельдшера) со средствами первой помощи.

К проверке противогазов в палатке с ОВ допускаются военнослужащие, изучившие свойства ОВ, применяемого при проверке, устройство и правила пользования противогазом, а также порядок его проверки.

Перед входом в палатку каждым военнослужащим проводится контрольный осмотр противогаза. Затем личный состав группами по 10…20 человек с противогазами в «боевом» положении вводится в палатку.

Время пребывания группы в палатке составляет 3…5 мин. За это время каждый военнослужащий должен совершить несколько наклонов и поворотов головой, а также 8…10 приседаний. Снимать противогазы во время проверки **запрещается**.

Военнослужащие, почувствовавшие раздражение глаз, **немедленно удаляются из палатки**, отводятся в наветренную сторону и, после уточнения и устранения неисправности или замены лицевой части (противогаза), повторно проводят проверку противогаза.

Другим средством, предназначенным для технической проверки правильности подбора и исправности противогазов в полевых условиях, является комплект проверки противогазов КПП-1 (рис.23.4).



Рис.23.4. Комплект для технической проверки противогазов КПП-1

Комплект представляет собой камеру групповой проверки противогазов, концентрация ОВ в которой создается с помощью дымовых патронов ПД-1. Патроны приводятся в действие специальными затворами, установленными с каждой стороны камеры.

Проверка осуществляется путем ввода головы военнослужащего в противогазе внутрь камеры через вшитые в стенки камеры рукава (всего 12 рукавов).

Контрольный осмотр и проверка состояния **средств защиты кожи** *включает* осмотр целости тканей на предмет проколов, дыр, надрывов, потертостей, сдиров резинового слоя, трещин и огрубления резины; состояния проклеечной ленты на швах; исправности застегивающих приспособлений; прочности пришивки шлевок, хлястиков, петель, тесемок и т.д.

При обнаружении дефектов следует доложить об этом своему непосредственному командиру.

23.4. Обязанности должностных лиц по поддержанию вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты подразделения в готовности к применению

За правильную эксплуатацию ВиС РХБ защиты и поддержание их в готовности к применению отвечают командиры частей и подразделений, начальники службы РХБ защиты, а также военнослужащие, за которыми эти изделия закреплены.

Общие обязанности должностных лиц определяются Уставом внутренней службы ВС РФ, поэтому ниже рассматриваются *специальные обязанности* должностных лиц по эксплуатации и поддержанию ВиС РХБ защиты в готовности к применению.

Командир подразделения обязан:

1. Руководить подготовкой личного состава по вопросам эксплуатации и ремонта ВиС РХБ защиты, организовывать и контролировать изучение изделий ВиС РХБ защиты и проверять знание военнослужащими правил их использования, технического обслуживания и ремонта.

2. Изучать и обобщать опыт технического обслуживания ВиС РХБ защиты и доводить его до всего личного состава.

3. Проверять в подразделении состояние и готовность ВиС РХБ защиты к выполнению задач, возлагаемых на подразделение.

4. Обеспечивать строгое соблюдение личным составом подразделения сроков и порядка проведения технического обслуживания изделий.

5. Принимать меры к своевременной и обязательной поверке приборов радиационной разведки и дозиметрического контроля и других измерительных приборов в установленные сроки, не допускать применения неисправных и неповеренных приборов.

6. Своевременно представлять данные о возникших неисправностях и дефектах изделий ВиС РХБ защиты.

В ходе учений (при полевых занятиях) командир подразделения **обязан** использовать *каждую возможность* для организации технического обслуживания ВиС РХБ защиты.

Военнослужащие, за которыми закреплены изделия ВиС РХБ защиты, обязаны:

1. Знать устройство изделия и принцип его действия.

2. Знать и строго выполнять правила использования изделия и его технического обслуживания, изложенные в инструкции по эксплуатации или в Руководстве по эксплуатации средств индивидуальной защиты.

3. В установленные сроки и в полном объеме проводить техническое обслуживание изделия и своевременно докладывать о необходимости проведения его ремонта.

4. Правильно и полно учитывать работу изделия, его отказы и неисправности, своевременно делать об этом необходимые записи, проверять наличие записей в формуляре о проведенной поверке или ремонте в мастерской.

Контроль за техническим состоянием и сбережением ВиС РХБ защиты является одним из главных условий обеспечения их исправности, готовности к использованию и продлению сроков службы. Контроль осуществляется *контрольными осмотрами* изделий, *смотрами* ВиС РХБ защиты и другими методами.

Критериями оценки готовности ВиС РХБ защиты к применению могут являться:

- комплектность изделия;
- состояние изделия (составных частей);
- работоспособность изделия;
- порядок размещения и соблюдения правил хранения изделий в парках, подразделениях, на складах;
- соблюдение сроков и объема проведения технических обслуживаний;
- наличие и правильное ведение эксплуатационной документации и др.

Глава 24
ПОДГОТОВКА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ К ДЕЙСТВИЯМ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО, ХИМИЧЕСКОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ

24.1. Методика обучения и тренировки специально подготовленных отделений (расчетов, экипажей), предназначенных для ведения радиационного, химического и биологического наблюдения (разведки)

За подготовку военнослужащих, назначенных в состав отделения (расчета, экипажа) (в дальнейшем – отделения), предназначенного для ведения РХБ наблюдения (разведки) несет ответственность командир подразделения. Занятия с личным составом отделения проводятся в рамках боевой подготовки согласно **расписанию занятий**. Кроме того, в каждом периоде обучения в масштабе части личный состав отделений проходит специальную подготовку на сборах, проводимых начальником службы РХБ защиты части. Сроки и порядок проведения сборов, включая привлекаемый личный состав, отдаются **приказом по части**.

За несколько дней до начала занятий руководитель должен составить подробный **план-конспект** на каждое занятие, назначить помощника, запланировать технику, подать необходимые заявки на материальное обеспечение в соответствующие службы.

Для имитации применения ЯХБО назначается имитационная команда в составе двух-трех человек. Старший команды подчиняется руководителю занятия. В состав команды назначается подготовленный личный состав, получивший практику в обращении с имитационными средствами и сдавший зачеты по требованиям безопасности.

Занятие начинается с **инструктажа по требованиям безопасности** и с обязательным присутствием фельдшера (санитарного инструктора).

В **плане-конспекте** проведения занятия должны быть **указаны** учебные вопросы, нормативы и время на их отработку.

Как было отмечено в п.20.3, отделение может выполнять задачи в составе:

– поста РХБ наблюдения (в интересах засечки ЯВ, ведения РХБ наблюдения и разведки);

– дозора РХБ разведки (в интересах ведения РХБ разведки);

– поста РХ контроля (в интересах обнаружения и контроля заражения РВ, ОВ и другими токсичными химическими веществами личного состава, ВВТ, материальных средств и различных объектов).

Исходя из этого, учебные вопросы целесообразно отрабатывать на *подготовленных* учебных местах в следующей последовательности.

Учебное место №1 – Приборы РХБ разведки и контроля.

Учебное место №2 – Действия поста РХ контроля.

Учебное место №3 – Порядок развертывания и действия полевого поста РХБ наблюдения.

Учебное место №4 – Оборудование и действия стационарного поста РХБ наблюдения.

Учебное место №5 – Действия дозора РХБ разведки.

Учебные места могут располагаться в классе РХБ защиты, на химическом городке (на учебном поле) или на реальных объектах части.

На указанных учебных местах отрабатываются следующие вопросы.

На **учебном месте №1** (класс РХБ защиты):

1. *Приборы РХБ разведки, устанавливаемые стационарно.*

2. *Носимые приборы РХ разведки.*

В каждом учебном вопросе изучаются: назначение, устройство, комплектность, порядок подготовки и проведения измерений, ведения документации и эксплуатационные особенности соответствующих приборов.

Для носимых приборов отрабатываются **нормативы**: **№10** – «Подготовка ДП-5В к работе и проверка работоспособности» и **№11** – «Определение ОВ в воздухе с помощью ВПХР».

Руководитель занятия оценивает действия личного состава отделения по результатам выполнения нормативов.

На учебном месте №2 (площадка специальной обработки на химическом городке):

1. *Предельно допустимые значения степени заражения различных объектов.*

2. *Назначение и задачи контрольно-распределительного поста.*

3. *Порядок отбора проб воды, почвы, растительности, сыпучих материалов и с различных поверхностей.*

4. *Контроль радиоактивного заражения.*

5. *Контроль химического заражения.*

При отработке учебных вопросов изучаются допустимые нормы зараженности различных объектов, воды, продовольствия и материальных средств; действия химика-дозиметриста на КРП; устройство и порядок пользования комплектом отбора проб КПО; порядок качественного анализа проб при радиоактивном и химическом заражении.

Перечень материально-технического обеспечения занятия включает макеты военной техники, емкость с водой, мешок с песком.

Структурная схема методики проведения занятия приведена на рис.24.1.

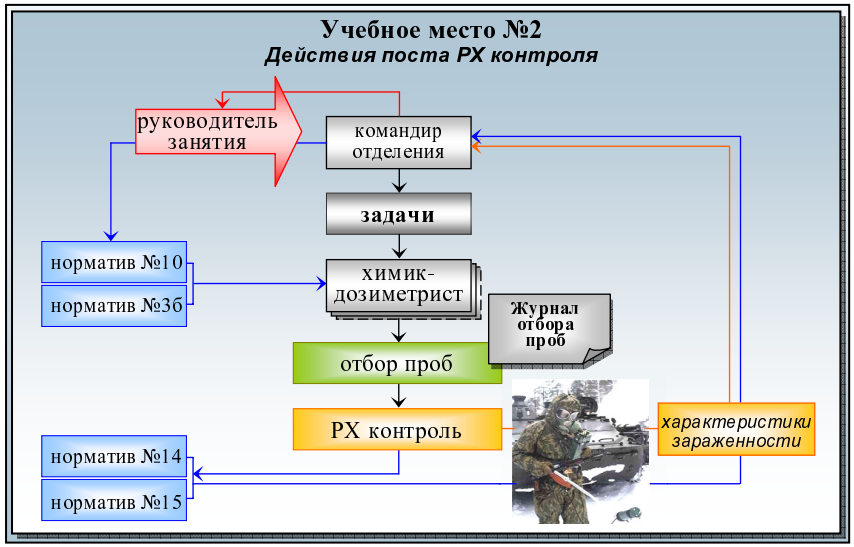


Рис.24.1. Структурная схема методики проведения занятия на учебном месте №2

Получив распоряжение от руководителя занятия, *командир отделения ставит задачи* подчиненным, в которых *указывает*:

– задачу отделению (место и сроки развертывания КРП);

– задачи личному составу (объекты и их количество, порядок проведения контроля и доклада о нем).

После постановки задач по команде командира отделения выполняется **норматив №10**, затем **норматив №3б** – «Надевание ОЗК в виде комбинезона».

Последовательно проводится отбор проб воды, почвы и сыпучего материала с соответствующими записями в **Журнале отбора проб**. После этого прибором ДП-5В с выносным зондом осуществляется контроль радиоактивного заражения макетов техники и взятых проб, затем прибором ВПХР с насадкой и колпачком – химического заражения. *Особое внимание* обращается на предварительное измерение радиационного фона.

По окончании контроля по команде командира отделения выполняется **норматив №14** – «Частичная специальная обработка при заражении радиоактивными веществами» или **норматив №15** – «Частичная специальная обработка при заражении ОВ и БС». После отработки норматива командир отделения докладывает руководителю занятия о выполнении задач.

Руководитель занятия оценивает действия командира отделения и химиков-дозиметристов, умение пользоваться КПО, контролирует своевременность прохождения докладов и отработку документации.

На учебном месте №3 (полевой ПРХБН на химическом городке):

1. *Назначение и задачи ПРХБН, порядок его развертывания и инженерное оборудование.*
2. *Сигналы оповещения, средства и способы их подачи.*
3. *Ведение засечки ядерных взрывов.*
4. *Работа с приборами и действия ПРХБН при обнаружении и в ходе контроля РХ заражения.*
5. *Средства и способы обозначения границ участков заражения.*

На учебном месте №4 (стационарный ПРХБН на площадке технического здания №00):

1. *Оборудование стационарного ПРХБН.*
2. *Особенности выполнения задач стационарным ПРХБН.*

На учебном месте №3 при отработке 1-го и 2-го учебных вопросов осваиваются практические приемы по развертыванию полевого ПРХБН и его инженерному оборудованию, составлению схемы ориентиров, поддержанию связи с командиром (начальником), выставившим пост, подаче сигналов оповещения и представлению докладов, ведению метеонаблюдений.

По команде руководителя занятия отрабатывается **норматив №12** – «Развертывание поста РХБ наблюдения».

На учебном месте №4 изучается оснащение стационарных постов, порядок пользования дополнительными устройствами систем связи и оповещения, управления приборами и т.д. (пультами, панелями и т.п.).

На учебном месте №3 при отработке учебных вопросов 3–6 **последовательность действий** может быть представлена следующим образом (рис.24.2).

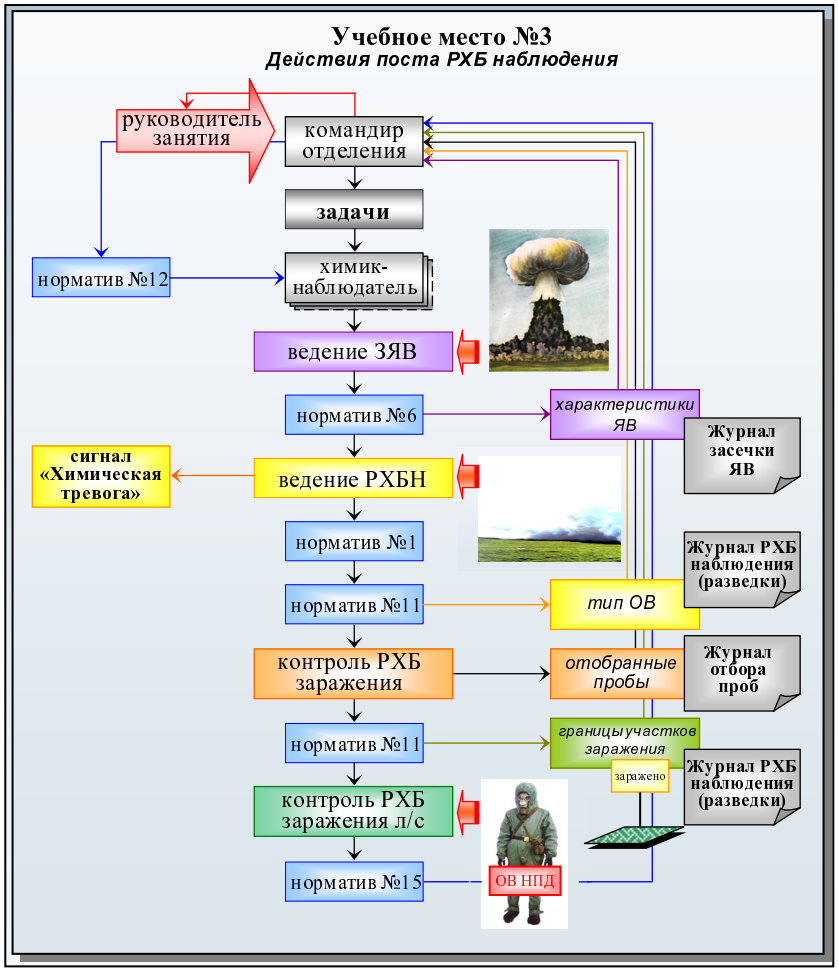


Рис.24.2. Структурная схема методики проведения занятия на учебном месте №3

Получив распоряжение от руководителя занятия, *командир отделения ставит задачи* подчиненным, в которых *указывает*:

– задачу отделению (место ПРХБН и район наблюдения);

– задачи личному составу (ориентиры, место наблюдателя, на что обращать особое внимание при наблюдении, время включения приборов, места размещения индикаторной бумаги из комплекта ВИККХ, порядок подачи сигналов оповещения и документирования полученных данных; место развертывания метеокомплекта, сроки проведения метеонаблюдений).

Наблюдатель, получив задачу, занимает указанное место, включает приборы радиационной и химической разведки, ведет непрерывное наблюдение в заданном районе, через установленные промежутки времени контролирует показания прибора радиационной разведки и осуществляет метеонаблюдение. Полученные данные заносятся в **Журнал РХБ наблюдения (разведки)** и **Журнал учета метеообстановки в приземном слое воздуха**.

В ходе ***ведения ЗЯВ*** по указанию руководителя занятия имитируется вспышка ЯВ подрывом учебного боеприпаса УБ-105 (взрывпакетом, голосом «Вспышка слева (справа)» и т.д.), личный состав отделения выполняет **норматив №6** – «Действия по вспышке ЯВ».

Руководитель занятия оценивает умение наблюдателя пользоваться средством защиты глаз (очками ОПФ), секундомером и компасом (азимутальным планшетом), устанавливает полноту и правильность определения характеристик ЯВ, контролирует прохождение докладов и заполнение **Журнала засечки ядерных взрывов**.

С помощью взрывпакетов имитируется артиллерийский обстрел противником. Предполагая возможное применение химического оружия, для ***обнаружения ОВ*** наблюдатель следит за показаниями газоопределителя ГСА-1 (ГСА-3).

Дымовыми гранатами РДГ-2 имитируется образование облака зараженного воздуха. Руководствуясь требованиями своевременности подачи сигнала оповещения (при срабатывании ГСА

или **при явных признаках применения ОВ**), наблюдатель, используя сигнальный патрон СХТ-40, подает сигнал оповещения «*Химическая тревога*» и выполняет **норматив №1** – «Надевание фильтрующего противогаза или респиратора» (личный состав отделения также переводит СЗОД в боевое положение), отрабатывает **норматив №11**, определяет тип ОВ и докладывает результаты наблюдения командиру отделения.

В дальнейшем в целях ***контроля заражения*** по указанию руководителя занятия с помощью прибора ВПХР и комплекта знаков ограждения КЗО обозначаются границы участков заражения (выполняется **норматив №11**) с периодической их проверкой и переустановкой знаков ограждения, а также, используя комплект отбора проб КПО, отбираются пробы воды, почвы, растительности и т.д. Результаты контроля отражаются в **Журнале РХБ наблюдения (разведки)**, время, место и вид отбираемых проб – в **Журнале отбора проб**.

На заключительном этапе командир отделения организует РХ контроль зараженности личного состава и приборов. По вводной «Средства индивидуальной защиты заражены ОВ нервно-паралитического действия» подает команду на выполнение **норматива №15**. После отработки норматива докладывает о выполнении задачи руководителю занятия.

Руководитель занятия оценивает действия командира отделения и наблюдателей, контролирует доклады и ведение документации, отмечает полноту и качество выполняемых операций.

На учебном месте №5 (площадка №00 на учебном поле):

1. *Подготовка разведывательной машины к работе и выдвижение к исходному пункту разведки.*

2. *Ведение разведки маршрута движения и действия ДРХБР при обнаружении РХБ заражения.*

3. *Документирование данных разведки и порядок их передачи.*

4. *Действия ДРХБР по окончании разведки.*

Структурная схема методики проведения занятия приведена на рис.24.3.

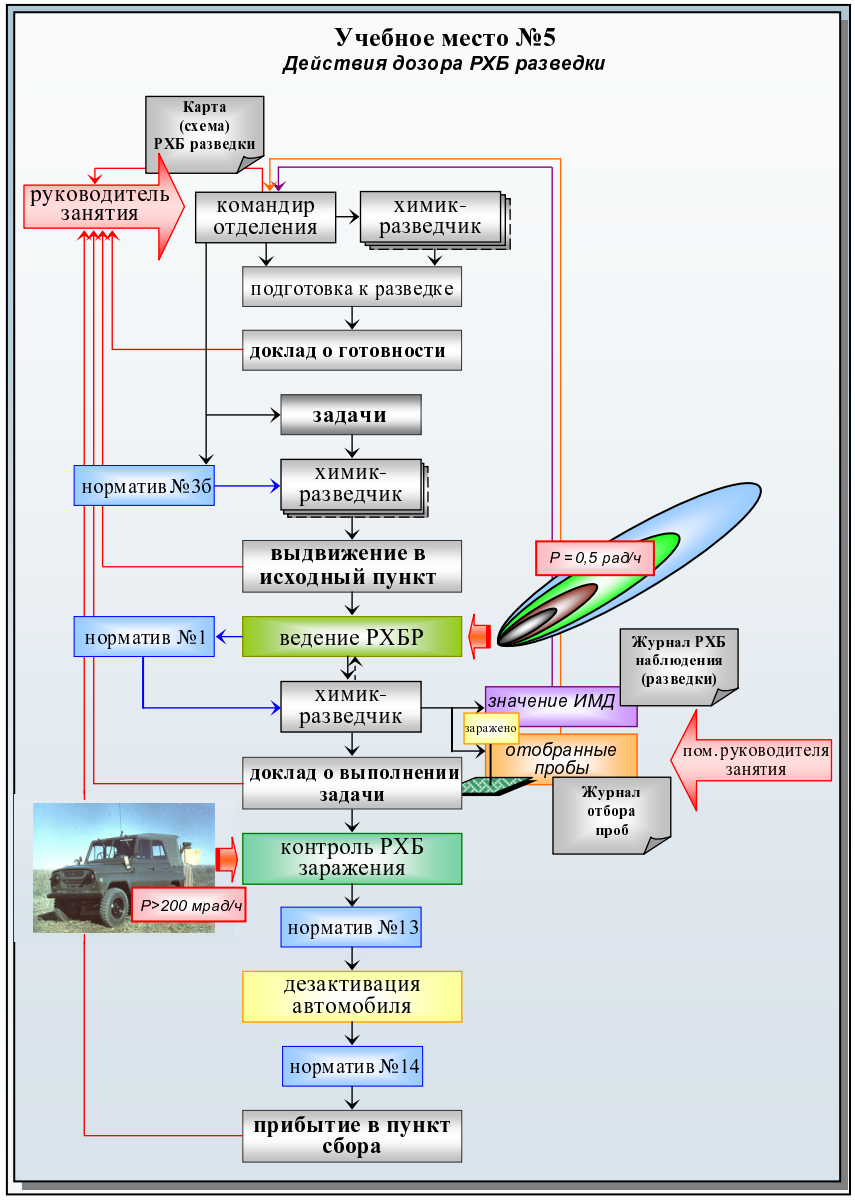


Рис.24.3. Структурная схема методики проведения занятия на учебном месте №5

Подготовка выделенного для ведения РХБ разведки автомобиля заключается в его дооборудовании стойками, рамами и т.п., предназначенными для крепления приборов РХБ разведки, имеющих напряжение питания, идентичное бортовой сети автомобиля, а также оснащении переносными приборами РХ разведки, комплектом знаков ограждения КЗО, комплектом отбора проб КПО, сигнальными патронами СХТ-40, комплектом ИДК-1 (ДК-4) и рецептурами (компонентами) специальной обработки, радиостанцией.

Личный состав отделения в процессе подготовки автомобиля проверяет комплектность и работоспособность приборов, руководитель занятия контролирует действия отделения.

По окончании подготовки *командир отделения* выдает личному составу измерители дозы, докладывает руководителю занятия и по его распоряжению ставит задачи подчиненным, в которых *указывает*:

– задачу отделению (маршрут разведки, время и окончания разведки, режим работы приборов разведки, место прибытия после выполнения задачи);

– задачи личному составу (интервалы между замерами мощности дозы излучения, определение наличия ОВ или БС, измеряемые параметры и порядок обозначения точек замера, порядок отбора проб).

После постановки задач по команде командира отделения выполняется **норматив №3б**. По выполнении норматива фильтрующие противогазы снимаются, командир отделения докладывает руководителю занятия о готовности к ведению разведки, руководитель занятия отдает распоряжение о выдвижении в исходный пункт.

В ***ходе разведки*** командир отделения наблюдает за местностью, показаниями приборов, управляет действиями подчиненных.

Руководитель занятия по радиосвязи подает вводную: «По показаниям приборов значение мощности дозы составляет 0,5 рад/ч», имитационная команда дымовыми гранатами РДГ-2 имитирует распространение радиоактивного облака.

По команде командира отделения личный состав выполняет **норматив №1**. При отсутствии бортовых приборов, а также в случае указаний руководителя занятия на отбор проб, назначенный

химик-разведчик спешивается, определяет мощность дозы излучения на местности, отбирает пробы и докладывает командиру отделения. По команде командира отделения автомобиль возвращается назад по маршруту на 250…300 м, химик-разведчик устанавливает знак ограждения с указанием значения мощности дозы излучения и времени измерения. Командир отделения наносит на карту (схему) точку и время замера, места и время отбора проб и докладывает руководителю занятия об обнаружении передней границы радиоактивного заражения.

В дальнейшем по плану руководителя занятия даются указания на продолжение разведки маршрута, обозначение границ зараженного участка или поиск путей обхода этих участков.

Отделение выполняет задачи в соответствии с вводными, поступающими от руководителя занятия, командир отделения наносит данные разведки на рабочую карту (схему) и докладывает их по радиосвязи руководителю занятия.

Помощник руководителя занятия контролирует и оценивает действия отделения.

По ***окончании разведки*** командир отделения докладывает руководителю занятия о выполнении задачи, организует РХ контроль зараженности личного состава и автомобиля. По вводной «Степень заражения автомобиля превышает 200 мрад/ч» подает команду на выполнение **норматива №13** – «Подготовка табельных средств специальной обработки к работе». После проведения дезактивации автомобиля отрабатывается **норматив №14**. По завершении дезактивации ДРХБР следует в пункт сбора, где командир отделения представляет руководителю занятия рабочую карту (схему) с результатами разведки, снимает показания с измерителей дозы.

Руководитель занятия оценивает действия ДРХБР на этапах подготовки к разведке и ее окончании, по полноте и содержанию докладов командира отделения в ходе разведки, а также по материалам, представленным своим помощником.

После отработки всех учебных вопросов, проверки личного состава, оружия и экипировки руководитель занятий проводит **разбор**, на котором отмечает степень достижения цели занятий, указывает на характерные ошибки, ставит задачи на их устранение.

24.2. Подготовка и проведение в подразделении дня радиационной, химической и биологической защиты

Тренировка подразделений в действиях личного состава по сигналам оповещения о РХБ заражении (**день РХБ защиты**) проводится в масштабе части по единой **методике**, разработанной в соответствии с требованиями уставов, приказов, наставлений, инструкций и опыта подготовки войск.

Детальное планирование и регулярное проведение дня РХБ защиты позволяет значительно повысить уровень подготовки личного состава к действиям в условиях РХБ заражения.

Учебные цели тренировки.

Для офицерского состава: дать практику командирам подразделений в организации и осуществлении мероприятий РХБ защиты.

Для личного состава:

– обучение солдат и сержантов умелым действиям в условиях РХБ заражения. Тренировка на длительность пребывания в СИЗ, в использовании защитных свойств штатной техники, фортификационных сооружений и местности, проведении специальной обработки, оказании само- и взаимопомощи в условиях РХБ заражения;

– тренировка штатных и специально подготовленных отделений (расчетов, экипажей) по ведению РХБ разведки и наблюдения.

Планирование проведения тренировки.

Тренировка планируется штабом части и проводится **еженедельно** командирами подразделений по единому замыслу под руководством штаба части в пунктах постоянной дислокации, учебных центрах и на полигонах с использованием учебной материально-технической базы. Учебные места подразделениям определяются начальником штаба части.

Тренировка проводится в течение дня. Отработка нормативов по РХБ защите осуществляется во время, предусмотренное для этой цели распорядком дня, а также на занятиях по предметам обучения в виде попутных тренировок. Целесообразно в этот день планировать проведение плановых занятий по РХБ защите.

В подразделении разрабатывается **план проведения тренировки по РХБ защите**, в котором отражаются цели, учебные вопросы, места и время их отработки, выполняемые нормативы.

План на каждую тренировку разрабатывается таким образом, чтобы к концу периода обучения все нормативы по РХБ защите были отработаны каждым военнослужащим подразделения, а продолжительность непрерывного пребывания личного состава в противогазах была доведена в зимнем периоде до 4 часов, а в летнем – до 6 часов; в средствах индивидуальной защиты кожи в каждом периоде обучения – до 2 часов.

Для проведения тренировок планируется отработка следующих нормативов:

– со всем личным составом: №№1–3, 5–8, 14, 15;

– со штатными и специально подготовленными отделениями (расчетами, экипажами), предназначенными для ведения РХБ разведки и наблюдения, дополнительно к вышеуказанным нормативам: №№10–13.

В **среду** каждой недели на основе месячного плана-календаря основных мероприятий и графика отработки нормативов по РХБ защите на период обучения начальником службы РХБ защиты части разрабатываются и подаются в штаб предложения по организации и проведению тренировки на предстоящую неделю.

В предложениях предусматриваются конкретные задачи каждому подразделению, включая суточный наряд, порядок проведения тренировки, отрабатываемые нормативы, время пребывания в средствах защиты и материальное обеспечение тренировки.

В **четверг** каждой недели порядок проведения тренировки объявляется начальником штаба в замысле на организацию повседневной деятельности предстоящей недели, в котором указываются время и места проведения занятий с подразделениями, порядок и время подачи сигналов оповещения, выполнения нормативов, какие подразделения и в какое время будут тренироваться в непрерывном нахождении в средствах защиты, порядок доведения сигналов.

В **пятницу** каждой недели командирами подразделений уточняются **график отработки нормативов** (табл.24.1), который тесно увязывается с предстоящими мероприятиями по боевой подготовке, и **график подачи сигналов для оповещения** личного состава о РХБ заражении (табл.24.2).

Таблица 24.1

График отработки нормативов по РХБ защите в летнем периоде обучения с технической группой подготовки РН на ТК 00 ОИИЧ

Подразделения	Перечень отрабатываемых нормативов				
	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
Управление группы	1, 3а, 3б	1, 5, 6	1, 7, 8	1, 7, 14	1, 8, 15
Команда подготовки РН	1, 3а, 3б	1, 5, 6	1, 7, 8	1, 7, 14	1, 8, 15
Команда монтажа, перегрузки и транспортировки РН	1, 3а, 3б	1, 5, 6	1, 7, 8	1, 7, 14	1, 8, 15
Команда радиотелеметрических систем	1, 3а, 3б	1, 5, 6	1, 7, 8	1, 7, 14	1, 8, 15
Пост РХБН (расчет РХБР)	1, 3б, 12	1,3б,5,10	1, 3б, 11	1,3б,10,14	1,3б,11,15

Таблица 24.2

График подачи сигналов для оповещения личного состава о РХБ заражении на «___» _____201__года

Сигналы оповещения	Порядок оповещения	Кем подаются	Кому доводятся	Время подачи сигнала		
«химическая тревога»	по телефону	дежурным по части	дежурному по группе	8.50		
	голосом	дежурным по группе	личному составу подразделения		8.51	
	СХТ	дежурным по ПРХБН	личному составу			8.53
«радиационная опасность»	по телефону	дежурным по части	дежурному по группе	12.30		
	…	…	…		…	
						…
и т.д.						

Отрабатываемые учебные вопросы.

С **управлением группы**:

– методика оценки РХБ обстановки, выработка предложений по защите личного состава, ВВТ и запасов материально-технических средств;

– практические действия по сигналам оповещения, выполнение нормативов по РХБ защите, работе с приборами РХБ разведки, приборами и комплектами специальной обработки.

С **дежурным по группе** и **дневальными**:

– порядок получения и доведения сигналов оповещения до личного состава, подаваемые команды;

– действия суточного наряда по принятию мер защиты личного состава, находящегося в расположении (помещении);

– организация РХБ наблюдения в подразделении;

– практическое выполнение нормативов по РХБ защите.

С **личным составом подразделений**:

– порядок получения и доведения сигналов оповещения до личного состава, подаваемые команды;

– организация РХБ наблюдения в подразделении;

– действия по принятию мер защиты при нахождении в расположении (помещении);

– практическое выполнение нормативов по РХБ защите на штатной технике и на местности.

Порядок и последовательность отработки учебных вопросов.

Накануне проведения тренировки командиры подразделений готовят личный состав и материальное обеспечение. Проверяют наличие и исправность СИЗ, приборов РХБР и табельных комплектов специальной обработки.

Все тренировки должны проводиться в строгом соответствии с Руководством по эксплуатации средств индивидуальной защиты, сборниками нормативов по боевой подготовке, соответствующими инструкциями по пользованию комплектами и приборами.

Тренировка начинается с подачи сигнала оповещения. В дальнейшем сигналы подаются согласно разработанному графику дежурным по части не менее 3…4 раз в день.

Все военнослужащие, независимо от проводимых работ и занятий, должны иметь при себе противогаз и респиратор, а на полевых занятиях – дополнительно ОЗК, выполнять установленные действия по сигналам оповещения о РХБ заражении, тренироваться в непрерывном пребывании в средствах защиты.

В ***ходе тренировки*** выполняется не более трех-пяти нормативов, причем их отработка строится таким образом, чтобы действия обучаемых носили логическое завершение. К продолжительности пребывания личного состава в СИЗ руководитель занятия должен подходить разумно, учитывая погодные условия, температуру воздуха, натренированность обучаемых и их физиологические возможности. С учетом этого, время непрерывного пребывания в СИЗ в каждом конкретном случае изменяется руководителем занятия в соответствии с физиолого-гигиеническими нормами использования СИЗ в летних и зимних условиях.

Учет тренировок на длительность пребывания личного состава в СИЗ (табл.24.3), а также отработки нормативов по РХБ защите (табл.24.4) ведется командирами подразделений в **Журналах учета боевой подготовки**. Для учета тренировок на длительность пребывания в СИЗ в журнале дополнительно вклеивается специальный вкладыш, а для учета отработки нормативов выделяется один из разделов журнала.

Таблица 24.3

График проведения тренировок на длительность пребывания в СИЗ на летний период обучения 201__ года

Месяц и дата проведения тренировок																			
июнь				июль				август				сентябрь				октябрь			
2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	…	…	…	…	…	20	27
Длительность пребывания в противогазах (часов)																			
05	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	…	…	…	…	…	4,0	4,0
Длительность пребывания в средствах защиты кожи (часов)																			
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	…	…	…	…	…	2,0	2,0

Таблица 24.4

Учет отработки нормативов по РХБ защите с

Дата	Предметы обучения или другое мероприятие, в процессе которого отрабатываются нормативы	Номер норматива	Оценка	Роспись руководителя занятия
16.06	Тактическая (тактико-специальная) подготовка	1 6	4 4	
14.07	Техническая проверка противогазов	1 2	5 3	
11.08	Огневая подготовка	1	4	
20.09	РХБ защита	3б 15	4 3	
	и т.д.			

Начальником службы РХБ защиты части осуществляется контроль над проведением тренировки, оказывается методическая помощь командирам подразделений по наиболее сложным вопросам.

После завершения отработки задач дня РХБ защиты личный состав, участвовавший в тренировке, проводит **ЕТО** ВиС РХБ защиты. Командир подразделения по окончании тренировки проводит **разбор** с указанием недостатков и постановкой задач на последующие тренировки.

24.3. Порядок подготовки и методика проведения тактико-строевого занятия с ротой охраны по теме: «Действия роты в условиях применения оружия массового поражения»

Учебными целями занятия могут быть:

– **для офицерского состава**: дать практику командиру роты и командирам взводов в организации и осуществлении мероприятий

РХБ защиты, управлении подразделениями при выполнении задач в условиях применения ОМП;

– **для личного состава**: обучение солдат и сержантов умелым действиям в условиях применения ОМП. Тренировка их в использовании СИЗ и СКЗ, защитных свойств штатной техники, фортификационных сооружений и местности, проведении специальной обработки, оказании само- и взаимопомощи при поражении ЯХБО. Тренировка специально подготовленного отделения ведению РХ разведки.

Учебные вопросы, выносимые на занятие:

1. Действия роты в районе сосредоточения в условиях применения ОМП.

1.1. Организация и осуществление мероприятий РХБ защиты в районе сосредоточения.

1.2. Действия личного состава по сигналам оповещения о РХБ заражении.

1.3. Смена района сосредоточения при угрозе заражения его радиоактивными веществами.

2. Действия роты при преодолении зараженного участка местности.

3. Действия роты при проведении частичной (полной) специальной обработки.

Время, отводимое на отработку учебных вопросов – 6 часов.

Материальное обеспечение занятия:

- личное оружие, ФП, респиратор, ОЗК, ОПФ, индивидуальный дозиметр, ИДП, ИПП, фляга с водой – на каждого военнослужащего;
- штатная техника – не менее 80 % штатной численности;
- табельные приборы РХ разведки ИМД-2Н (ДП-5В, ВПХР, комплект знаков ограждения КЗО-1, комплект индикаторных средств ВИКХК (АП-1), комплект поста РХБ наблюдения, палатка технической проверки противогазов (КПП-1);
- БКСО (ДК-4), ИДК-1 – на каждую единицу выводимой на занятие техники;

• имитационные средства УБ-105 – 10 шт.; ИФ – 20 шт.; РДГ – 10 шт.; СХТ – 3 шт.; взрывпакеты – 20 шт.; манекены – 2 шт.

• радиостанция Р-158 (Р-159 или Р-148) – 2 к-та.

Подготовка занятия.

Для имитации применения ЯХБО назначается имитационная команда в составе 2…3 чел. Старший имитационной команды подчиняется руководителю занятия. В состав имитационной команды назначается личный состав, прошедший подготовку по специальной программе, получивший практику в обращении с имитационными средствами и сдавший зачеты по требованиям безопасности.

В подготовке и проведении занятия принимает участие начальник службы РХБ защиты части, оказывая методическую помощь руководителю занятия, командирам обучаемых подразделений и имитационной команде.

За несколько дней до начала занятия руководитель обязан **составить план проведения занятия** (вариант плана приведен ниже), подробный план-конспект, запланировать технику, подать необходимые заявки на материальное обеспечение в соответствующие службы.

В ходе подготовки к проведению занятия руководитель должен обратить внимание на *особенности* выполнения обязанностей командирами взводов при обучении подчиненного личного состава действиям в условиях применения ОМП.

Организуя подготовку занятия по этой теме, командир роты **обязан**:

1. Проверить уровень обученности личного состава отделения РХБ наблюдения (разведки) в роте, поставить ему задачи.

2. Довести до всего личного состава сигналы оповещения об угрозе применения ЯХБО и РХБ заражения, указать порядок действий по этим сигналам и провести тренировку в выполнении нормативов при действиях по ним.

3. Подготовить штатные ВВТ к проведению занятия, организовать проверку работоспособности ВиС РХБ защиты.

4. Провести инструктаж командиров взводов о порядке действий личного состава в условиях РХБ заражения.

5. Организовать изучение со всем личным составом требований безопасности при проведении занятия.

6. Проверить умение личного состава выполнять нормативы по использованию табельных ВиС РХБ защиты.

В **плане** проведения занятия должны быть **указаны** учебные вопросы, нормативы и время на их отработку. Учебные вопросы целесообразно отрабатывать на подготовленных учебных местах в следующей последовательности:

Учебное место №1 – Действия роты в районе сосредоточения в условиях применения ОМП.

Учебное место №2 – Действия роты на марше при преодолении зараженного участка местности.

Учебное место №3 – Действия роты при проведении частичной (полной) специальной обработки.

Порядок проведения занятия.

На **учебном месте №1** в течение 2-х часов отрабатываются подвопросы:

1.1. *Организация и осуществление мероприятий РХБ защиты в районе сосредоточения.*

В районе сосредоточения рота располагается с учетом защитных и маскирующих свойств местности, проверяется готовность взводов к занятиям. Руководитель занятия вводит обучаемых в тактическую обстановку и ставит боевую задачу.

Командир роты отдает боевой приказ и указания по РХБ защите, убедившись, что командиры взводов правильно уяснили задачу, выбирает место для поста РХБ наблюдения и ставит задачу старшему поста.

Командир специально подготовленного для ведения РХБ разведки (наблюдения) отделения в указанном месте разворачивает пост (выполняется норматив №12), оборудует его в инженерном отношении и организует РХБ наблюдение. Помощник руководителя занятия тренирует личный состав поста в выполнении нормативов по подготовке приборов РХ разведки к работе (№10) и действиях при обнаружении РХБ заражения (№11).

Командиры взводов доводят до личного состава боевую задачу, сигналы оповещения и порядок действий по ним в районе сосредоточения и в движении, ставят задачи на оборудование щелей, укрытий для техники, напоминают требования безопасности при действиях на зараженной местности, назначают время и очередность проверки противогазов.

Старшина роты выдает офицерам и сержантам индивидуальные дозиметры и записывает их номера в журнал выдачи дозиметров.

Командиры взводов организуют проверку исправности средств защиты, проводят техническую проверку противогазов с отработкой нормативов №№1, 2.

По окончании проверки командиры взводов организуют снаряжение комплектов и приборов специальной обработки рецептурами, растворами и водой.

После проведения всех практических мероприятий руководитель занятия проверяет качество их выполнения и совместно с командирами взводов производит краткий опрос личного состава по знанию программных вопросов по РХБ защите.

1.2. *Действия личного состава по сигналу оповещения о РХБ заражении.*

С помощью РДГ-2 имитируется химическое нападение противника с применением нестойких ОВ.

Наблюдатель подает сигнал оповещения ракетой СХТ, с помощью прибора ВПХР определяет наличие, тип ОВ (выполняет норматив №11) и докладывает командиру. По сигналу оповещения при действиях на местности личный состав немедленно надевает противогазы, плащи в виде накидки (выполняет норматив №8) и ведет наблюдение за местностью. При наличии в 5…10 м укрытий, закрытой техники обучаемые надевают противогазы, занимают сооружения, свои места в машинах, закрывают двери, жалюзи, люки и включают систему коллективной защиты.

Оценив обстановку, командир роты дает команду на снятие плащей и продолжение выполнения задач в противогазах. Командиры взводов организуют оказание первой помощи с выполнением нормативов: надевание противогаза на раненого, ввод антидота (Н-ВМП – 6), извлечение раненого из боевой машины (Н-ВМП – 7), обработку обмундирования с помощью дегазационного пакета ДПС. Личный состав, не уложившейся по времени в условия выполнения норматива №8, производит частичную специальную обработку с помощью индивидуального противохимического пакета ИПП (выполняет норматив №15).

Личный состав поста РХБ наблюдения через каждые 10…15 мин осуществляет контроль зараженности воздуха в районе сосредоточения, используя прибор ВПХР, и докладывает командиру. При отсутствии ОВ в воздухе командир роты дает команду: «Противогазы снять».

1.3. *Смена района сосредоточения при угрозе его радиоактивного заражения.*

Руководитель занятия дает указания командиру роты на совершение марша в район выполнения боевой задачи. Командир роты отдает боевой приказ, и командиры взводов приступают к подготовке личного состава и техники к совершению марша.

В этот момент имитируется вспышка ЯВ подрывом учебного боеприпаса УБ-105 или подается команда «Вспышка слева (справа)» и т.д.

Личный состав роты самостоятельно занимает подготовленные укрытия или использует защитные свойства техники и местности (выполняется норматив №6). После прохождения ударной волны по команде командира роты личный состав продолжает выполнять поставленную задачу.

С помощью дымовых гранат имитируется распространение радиоактивного облака в направлении района, занимаемого ротой. По вводной помощника руководителя занятия старший ПРХБН докладывает командиру роты о движении облака взрыва и радиоактивном заражении местности (мощность дозы излучения – 0,5 рад/ч) и с его разрешения подает команду «Радиационная опасность». Личный состав роты выполняет норматив №7. По вводной: «Мощность дозы достигла максимума 200 рад/ч и начался спад» командир роты по таблицам рассчитывает возможные дозы

облучения личного состава и принимает решение на смену района, докладывая об этом руководителю занятия.

Ведя непрерывную радиационную разведку, рота совершает марш в район выполнения боевой задачи.

На **учебном месте №2** в течение одного часа отрабатывается вопрос «*Действия роты на марше при преодолении зараженного участка местности*».

В соответствии с поставленной задачей, рота выдвигается на рубеж ввода в бой (меняет огневые позиции и т.д.).

Руководитель занятия по радио подает вводную: «Вспышка слева (справа)» и т.д. Рота тренируется в выполнении норматива №6 в движении на штатной технике. Водители останавливают машины, ставят их на тормоз, закрывают стекла и жалюзи. Весь личный состав закрывает люки и крепко держится за имеющиеся поручни или агрегаты. С разрешения руководителя занятия и по команде командира роты продолжает движение.

При встрече зараженного участка местности личный состав ДРХБР спешивается, определяет мощность дозы излучения на местности (тип ОВ), докладывает командиру роты и обозначает границу зоны заражения.

Командир роты оценивает обстановку, вызывает командиров взводов и ставит им задачу на преодоление зоны заражения, указывая:

– направление движения (маршрут обхода зоны заражения);

– скорость движения и дистанции между машинами;

– порядок использования СИЗ;

– порядок подготовки техники к преодолению зоны;

– порядок приема противорадиационных препаратов (антидотов);

– район специальной обработки, время ее проведения и готовности к продолжению движения после обработки.

Преодолев зараженный участок местности, рота выходит в назначенный район специальной обработки, проводит ЧСО ВВТ, СИЗ, обмундирования и имущества.

На **учебном месте №3** в течение 2-х часов отрабатывается вопрос «*Действия роты при проведении специальной обработки*».

Частичная специальная обработка боевой техники проводится с использованием табельных комплектов специальной обработки БКСО (ДК-4), ИДК-1.

В районе специальной обработки боевая техника роты располагается в колонне или в развернутом строю с интервалами 10…15 м с учетом направления ветра.

Командир роты организует охранение и подает команду на подготовку к проведению специальной обработки.

Экипажи (водители машин с выделенными помощниками) готовят средства специальной обработки (выполняют норматив №13) и по команде командира роты приступают к дезактивации (дегазации) ВВТ. Остальной личный состав отводится на 25…50 м в наветренную сторону, оборудует места для обработки стрелкового оружия (одно место на взвод) и под руководством командиров взводов проводит обработку оружия, СИЗ, обмундирования и открытых участков кожи табельными средствами (выполняет нормативы №№14 или 15).

Нештатное отделение РХБ разведки проводит контроль зараженности личного состава и техники. О результатах докладывает командиру роты.

Подведение итогов занятия.

После проведения специальной обработки рота выходит в район сосредоточения, где проверяется наличие личного состава, оружия, техники, экипировки и подводятся итоги занятия. Руководитель оценивает действия офицеров, сержантов, солдат и подготовку нештатного отделения РХБ разведки. Также оценивается техническое состояние ВиС РХБ защиты, объявляется общая оценка подразделению по РХБ защите и доводятся задачи на устранение выявленных недостатков.

Утверждаю
Командир войсковой части 00000
полковник И.Царев
«___» _____ 201___г.

ПЛАН

проведения занятия с ротой охраны по РХБ защите
(вариант)

Тема: «Действия роты в условиях применения ОМП»
Метод проведения: тактико-строевое занятие
Место проведения: полигон войсковой части 00000
Время проведения: 9.00 – 13.00 ___ _____ 201___г.

Ход занятия

№ п/п	Наименование отрабатываемых мероприятий	Оценка		
		отл.	хор.	удовл.
Учебное место №1. Действия роты в районе сосредоточения в условиях применения ОМП				
1	Умение командира роты отдавать указания по РХБ защите			
2	Действия нештатного отделения, предназначенного для ведения РХБ наблюдения (разведки). Выполнение нормативов: **№10** – подготовка ДП-5В к работе и проверка работоспособности **№11** – определение ОВ в воздухе	 3.00 4.10	 3.20 4.30	 4.00 5.25
3	Проверка технического состояния и подготовка СИЗ, табельных средств специальной обработки, измерителей доз, документации			
4	Техническая проверка фильтрующих противогазов. Выполнение нормативов: **№1** – надевание противогаза или респиратора **№2** – пользование неисправным противогазом в зараженной атмосфере	 10/14 18	 11/15 20	 13/18 24
5	Проверка знания личным составом программных вопросов по РХБ защите			

№ п/п	Наименование отрабатываемых мероприятий	Оценка		
		отл.	хор.	удовл.
6	Действия личного состава роты по сигналам оповещения. Выполнение нормативов: **№7** – действия по сигналу «Радиационная опасность 2222» **а**) на открытой местности, вблизи штатной техники **б**) при наличии в 5…10 м укрытий, блиндажей, закрытой техники **№8** – действия по сигналу «Химическая тревога 3333» **а**) на открытой местности **б**) при наличии в 5…10 м укрытий, блиндажей, закрытой техники Выполнение нормативов по военно-медицинской подготовке **№6** – надевание шлем-маски противогаза на пораженного **№7** – использование шприц-тюбика из АИ **№8** – извлечение раненого из боевой техники	 4.20 40 45 34 10 12 2.00	 4.40 45 50 37 11 13 2.30	 5.35 55 60 44 13 15 2.35
7	Подготовка роты к совершению марша. Выполнение норматива **№6** – действие по вспышке ЯВ **а**) на открытой местности	 4	 5	 6
8	Проверка способности командира роты, командиров взводов проводить расчеты по облучению личного состава и делать выводы из сложившейся радиационной обстановки			
Учебное место №2. Действия роты на марше при преодолении зараженного участка местности				
1	Выполнение норматива **№6** – действие по вспышке ЯВ **а**) при движении на штатной технике	 9	 10	 12
2	Проверка подготовленности отделения РХБ разведки. Выполнение норматива **№9** – подготовка к преодолению зараженного участка местности **а**) при действиях в защитном комплекте надетом в рукава **б)** при действиях в защитном комплекте в виде комбинезона	 6.30 9.40	 7.00 10.30	 8.20 13.40
Учебное место №3. Действия роты при проведении специальной обработки				
1	Проверка умения отделения РХБ разведки определять полноту специальной обработки			

№ п/п	Наименование отрабатываемых мероприятий	Оценка		
2	Выполнение нормативов: **№13** – подготовка табельных средств специальной обработки к работе ***ИДК-1*** **а**) с использованием сжатого воздуха от компрессора автомобиля **б**) с использованием автомобильного насоса ***БКСО (ДК-4***) **а**) газожидкостным методом **б)** методом отсасывания **№16** – ДДД ВВТ ЧСО с использованием ДК-4, ИДК-1 ПСО с использованием ДК-4, ИДК-1 **№14** – ЧСО при заражении РВ **№15** – ЧСО при заражении ОВ (БС)	 2.45 3.00 3.00 2.20 13.00 28.00 11.30 12.00	 3.00 3.20 3.20 2.30 15.00 30.00 12.30 13.00	 3.30 4.00 4.00 3.00 18.00 36.00 15.00 15.00
Учебное место №4. Подведение итогов				
1	Проверка наличия личного состава, оружия, техники, экипировки			
2	Оценка действий офицеров, сержантов, солдат, отделения РХБ разведки			
3	Оценка технического состояния ВиС РХБ защиты			
4	Объявление общей оценки подразделению по РХБ защите			
5	Постановка задачи на устранение выявленных недостатков			

Примечание: К плану прилагается схема проведения занятия

Начальник штаба войсковой части 00000
подполковник С.Новиков

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Аварии на РХБ опасных объектах – техногенные происшествия, в результате которых в окружающую среду происходит выброс РВ, АХОВ, БС в количествах, представляющих опасность для персонала и населения (личного состава).

Аварийно большой пролив – пролив КРТ, при котором создается угроза поражения личного состава, заражения местности, водоемов, воздуха и требуется проведение специальных работ для его ликвидации.

Аварийно-спасательная группа (АСГ) – нештатное подразделение в частях запуска КА, формируемое из специально подготовленного личного состава и предназначенное для ликвидации последствий аварийных ситуаций при работе с КРТ.

Аварийно-спасательные работы в ЧС – действия по спасению людей, объектов, ВВТ, локализации ЧС и снижению до минимума уровня воздействующих ПФ.

Аварийно-спасательный отряд (АСО) – нештатное подразделение на космодроме, формируемое из штатных подразделений космодрома и предназначенное для ликвидации последствий ЧС.

Аварийно химически опасные вещества (АХОВ) – токсичные химические вещества, способные при авариях (разрушениях) на ХОО легко переходить в атмосферу и вызывать массовые поражения личного состава и населения (аммиак, хлор, КРТ и др.).

Авария – в Вооруженных силах происшествие, в результате которого повреждены или разрушены ВВТ без гибели людей.

Аддитивное действие – простое сложение действия нескольких факторов.

Адекватный (лат. *adaequatus* – приравненный) – вполне соответствующий, тождественный.

Адсорбция – поглощение примесей из растворов или газов на поверхности твердого тела или жидкости.

Активация – реакция поглощения тепловых нейтронов средними и тяжелыми ядрами, в результате чего поглотитель становится радиоактивным.

Активная защита КА – методы защиты, основанные на создании вокруг КА или отдельного отсека электростатического или электромагнитного полей, предотвращающих воздействие заряженных частиц на оболочку КА (отдельного отсека).

Активная зона ЯР – та его часть, в которой происходит управляемая ЦРД и осуществляется съем выделяемой тепловой энергии теплоносителем.

Активность – количество радиоактивных распадов в радионуклиде за единицу времени; служит мерой количества радионуклидов в каком-либо веществе (беккерель в секунду, Бк/с; кюри, Ки = $3{,}7 \cdot 10^{10}$ Бк/с).

Активность объемная – количество радиоактивных нуклидов (активности) в единице объема воздуха, воды (Бк/м^3, Ки/л).

Активность поверхностная – количество радиоактивных нуклидов (активности) на единице поверхности (Бк/м^2, Ки/см^2).

Активность удельная – количество радиоактивных нуклидов (активности) в единице массы строительных материалов и продовольствия (Бк/кг, Ки/кг).

Акустический метод засечки ЯВ – определение характеристик ЯВ путем регистрации инфразвуковых колебаний, в которые вырождается ВУВ на больших расстояниях.

Альфа-частицы – ядра атомов гелия ($_2He^4$), продукт ядерных реакций.

Аннигиляция – взаимодействие частицы и античастицы (электрон и позитрон), сопровождающееся их взаимоуничтожением и превращением всей энергии в энергию аннигиляционных гамма-квантов.

Антидоты – препараты, предназначенные для обезвреживания ОВ в организме; играют основную роль при оказании лечебно-профилактической помощи пораженным отравляющими веществами.

Античастица – «зеркальное» отображение элементарной частицы; знаки электрических зарядов, магнитных моментов и пр. у частицы и античастицы противоположны.

Атмосфера (греч. *atmos* – пар, *sphoera* – поверхность сферы) – газовая оболочка Земли, связанная с ней силой тяжести и включающая тропосферу (до 10 км от поверхности Земли), стратосферу (10…50 км), мезосферу (50…90 км); вращается с Землей как единое целое.

Атмосферный ЯВ – взрыв, произведенный в плотных слоях атмосферы на высоте до 10 км над поверхностью Земли (наземный, воздушный).

Атомная электростанция (АЭС) – комплекс, включающий ядерный реактор и соответствующее оборудование и предназначенный для преобразования ядерной энергии в электрическую и (или) тепловую.

Атомный топливный цикл (АТЦ) – взаимосвязанная совокупность производств, обеспечивающих функционирование атомной энергетики (от добычи уранового сырья до регенерации отработанного топлива).

Аэрозоли – пылевидные (дым) или жидкие (туман) частицы ($d = 10^{-6}…10^{-2}$ см), находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе.

Аэрозольная защита – защита войск и объектов от СИЯВ, лазерного оружия и других мощных световых потоков.

Аэрозольная имитация – применение маскирующих завес в целях введения противника в заблуждение («распятнение» местности, создание ложных объектов).

Аэрозольная маскировка – противодействие техническим средствам разведки противника.

Аэрозольное подавление – противодействие средствам управления оружием (подавление систем наведения).

Аэрозольное противодействие – комплекс организационных и специальных технических мероприятий, осуществляемых в целях оперативно-тактической маскировки, подавления технических средств разведки и управления оружием, а также защиты от СИЯВ и лазерного оружия.

Безопасное расстояние – 1) расстояние между двумя равнопрочными объектами, исключающее одновременное их поражение одним боеприпасом; 2) удаление района дислокации от объекта, являющегося объектом поражения для противника.

Безопасность в ЧС – состояние защищенности жизни и здоровья населения (личного состава), их среды обитания и объектов Вооруженных сил от опасностей в ЧС.

Безопасные уровни ПФ – см. допустимый уровень ПФ.

Бета-излучение – электронное излучение, возникающее при бета-распаде ядер.

Бета-распад – процесс распада нестабильного ядра, сопровождаемый испусканием электрона и во многих случаях – гамма-квантов.

Бинарные химические боеприпасы и боевые приборы – боевые средства применения ОВ, снаряжение которых состоит из двух нетоксичных компонентов; после применения они быстро перемешиваются и вступают в реакцию с образованием ОВ.

Биологически опасный объект (БОО) – объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные биологические вещества, способные вызывать гибель или заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также биологическое заражение ОПС.

Биологические средства (БС) – специально отобранные для боевого применения биологические агенты, способные в организмах людей, животных и в растениях вызывать тяжелые инфекционные заболевания.

Биологическое действие ИИ – действие ИИ на живые организмы, в результате которого возникают соматические и генетические радиационные повреждения организмов.

Биологическое заражение – распространение опасных биологических веществ природного или искусственного происхождения в концентрациях, создающих угрозу для людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени.

Биологическое оружие (БО) – один из видов ОМП, поражающее действие которого основано на использовании болезнетворных свойств биологических средств; предназначается для массового поражения людей, сельскохозяйственных животных и посевов.

Биохимический метод индикации ОВ – метод основан на действии ФОВ на специфические ферменты, участвующие в биохимических процессах в организме, в результате чего снижаются их активность, выход продуктов реакции и происходит изменение окраски индикаторного реактива.

Боевая подготовка – система обучения военнослужащих, подразделений, частей и соединений ведению боевых действий.

Боевая часть – неделимая часть боеприпаса, в которой находится взрывчатое вещество с взрывателем.

Боевое обеспечение – подготовка и осуществление комплекса мероприятий, направленных на повышение эффективности действий своих войск и снижение эффективности действий войск противника.

Боевое применение – совокупность принципов и способов применения сил и средств при выполнении боевых задач.

Боевое состояние ОВ и АХОВ – дисперсное (раздробленное) их состояние в виде твердых или жидких частиц различных размеров; видами боевого состояния являются пар, аэрозоль, капли.

Боевые документы – военные документы, которые разрабатывают при подготовке и ведении боевых действий, а также на учениях; к ним относятся боевые приказы, планы действий, планы и приказы по видам обеспечения.

Боевые свойства ЯО, ХО, БО – свойства оружия, обусловливающие способность генерировать ПФ при его боевом применении.

Боевые токсичные химические вещества (БТХВ) – совокупность отравляющих веществ и токсинов, оказывающих поражающее действие на людей и животных, а также фитотоксиканты, применяемые в военных целях для поражения растительности.

Боеготовность – состояние войск, обеспечивающее способность начать выполнение боевых задач в установленные сроки, а в военное время – немедленно.

Боеприпас (комбинированный) типа ДСД – боеприпас, в котором дополнительно осуществляется третья стадия взрывного процесса – реакция деления природного урана $_{92}U^{238}$.

Боеприпас (термоядерный) типа ДС – основное энерговыделение обусловлено протеканием взрывной термоядерной реакции, температурные условия для которой создает ядерный заряд на основе ЦРД (деление-синтез).

Боеприпас (ядерный) типа Д – боеприпас, в котором основное энерговыделение происходит только в результате протекания ЦРД (деление).

Боеспособность – возможность выполнять поставленные задачи в соответствии с предназначением.

Болезнетворные бактерии – одноклеточные микроорганизмы с размерами от 0,5 до 8…10 мкм; являются причиной многих тяжелых инфекционных заболеваний у людей и сельскохозяйственных животных.

Быстродействующие ОВ – вещества, не имеющие периода скрытого действия; утрата боеспособности или смертельный исход наступают через несколько минут (зарин, CS, CR).

Быстрые нейтроны – см. нейтрон.

Взаимодействие – процессы воздействия различных объектов друг на друга.

Взаимодействие излучений с веществом – раздельное или совместное воздействие излучений различной физической природы (электромагнитного и корпускулярного) на вещества, приводящее к ослаблению, усилению или видоизменению воздействующего излучения.

Взрыв – быстропротекающий процесс механических (удар метеорита о Землю, взрыв сосуда под давлением), химических (обычное ВВ) и физических (ЯВ) превращений, сопровождающийся выделением значительного количества энергии в ограниченном объеме.

Взрывная реакция деления – неуправляемая реакция, происходящая при достижении в делящихся веществах надкритического состояния.

Взрывная реакция синтеза – неуправляемая реакция, температурные условия для осуществления которой создаются путем инициирования взрывной реакции деления.

Виды ЯВ – взрывы, произведенные в определенной среде; различают следующие виды: подземные (подводные), наземные (надводные), воздушные, высотные, космические.

Вирусы – микроорганизмы (0,0…0,4 мкм), не имеющие клеточной структуры; могут вызывать тяжелые и опасные заболевания у людей, животных и растений (натуральную оспу, желтую лихорадку и др.).

Внешнее облучение – облучение, при котором источник ИИ находится вне облучаемого организма.

Внутреннее облучение – облучение, при котором источник ИИ находится внутри облучаемого организма (ингаляционное воздействие, попадание РВ с водой и пищей).

Возбужденное состояние ядра – состояние, при котором в нормальное ядро внесена дополнительная энергия, приводящая его в возбужденное состояние.

Воздействие ПФ – непосредственное влияние ПФ на личный состав, сооружения, ВВТ и ОПС.

Воздушная ударная волна (ВУВ) – область резкого сжатия воздуха, распространяющаяся во все стороны от центра взрыва со сверхзвуковой скоростью.

Воздушный ЯВ – взрыв, при котором светящаяся область не касается поверхности земли (ЯВ на высотах менее 10 км).

Воинская часть – организационно самостоятельная административно-хозяйственная единица во всех видах Вооруженных сил.

Войсковая часть – условное цифровое обозначение воинской части.

Вооружение и военная техника (ВВТ) – любые технические средства, которыми оснащаются Вооруженные силы.

Вооружение и средства РХБ защиты (ВиС РХБ защиты) – штатные и табельные специальные машины, технические средства и материальное имущество, предназначенные для противодействия РХБ поражающим факторам как в мирное, так и в военное время.

Временна́я защита от ИИ – организационные мероприятия, регламентирующие длительность пребывания личного состава в условиях опасного радиоактивного воздействия.

Вторичный ЭМИ (ВЭМИ) – кратковременные локальные электромагнитные поля, возникающие при взаимодействии гамма-рентгеновского излучения с корпусом объекта и его оборудованием.

Выпадение радиоактивных осадков – оседание радиоактивных веществ из радиоактивного облака под действием силы тяжести, приводящее к возникновению РЗМ.

Высокоточное оружие – управляемое тактическое и оперативно-тактическое оружие, обеспечивающее достоверное поражение объекта одним «выстрелом».

Высотный ЯВ – взрыв в разреженной атмосфере на высотах от 10 км и более.

Выявление ЯРХБ обстановки – определение масштабов и последствий применения ОМП, аварий (разрушений) на РХБОО (вида заражения, количества и размеров зон заражения, интенсивности заражения в пространстве и во времени).

Гамма-излучение – фотонное излучение с дискретным спектром, возникающее при изменении энергетического состояния атомного ядра.

Генетические радиационные повреждения – повреждения, проявляющиеся лишь в последующих поколениях.

Геофизическое оружие (ГеО) – совокупность средств, позволяющих использовать в военных целях разрушительные силы природы путем искусственно вызываемых изменений физических свойств и процессов, протекающих в атмосфере, гидросфере, литосфере.

Гербициды (лат. *herba* – трава) – вещества для уничтожения сорняков.

Глубина распространения облака БТХВ, АХОВ, БС – максимальная протяженность зоны распространения облака по направлению его движения.

Головная ударная волна – результат слияния фронтов падающей и отраженной ударных волн.

Головная часть (ГЧ) – боеголовка ракеты-носителя, в состав которой, кроме ЯВВ и системы взрывателей, входит система управления, обеспечивающая нормальное функционирование ГЧ на всех этапах ее полета (при пуске, в полете, при подрыве в заданной точке).

Дегазация – нейтрализация ОВ и АХОВ химическим способом.

Дезактивация – удаление РВ механическими способами.

Дезинфекция – обеззараживание БС химическим или физическим методами.

Действие ПФ – проявление и реализация механизмов поражения воздействующих ПФ, приводящее к частичной или полной потере нормального функционирования.

Дейтерий – тяжелый водород ${}_1H^2$ (Д), являющийся стабильным изотопом водорода; примесь к обычному водороду (0,02 %).

Деление ядра – ядерная реакция, в которой под действием нейтронов происходит распад ядра некоторых сверхтяжелых элементов на два осколка, являющихся ядрами более легких элементов.

Дистанционные методы обнаружения ОВ, АХОВ – получение информации бесконтактными способами пассивной лазерной и ИК локации.

Длина релаксации – расстояние, на котором интенсивность потока частиц (квантов) уменьшается в «*e*» раз.

Длина свободного пробега – среднее расстояние, проходимое частицей (квантом) между двумя последовательными взаимодействиями с другими частицами.

Доза облучения (лат. *dosis* – порция, количество чего-либо) – количество энергии ИИ, переданное единице массы облучаемой среды.

Дозиметрический радиационный контроль – контроль доз внешнего облучения личного состава.

Допустимый уровень ПФ – максимальное значение величины ПФ, при действии которого не происходит нарушения нормального функционирования личного состава, ВВТ и сооружений.

Жесткое рентгеновское излучение КЯВ (ЖРИ) – излучение с энергиями более 30 кэВ.

Жизнеспособность личного состава – способность сохранять свое существование в изменяющихся условиях внешней среды.

Загрязнение (РХБ) – непроизвольное привнесение в ОПС не характерных для нее радиоактивных, химических веществ и биологических средств, оказывающих вредное воздействие на людей, животных и растения.

Зажигательное оружие (ЗЖО) – боевые средства, снаряженные зажигательными веществами и предназначенные для поражения живой силы и ВВТ противника.

Зажигательные вещества (ЗВ), **смеси** (ЗС) – специально подобранные вещества (смеси), способные быстро воспламеняться и устойчиво гореть с выделением большого количества тепловой энергии (напалмы, пирогели, термит и др.).

Заражение (РХБ) – преднамеренное антропогенное внесение в ОПС радиоактивных, химических веществ и биологических средств с целью поражения людей, сельскохозяйственных животных и растений.

Засечка ЯВ (ЗЯВ) – достоверное установление факта ЯВ и определение его характеристик при помощи технических средств.

Защищенность в ЧС – состояние, при котором предотвращают или предельно снижают негативные последствия ЧС (ГОСТ Р22.0.02-94).

Значение физической величины – числовая оценка ее размера.

Иерархия (греч. *hieros* – священный, *arche* – власть) – расположение целого в порядке от высшего к низшему.

Изотермия – условие постоянства или равенства температуры в некотором слое приземной атмосферы.

ИК излучение – излучение с длиной волны $10^{-1}…10^{-4}$ см, длинноволновая часть оптического диапазона электромагнитных волн.

Инверсия (лат. *inversio* – перестановка) – повышение температуры воздуха с высотой в некотором слое приземной атмосферы вместо обычного понижения; связана с охлаждением воздуха от холодной земной поверхности.

Ингаляционное воздействие – попадание РВ, БТХВ, АХОВ в организм человека через органы дыхания.

Индикация ОВ, **АХОВ** – определение вида и концентрации веществ при помощи технических средств.

Инсектициды (лат. *insectum* – насекомые) – вещества, предназначенные для борьбы с вредными насекомыми.

Интенсивность ИИ – количество энергии ИИ, пересекающей единичную площадку за единицу времени (МэВ/м^2·с).

Инфицирующая доза – количество микроорганизмов БС, способное при попадании в организм человека или животного вызывать инфекционное заболевание.

Инфразвук (лат. *infra* – под) – электромагнитные колебания с частотой менее 16 Гц; не воспринимаются ухом человека.

Инфразвуковое оружие (ИЗО) – средства поражения, основанные на использовании направленного излучения в инфразвуковой области (менее 16 Гц).

Ионизационные методы измерения ИИ – методы, основанные на измерении ионизации, возникающей в чувствительном объеме детектора; различают зарядовый (измерение поглощенной дозы), токовый (измерение мощности поглощенной дозы) и счетный (измерение отдельных частиц или фотонов) методы.

Ионизирующее излучение (ИИ) – излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к образованию электронов и положительных ионов; различают непосредственно и косвенно ионизирующее излучение.

Ионосфера – ионизированный слой верхней атмосферы, расположенный на высотах от 60…80 до нескольких сотен километров и образованный действием УФ излучения Солнца.

Искусственный радиационный пояс Земли (ИРПЗ) – область космического пространства, в которой наблюдается аномально высокая концентрация заряженных частиц, образованных при КЯВ и захваченных геомагнитным полем.

Источник ЧС – опасное природное явление, опасное техногенное происшествие, широко распространенное инфекционное заболевание, а также применение современных средств поражения (ГОСТ Р22.0.02-94).

Карантин – система изоляционно-ограничительных мероприятий, предусматривающих полную изоляцию личного состава карантированных подразделений от других войск и местного населения.

Классификация – система понятий в какой-либо отрасли знаний, составленная на основе общих признаков объектов и закономерных связей между ними.

Кожно-резорбтивное воздействие (лат. *resorbtion* – всасывание) – попадание ОВ, АХОВ на незащищенную кожу и проникновение через нее в организм человека.

Командный пункт (КП) – основной пункт управления, с которого осуществляется руководство подчиненными подразделениями.

Компоненты ракетного топлива (КРТ) – совокупность окислителей (АТ – азотный тетраксид, АК – смесь азотной кислоты и азотного тетраксида) и горючего (НДМГ – несимметричный диметилгидразин).

Комптоновские электроны – электронное излучение, возникающее при комптоновском рассеянии фотонного излучения.

Конвекция (лат. *convectio* – принесение, доставка) – состояние приземного воздуха, при котором нижние его слои имеют более высокую температуру, чем верхние.

Конвенция по химическому оружию (КХО) – принятое в 1992 г. на сессии Генеральной ассамблеи ООН международное соглашение о полном запрете производства, применения ХО и уничтожении его запасов.

Корпускулярное излучение – излучение, состоящее из заряженных или нейтральных частиц с массой, отличной от нуля.

Косвенно ионизирующее излучение – излучение, состоящее из фотонов (гамма-рентгеновское излучение) или незаряженных частиц (нейтронов), взаимодействие которых со средой приводит к образованию непосредственно ионизирующего излучения.

Космический ЯВ (КЯВ) – взрыв, произведенный на высотах от 100 км и выше над поверхностью Земли.

Коэффициент использования ЯВВ – отношение массы ЯВВ, идущей на воспроизводство заданной мощности ЯВ, к общей массе делящегося вещества в ЯБП.

Коэффициент качества – число, на которое должна быть умножена поглощенная доза рассматриваемого вида ИИ для получения эквивалентной дозы этого излучения.

Коэффициент поглощения ИИ – часть коэффициента ослабления, обусловленная процессом поглощения энергии излучения средой.

Коэффициент развития ЦРД – отношение количества образовавшихся нейтронов в любом их поколении к количеству нейтронов в предшествующем поколении во всем объеме делящегося вещества.

Коэффициент рассеяния ИИ – часть коэффициента ослабления, обусловленная рассеянием излучения средой.

Коэффициент термоядерности – доля полной энергии взрыва ЯБП, выделяющаяся при протекании реакции синтеза.

Критерий (греч. *kriterion* – средство для суждения) – признак, на основании которого производится оценка или классификация чего-либо, мерило суждения, оценки.

Критическая масса – наименьшая масса делящегося вещества, в которой возможно протекание незатухающей ЦРД.

Критические размеры – геометрические размеры, соответствующие критической массе; для сферы – критический радиус.

Критические условия ЦРД – условия, при которых достигается равенство между размножением нейтронов и их утечкой из зоны реакции, в результате чего ЦРД развивается с постоянной скоростью.

Лазер – мощный излучатель когерентного (имеющего постоянную разность фаз между колебаниями) излучения оптического диапазона – «квантовый оптический генератор»; аббревиатура английских букв фразы *Light Amplification Stimulated Emission Radiation* – «усиление света вынужденным излучением».

Лазерное оружие – оружие, поражающее действие которого основано на использовании узконаправленного лазерного излучения с высокой концентрацией энергии в нем.

Летальная токсическая доза (лат. *letalis* – смертельная) – количество ОВ, АХОВ, вызывающее смертельный исход у 50 % пораженных при ингаляционном или кожно-резорбтивном воздействии (LD_{50}).

Линейный коэффициент ослабления ИИ – относительное изменение интенсивности ИИ на единице длины пути его распространения; если рассматривается не толщина слоя, а его масса, то применяется термин «массовый коэффициент ослабления ИИ».

Лучевое оружие – совокупность устройств, поражающее действие которых основано на использовании остронаправленных лучей электромагнитной энергии (лазерное оружие) или пучков элементарных частиц.

Макроскопическое сечение взаимодействия – сумма эффективных сечений реакций определенного типа всех атомов, находящихся в данном объеме.

Маскирующие пенные покрытия (МПП) – специальные пенообразующие рецептуры, предназначенные для снижения заметности ВВТ в оптическом и радиолокационном диапазонах.

Масштабы применения ОМП, аварий (разрушений) на РХБОО – общее количество ЯВ, аварийных (разрушенных) РХБОО, районов РХБ заражения, их распределение по мощности и виду взрывов, типу ОВ, АХОВ и др.

Медленнодействующие ОВ – вещества, обладающие периодом скрытого действия более одного часа (VX, иприт и др.).

Местное действие ЯВ – образование воронки и зоны навала грунта при контактном ЯВ.

Метод – совокупность приемов практического или теоретического освоения действительности, подчиненных решению конкретной задачи.

Методика – совокупность методов целесообразного проведения каких-либо действий.

Механические поражающие факторы ЯВ – факторы, приводящие к механическим повреждениям объектов воздействия и нарушению, тем самым, их физической целостности (ВУВ, сейсмовзрывные волны).

Микробы – мельчайшие живые организмы, к которым относят бактерии, вирусы, риккетсии и грибки.

Многократное облучение – воздействие ИИ, при котором основная часть дозы формируется у личного состава в течение времени, превышающего четверо суток.

Моделирование – имитация формирования, распространения и воздействия физических, химических и биологических ПФ с помощью лабораторных, математических или натурных моделей.

Мощность дозы ИИ – скорость изменения дозы во времени.

Мощность ЯВ – количество энергии, выделяющейся при взрыве и идущей на формирование ПФ; измеряется в тротиловых эквивалентах.

Мягкое рентгеновское излучение КЯВ (МРИ) – рентгеновское излучение с энергией от 20 кэВ и менее.

Надкритическое состояние ЦРД – состояние, при котором число нейтронов возрастает лавинообразно и реакция носит взрывной характер.

Наземный ЯВ – взрыв, при котором светящаяся область касается поверхности земли, имея форму от полусферы (контактный взрыв) до полной сферы (взрыв в непосредственной близости от поверхности).

Нейтрализация – химическая реакция с ОВ, АХОВ, приводящая к потере ими своих поражающих свойств.

Нейтроны – тяжелые нейтральные частицы; различают тепловые нейтроны с кинетической энергией не свыше 0,5 эВ, промежуточные – от 0,5 эВ до 200 кэВ, быстрые – более 200 кэВ.

Нейтронный боеприпас – малогабаритный термоядерный заряд мощностью не более 10 кт, в котором основное энерговыделение происходит в результате реакции дейтерия с тритием; основным ПФ является нейтронное излучение, роль остальных ПФ существенно снижена.

Нейтронный генератор – импульсный источник нейтронов, предназначенный для инициирования дополнительного количества нейтронов в момент достижения в ЯБП максимальной надкритичности.

Непосредственно ионизирующее излучение – заряженные частицы, которые имеют кинетическую энергию, достаточную для ионизации при столкновениях с атомами.

Нестойкие ОВ – сохраняют поражающее действие в течение нескольких десятков минут после применения (зарин).

Нижняя область повышенной ионизации (НОПИ) – ионизированная область атмосферы на высотах 20…100 км, образующаяся при действии гамма-, рентгеновского излучения КЯВ.

Обеззараживание – снижение до предельно-допустимых норм заражения и загрязнения территории, объектов, воды и продовольствия РВ, ОВ, АХОВ, БС путем дезактивации, дегазации и дезинфекции.

Обеспечение РХБ защиты – целенаправленная деятельность органов военного управления по планированию и осуществлению комплекса мероприятий, направленных на выполнение требований непревышения допустимых (установленных) значений ПФ и тем самым – на минимизацию ущерба от действия РХБ поражающих факторов.

Области повышенной ионизации (ОПИ) – области с повышенным относительно естественной ионосферы содержанием электронов и положительных ионов; образуются при производстве КЯВ.

Облучение – процесс передачи энергии ИИ среде, в которой оно распространяется.

Обсервация – режимно-ограничительное мероприятие, связанное с ограничением перемещения людей или сельскохозяйственных животных во всех сопредельных с зоной карантина районах.

Объекты коллективной защиты – войсковые фортификационные сооружения и подвижные объекты наземного вооружения и военной техники, предназначенные для защиты личного состава в условиях РХБ заражения.

Однократное облучение – воздействие ИИ, при котором основная часть дозы формируется у личного состава в течение времени, не превышающего четырех суток.

Окружающая природная среда (ОПС) – естественная среда обитания человека.

Опасность – негативное свойство живой и неживой природы, характеризующее ее способность причинять ущерб людям, ОПС и объектам.

Опасность источника чрезвычайной ситуации – состояние, при котором возникают или вероятно возникновение ПФ источника и их воздействия на население (личный состав), объекты, ВВТ и ОПС.

Определение – объяснение, раскрывающее содержание, смысл чего-нибудь.

Организация РХБ защиты – часть общей деятельности командиров, штабов и служб по управлению войсками; включает определение задач защиты, способов и средств их выполнения; доведение задач до исполнителей, планирование защиты и организацию взаимодействия, всестороннее обеспечение защиты, контроль готовности к выполнению задач защиты и проверку исполнения.

Оружие массового поражения (ОМП) – оружие большой поражающей способности, предназначенное для нанесения массовых потерь войскам и населению, создания обширных зон разрушений и заражения; включает ядерное, химическое и биологическое оружие.

Оружие на новых физических принципах (ОНФП) – оружие, поражающее действие которого основано на использовании физических явлений и процессов, которые ранее для создания средств поражения не применялись (лазерное, пучковое и т.д.).

Оружие несмертельного действия (ОНД) – оружие, предназначенное для вывода из строя живой силы и ВВТ противника с минимальным количеством смертельных исходов.

Осколки деления – ядра более легких элементов, образующиеся в результате реакции деления сверхтяжелых ядер урана и плутония; уносят основную часть энергии ЯВ (~ 85 %) в виде кинетической энергии.

Осколочное излучение ЯВ – β- и γ-излучение, испускаемое при радиоактивном распаде осколков деления.

Ослабление потока ИИ – уменьшение потока (интенсивности) ИИ, обусловленное взаимодействием со средой.

Отравляющие вещества (ОВ) – искусственно синтезированные химические соединения, обладающие определенными физико-химическими и токсическими свойствами, обеспечивающими при боевом применении поражение людей, заражение ВВТ и ОПС; являются основным компонентом ХО.

Оценка РХБ обстановки – определение степени влияния складывающейся обстановки на боеспособность войск и выработка их рациональных действий в сложившейся обстановке.

Параметр (греч. *parametron* – отмеривающий) – физическая (химическая и др.) величина, характеризующая какое-либо основное свойства технического устройства, явления, процесса, системы (например, масса, теплоемкость, быстродействие и др.).

Патогенный (греч. *pathos* – страдание) – вызывающий болезнь, болезнетворный.

Пестициды (лат. *pestis* – зараза) – ядохимикаты для защиты растений от вредителей, болезней, сорняков.

Плазма – состояние вещества, характеризующееся полной ионизацией его атомов.

Плотность потока – число частиц (фотонов), пересекающих единичную площадку за единицу времени ($м^{-2} \cdot с^{-1}$).

Поглощение энергии ИИ – преобразование энергии ИИ в облучаемой среде в другие виды энергии или в энергию других видов излучения.

Поглощенная доза – отношение энергии ИИ, поглощенной в некотором объеме, к массе этого объема (1 Гр = 1 Дж/кг, внесистемная единица рад – англ. *radiation absorbe dose*; 1 Гр = 100 рад).

Поле излучения – пространственно-временное распределение ИИ в рассматриваемой среде.

Полное макроскопическое сечение взаимодействия – сумма полных эффективных сечений реакции для всех атомов, находящихся в данном объеме.

Полное эффективное сечение процессов взаимодействия – сумма эффективных сечений всех процессов взаимодействия нейтрона с ядром.

Понятие – представление, сведения о чем-нибудь.

Поражающее действие ПФ – результат воздействия ПФ, проявляющийся в реализации механизмов поражения объектов живой и неживой природы.

Поражающие факторы ОМП – явления или процессы физической, химической или биологической природы, оказывающие негативное действие на личный состав, ВВТ и ОПС.

Поражающие факторы ХО – боевая концентрация ОВ, токсинов в воздухе и плотность заражения различных поверхностей, включая незащищенные кожные покровы.

Поражение – нарушение нормального состояния объектов, ВВТ, личного состава в результате действия ПФ различных видов оружия, приводящее к частичной или полной потере боеспособности.

Последствия аварий на РХБОО – возникшая в результате аварии РХБ обстановка на объекте и окружающей его среде, наносящая вред из-за превышения установленных пределов РХБ воздействия на персонал, население (личный состав) и ОПС.

Последствия применения ОМП, аварий (разрушений) на РХБОО – площади и границы зон заражения РВ, ОВ, БС, АХОВ, количество пораженного (зараженного) личного состава, ВВТ и других материальных ресурсов.

Потенциально опасный объект (ПОО) – объект, на котором используют, производят, хранят или транспортируют радиоактивные, пожаро-, взрывоопасные вещества, АХОВ и БС.

Поток частиц (фотонов) – число частиц (фотонов), пересекающих единичную площадку ($м^{-2}$).

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) – максимальное количество РВ, ОВ, АХОВ в почве, воздушной или водной среде и т.д., измеряемое в единицах объема или массы, которое практически не влияет на здоровье людей и не вызывает неблагоприятных последствий в будущем (ГОСТ Р22.0.05-94).

Прогнозирование – определение будущих тенденций в развитии процессов, систем, объектов на основе данных об их прошлом и настоящем; прогнозирование РХБ обстановки носит заблаговременный или оперативный характер.

Проникающая радиация ЯВ (ПрР) – потоки нейтронов и гамма-квантов, испускаемые последовательно из плазменной и светящейся областей ЯВ.

Противорадиационные препараты – медикаментозные средства, повышающие устойчивость организма к воздействию ИИ ЯВ или снижающие тяжесть клинического течения лучевой болезни.

Пункт управления (ПУ) – специально оборудованное и оснащенное техническими средствами место, транспортное средство или инженерное сооружение, с которого командир осуществляет руководство подразделениями (частями).

Пучковое оружие – оружие, основанное на использовании поражающего действия остронаправленных пучков заряженных или нейтральных частиц, разогнанных до больших скоростей.

Работоспособность личного состава – способность к выполнению действий по военно-профессиональным обязанностям, связанным с боевым применением войск.

Радиационная безопасность населения (личного состава) – состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующих излучений.

Радиационная стойкость (РС) – свойство материалов и радиоэлектронной аппаратуры сохранять свои характеристики в пределах установленных норм во время и после их облучения.

Радиационно безопасная орбита (РБО) – орбита, на которой время баллистического существования космической ЯЭУ превышает продолжительность распада осколков деления в остановленном ЯР до безопасного уровня.

Радиационно опасный объект (РОО) – объект, на котором производят, хранят, используют и транспортируют в больших количествах радиоактивные вещества.

Радиационное повреждение – необратимое изменение свойств вещества в результате облучения.

Радиационные дефекты – повреждения кристаллической решетки, образующиеся в веществах кристаллической структуры.

Радиационные пояса Земли – области околоземного космического пространства искусственного или естественного происхождения, в которых существуют интенсивные потоки заряженных частиц, захваченных геомагнитным полем.

Радиационные ПФ – поражающие факторы, действие которых обусловлено передачей энергии ИИ облучаемому объекту (проникающая радиация, радиоактивное заражение местности, рентгеновский импульс, искусственный радиационный пояс Земли), а также потоки нейтральных атомов водорода (пучковое оружие).

Радиация (лат. *radiatio* – испускать лучи) – излучение любой физической природы.

Радиоактивное заражение местности (РЗМ) – наличие РВ на местности, в воздухе, открытых источниках воды в количествах, создающих опасность поражения незащищенного личного состава.

Радиоактивные вещества (РВ) – радионуклиды в естественном состоянии или адсорбируемые при ЯВ на твердых и жидких фракциях грунта и воды.

Радиоактивный распад – самопроизвольные ядерные превращения, сопровождаемые испусканием ИИ в виде α-, β-частиц и γ-квантов.

Радиоизотопный генератор (РИГ) – устройство, в котором тепловая энергия радиоактивного распада преобразуется в электрическую.

Радиометрический контроль заражения – контроль степени заражения радиоактивными веществами ВВТ, СИЗ, обмундирования, открытых участков кожи.

Радионуклиды (лат. *nucleus* – ядро) – радиоактивные элементы с нестабильным атомным ядром, претерпевающим радиоактивный распад.

Радиопоглощающие материалы (РПМ) – специальные материалы, предназначенные для противодействия радиолокационным средствам разведки и наведения оружия противника; применяют конструкционные материалы (чехлы, сети, экраны и др.), встроенные средства (детали и узлы, снижающие радиолокационную заметность объекта) и радиопоглощающие (лакокрасочные) покрытия и др.

Радиотехнический метод засечки ЯВ – метод, основанный на регистрации характеристик параметров ЭМИ ЯВ.

Радиочастотное оружие – средства, поражающее действие которых основано на использовании импульса электромагнитных волн радиодиапазона в сантиметровой и миллиметровой областях частот (1…300 ГГц) с микро- и наносекундной длительностью.

Радиус поражения – минимальное расстояние до эпицентра ЯВ, на котором сохраняется нормальное функционирование объектов воздействия ПФ.

Рассеяние ИИ – взаимодействие ИИ с веществом, в результате которого изменяется направление первоначального распространения.

Релаксация (лат. *relaxatio* – ослабление) – процесс установления равновесного ослабления в физической системе, состоящей из большого числа частиц (квантов).

Рентгеновское излучение (РИ) – фотонное излучение, состоящее из характеристического и (или) тормозного излучений.

Риккетсии – небольшие, размером от 0,4 до 1 мкм, клетки-палочки; являются причиной таких тяжелых заболеваний у человека как сыпной тиф, некоторые виды лихорадок и др.

РХБ заражение – наличие РВ, БТХВ, АХОВ, БС на кожных покровах, обмундировании, СИЗ, ВВТ, на местности, в воздухе,

открытых источниках воды в количествах, создающих опасность поражения незащищенного личного состава.

РХБ защита – комплекс организационных и инженерно-технических мероприятий, проводимых в войсках в целях обеспечения выполнения поставленных задач в условиях воздействия РХБ поражающих факторов с минимальными потерями.

РХБ обстановка – условия, складывающиеся в результате применения ЯХБ оружия, аварий (разрушений) на РХБОО и оказывающие влияние на действия и боеспособность войск, жизнедеятельность населения.

Световое излучение ЯВ (СИЯВ) – электромагнитное излучение оптического диапазона (УФ, видимое, ИК) со спектром, подобном солнечному.

Светотехнический метод засечки ЯВ – определение характеристик ЯВ путем регистрации первичного или вторичного импульсов СИЯВ.

Светящаяся область ЯВ – источник СИЯВ; образуется в результате нагрева до сверхвысоких температур паров конструкционных материалов ЯБП и прилегающих слоев воздуха.

Сейсмический метод засечки ЯВ – метод, основанный на регистрации характеристик параметров сейсмоволн подземного и наземного ЯВ.

Сейсмовзрывные волны (СВВ) – волны сжатия в грунте, возникающие при наземном и подземном ЯВ и оказывающие воздействие на высокопрочные специальные фортификационные сооружения и личный состав в них.

Система управления и защиты (СУЗ) – система реактора АЭС, предназначенная для управления ЦРД, контроля мощности ЯР, аварийного гашения ЦРД.

Слой половинного ослабления – толщина слоя среды, ослабляющего параметр поля ИИ (потока, плотности потока, дозы и т.д.) в два раза.

Смешанное излучение – ИИ, состоящее из частиц различного вида или из частиц и фотонов.

Соматический (греч. *soma* – тело) – относящийся к телу (соматические болезни и т.д.).

Сопряженные области повышенной ионизации (СОПИ) – области, образующиеся в районах входа магнитных силовых линий в плотные слои атмосферы вследствие ионизации ее осколочным бета-излучением КЯВ.

Специальная обработка войск (СО) – проведение санитарной обработки личного состава, дезактивации, дегазации, дезинфекции ВВТ, СИЗ, обмундирования и снаряжения.

Способ РХБ защиты – образ действия, прием применения средства РХБ защиты.

Средний ветер – ветер, осредненный по скорости и направлению для всех слоев атмосферы в пределах высоты подъема облака ЯВ.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) – средства, предназначенные для защиты отдельного военнослужащего; включают СИЗ органов дыхания, кожи, глаз.

Средства индивидуальной защиты кожи (СЗК) – средства, предназначенные для защиты от ОВ, АХОВ и для предохранения кожных покровов, обмундирования и снаряжения от заражения РВ и БС; включают фильтрующую и изолирующую одежду.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СЗОД) – средства, предназначенные для защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от РВ, ОВ, АХОВ, БС; включают фильтрующие и изолирующие противогазы, респираторы, комплекты дополнительного патрона.

Средства коллективной защиты (СКЗ) – средства, предназначенные для одновременной защиты двух и более военнослужащих; включают средства герметизации объектов и средства очистки воздуха от РВ, ОВ, АХОВ, БС.

Средства РХБ защиты – технические, медикаментозные, материальные и т.п. средства, предназначенные для предотвращения действия ПФ или снижения их интенсивности.

Стойкие ОВ – поражающее действие сохраняют в течение нескольких часов и суток после применения (VX, иприт).

Термин (лат. *terminus* – предел, граница) – слово или сочетание слов, являющееся точным обозначением определенного понятия в какой-либо области науки, техники и т.д.

Термические ПФ – факторы, приводящие к поражению объектов и личного состава в результате теплового воздействия (СИЯВ, лазерное излучение, воздействие ЗЖО).

Термомеханическое действие РИ КЯВ – эффекты, характерные для соединения разнородных материалов, разогреваемых жестким РИ до различных температур и проявляющиеся в виде механических напряжений.

Термоядерная реакция (ТЯР) – реакция синтеза легких ядер, протекающая при сверхвысоких температурах (более 10^7 К).

Термоядерный боеприпас – боеприпас, поражающее действие которого обусловлено энергией, выделяющейся при протекании взрывной термоядерной реакции.

Токсины – химические вещества белковой природы растительного, животного или микробного происхождения, обладающие высокой токсичностью и способные при боевом применении оказывать поражающее действие на людей и животных.

Токсическая доза – количество БТХВ, АХОВ, попавших в организм человека и вызвавших определенный токсический эффект.

Токсичность (греч. *toxicon* – яд) – свойство (способность) БТХВ, АХОВ вызывать поражение организма.

Тормозное излучение – фотонное (рентгеновское) излучение с непрерывным спектром, возникающее при изменении кинетической энергии заряженных частиц в кулоновском поле ядра.

Тритий – сверхтяжелый радиоактивный изотоп водорода $_1H^3$ (т); получают в ЯР путем облучения ядер $_3Li^6$ нейтронами.

Тротиловый эквивалент – масса заряда тротила, при взрыве которого выделяется энергия, равная энергии ЯВ заданной мощности; измеряется в тоннах, тысячах тонн (кт), миллионах тонн (Мт).

Уголь активированный – уголь с высокой адсорбирующей способностью по отношению к ОВ, АХОВ; применяется в фильтрующе-поглощающих системах СЗОД, ФВУ и пр.

Удельное энерговыделение – выход энергии в реакциях деления или синтеза на единицу массы реагирующих веществ.

Уровень радиации – мощность дозы на РЗМ, измеренная на высоте один метр над поверхностью земли.

УФ излучение – излучение с длиной волны ($4 \cdot 10^{-5} \ldots 2 \cdot 10^{-7}$) см, коротковолновая часть оптического диапазона электромагнитных волн.

Фактор (лат. *factor* – делающий, производящий) – причина, движущая сила какого-либо явления или процесса (поражения).

Физическая величина – измеримое свойство физических тел, состояний или процессов, поддающееся количественной оценке (длина, масса, время и т.д.).

Фильтр (лат. *filtrum* – войлок) – пористое тело для отделения твердой или жидкой вредной примеси из вдыхаемого воздуха.

Фильтровентиляционная установка (ФВУ) – установка, предназначенная для очистки атмосферного воздуха от РВ, ОВ, БС и подачи его в объекты коллективной защиты.

Фитотоксиканты (греч. *phyton* – растение, *toxicon* – яд) – токсичные химические соединения, предназначенные для поражения различных видов растительности.

Фон ионизирующего излучения – излучение, состоящее из ИИ космического пространства и ИИ естественно распределенных природных радиоактивных веществ.

Фосфорорганические отравляющие вещества (ФОВ) – наиболее токсичные отравляющие вещества нервно-паралитического действия, вызывающие нарушения нормального функционирования нервной системы человека.

Фотон – квант электромагнитного излучения, представляющий частицу с нулевой массой покоя и движущейся со скоростью, равной скорости света в вакууме.

Фотоэлектроны – электронное излучение, возникающее при фотоэлектрическом поглощении гамма-, рентгеновского излучений в веществе.

Фронт ударной волны – передняя граница ВУВ с максимальным избыточным давлением и толщиной, равной длине свободного пробега молекул в воздухе (около 10^{-5} см).

Функциональное поражение – состояние после действия ПФ, при котором объект воздействия, сохраняя свою физическую целостность, не может выполнять свои функции в соответствии с целевым предназначением.

Характеристика – описание характерных, отличительных качеств, свойств чего-либо или кого-либо.

Характеристическое излучение – фотонное излучение, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома.

Химическая безопасность – состояние защищенности жизни и здоровья населения (личного состава) от воздействия вредных химических веществ.

Химическая обстановка – обстановка, складывающаяся при применении противником ХО, авариях (разрушениях) на ХОО и обусловленная химическим заражением войск, ВВТ и ОПС.

Химически опасный объект (ХОО) – объект, на котором используют, хранят, производят или транспортируют АХОВ в больших количествах.

Химический боевой прибор (ХБП) – боевое средства многократного использования, допускающее перезарядку (выливные авиационные приборы и механические генераторы аэрозолей).

Химический боеприпас (ХБ) – боевое средство однократного использования, предназначенное для воздействия по объектам поражения и перевода БТХВ в боевое состояние.

Химический метод индикации ОВ, АХОВ – метод, основанный на использовании специальных химических реактивов, изменяющих цвет и интенсивность окраса при взаимодействии с ОВ, АХОВ.

Химическое заражение – наличие БТХВ, АХОВ на кожных покровах, обмундировании, СИЗ, ВВТ, на местности, в воздухе, открытых источниках воды в количествах, создающих опасность поражения незащищенного личного состава.

Химическое оружие (ХО) – один из видов ОМП, поражающее действие которого основано на использовании боевых токсичных химических веществ; включает БТХВ и средства их доставки к объектам поражения.

Цель – мысленное представление результата какой-либо деятельности; является ее непосредственным мотивом.

Цель РХБ защиты – обеспечение требуемой боеспособности войск с минимальными потерями в условиях воздействия РХБ поражающих факторов.

Центр взрыва – точка над поверхностью земли (воды), в которой происходит взрыв ЯБП.

Цепная реакция деления (ЦРД) – самоподдерживающаяся реакция деления, идущая без внешнего воздействия.

Человеческий фактор – одна из причин возникновения аварий или ЧС, связанная с нарушением технологической дисциплины, т.е. строгого и точного соблюдения личным составом порядка, правил и режимов выполнения работ, предусмотренных эксплуатационной документацией.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате опасного природного явления, техногенного происшествия, применения современных средств поражения, которые могут повлечь или повлекли за собой нарушение условий жизнедеятельности людей, значительный материальный ущерб и ущерб ОПС.

Эквивалентная доза – физическая величина, введенная для оценки радиационной опасности хронического облучения человека ИИ произвольного состава и определяемая как сумма произведений поглощенных доз отдельных видов ИИ и их коэффициентов качества.

Экранирование – защита человека, РЭА от внешних воздействий ионизирующего, светового и электромагнитного излучений при помощи различных экранов.

Электромагнитные ПФ – факторы, обусловленные возникновением импульсных электромагнитных полей радиодиапазона длин волн, или изменением условий распространения электромагнитных волн.

Электромагнитный импульс ЯВ (ЭМИ) – импульсное электромагнитное излучение радиочастотного диапазона, возникающее при всех видах ЯВ.

Энергия связи ядра – энергия, которую необходимо затратить, чтобы разделить данное ядро на составляющие его нуклоны.

Эпидемия (греч. *epi* – сверх, *demos* – народ) – массовое распространение инфекционного заболевания среди населения.

Эпицентр ЯВ – проекция центра взрыва на поверхность земли, для контактного ЯВ центр и эпицентр совпадают.

Эффективное сечение процесса взаимодействия – площадь поперечного сечения ядра или частицы, проходя через которую частица или фотон испытывает данное взаимодействие; характеризует вероятность этого взаимодействия.

Ядерная обстановка – условия и факторы, возникающие в зоне действия УВ, СИЯВ, ПрР и ЭМИ ядерного взрыва.

Ядерная энергетическая установка (ЯЭУ) – установка, предназначенная для преобразования ядерной энергии в электрическую (тепловую) на подвижных объектах (объекты ВМФ, КА, войсковые АЭС).

Ядерная энергия – внутренняя энергия атомного ядра, связанная с движением и взаимодействием образующих ядро нуклонов (протонов и нейтронов).

Ядерное зарядное устройство (ЯЗУ) – конструкционная часть ЯБП, в которой осуществляются взрывные ядерные реакции.

Ядерное оружие (ЯО) – оружие, поражающее действие которого обусловлено энергией, выделяющейся в процессе взрывных ядерных реакций деления, синтеза или их комбинации; вклю-

чает ядерные боеприпасы и средства их доставки к объектам поражения.

Ядерное топливо – радиоактивные нуклиды, которые используются для осуществления ЦРД в ядерном реакторе или для получения энергии радиоактивного распада в радиоизотопном генераторе.

Ядерные взрывчатые вещества (ЯВВ) – вещества, в которых возможно протекание взрывной ЦРД (U-235, U-238, Pu-239) или взрывной реакции синтеза (дейтерий – $_1H^2$, тритий – $_1H^3$, литий – $_3Li^6$).

Ядерные реакции – превращения атомных ядер, обусловленные их взаимодействием с элементарными частицами или друг с другом.

Ядерные силы – силы, удерживающие нуклоны (протоны и нейтроны) в ядре.

Ядерный боеприпас (ЯБП) – устройство для доставки ЯЗУ к объекту(ам) поражения и воздействия по нему(ним).

Ядерный взрыв (ЯВ) – взрыв, вызванный высвобождением в ЯЗУ ядерной энергии либо в процессе взрывной ЦРД, либо при термоядерной реакции синтеза.

Ядерный реактор (ЯР) – ядерно-техническое устройство, в котором происходит управляемая ЦРД.

ЯЗУ имплозивного типа – боеприпас, в котором взрывную ЦРД осуществляют путем обжатия подкритической массы ЯВВ взрывом обычного ВВ, что переводит ее в надкритическое состояние.

ЯЗУ пушечного типа – боеприпас, в котором взрывную ЦРД осуществляют путем мгновенного соединения двух подкритических масс ЯВВ в одно целое с надкритической массой («выстрелом в ствол пушки»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радиационная, химическая, биологическая защита: учебник: в 2 ч. / С.Б.Варющенко, С.В.Косырев, И.В.Свитнев и др.; под ред. С.Б.Варющенко, С.В.Косырева. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2002. – Ч.1: Боевые свойства современных и перспективных видов оружия. Радиационно и химически опасные объекты. – 278 с.

2. Радиационная, химическая, биологическая защита: учебник: в 2 ч. / С.Б.Варющенко, С.В.Косырев, И. В.Свитнев и др.; под ред. С.Б.Варющенко, С.В.Косырева. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2002. – Ч.2: Защита войск и объектов. – 192 с.

3. Физика ядерного взрыва: в 2 т. / МО РФ, ЦФТИ. – М.: Наука, Физматлит, 1997. – Т.1: Развитие взрыва. – 528 с.

4. Физика ядерного взрыва: в 2 т. / МО РФ, ЦФТИ. – М.: Наука, Физматлит, 1997. – Т.2: Действие взрыва. – 256 с.

5. Действие ядерного оружия: пер. с англ. / под ред. Е.М.Соминского. – М.: Воениздат, 1963. – 683 с.

6. *Гольданский В.И.*, *Лейкин Е.Л.* Превращения атомных ядер. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 426 с.

7. *Варющенко С.Б.* Ядерное, химическое, биологическое оружие; радиационная, химическая, биологическая защита войск: курс лекций. – СПб.: ВИКА им. А.Ф. Можайского, 1998. – 165 с.

8. Ионизирующие излучения ядерного взрыва: учеб. пособие / С.Б.Варющенко, Н.Ф.Трушков. – Л.: МО СССР, 1981. – 112 с.

9. *Кухтевич В.И.*, *Горячев И.В.*, *Трыков Л.А.* Защита от проникающей радиации ядерного взрыва / под ред. В.И.Кухтевича. – М.: Атомиздат, 1970. – 174 с.

10. *Кухтевич В.И.*, *Горячев И.В.*, *Трыков Л.А.* Расчет и испытание защиты от радиации ядерного взрыва / под ред. В.И.Кухтевича. – М.: Атомиздат, 1976. – 212 с.

11. *Риккетс Л.У.*, *Бриджес Дж.*, *Майлета Дж.* Электромагнитный импульс и методы защиты: пер. с англ. / под ред. Н.А.Ухина. – М.: Атомиздат, 1979. – 328 с.

12. Ядерный взрыв в космосе, на земле и под землей: сб. статей: пер. с англ. / под ред. С.В.Давыдова. – М.: Воениздат, 1974. – 235 с.

13. Космическое оружие: дилемма безопасности: монография / А.Г.Арбатов, А.А.Васильев, Е.П.Велихов и др.; под ред. Е.П.Велихова. – М.: Мир, 1986. – 182 с.

14. Основы живучести военно-космических сил: военно-теорет. труд / В.Л.Иванов, В.Т.Доможиров, А.П.Ширенко и др.; под ред. В.Л.Иванова. – МО СССР, 1991. – Ч.1: Проблемы, модели, информационное обеспечение. – 691 с.

15. Радиационные пояса Земли и космические лучи / С.Н.Вернов, В.П.Вакулов, А.В.Горчаков и др.; под ред. С.Н.Вернова. – М.: Просвещение, 1970. – 128 с.

16. Операция «Морская звезда»: сб. статей. – М.: Атомиздат, 1964. – 288 с.

17. *Александров В.Н.*, *Емельянов В.И.* Отравляющие вещества: учеб. пособие. – М.: Воениздат, 1990. – 271 с.

18. Защита войск от оружия массового поражения: справочник / А.Н.Калитаев, Г.А.Живетьев, Э.И.Желудков и др.; под ред. В.В.Мясникова. – М.: Воениздат, 1989. – 398 с.

19. Сильнодействующие ядовитые вещества и защита от них: учеб. пособие / В.А.Владимиров, А.А.Дружинин, В.Я.Онойко и др.; под ред. В.А.Владимирова. – М.: Воениздат, 1989. – 176 с.

20. *Мырова Л.О.*, *Чепиженко А.З.* Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. – М.: Радиосвязь, 1988. – 296 с.

21. Военная экология. Радиационные и химические аспекты: учеб. пособие / С.Б.Варющенко, Г.П.Баев, В.Г.Басенко и др.; под ред. С.Б.Варющенко. – ВИКА им. А.Ф. Можайского, 1995. – 135 с.

22. Авиационное высокоточное оружие: учеб. пособие / А.С.Картушин, Н.В.Милентьев, А.А.Хорев и др.; под ред. А.А.Хорева. – М.: РВСН, 1996. – 237 с.

23. Высокоточное оружие вооруженных сил иностранных государств: учеб. пособие / В.И.Федоренко, В.Ф.Волков, Н.М.Чичеватов и др.; под ред. В.И.Федоренко. – ВИКИ им. А.Ф. Можайского, 1989. – 83 с.

24. *Варющенко С.Б.*, *Трушков Н.Ф.* Радиационная стойкость и защита радиоэлектронной аппаратуры: учеб. пособие. – Л.: МО СССР, 1991. – 156 с.

25. Активная защита космических кораблей: монография / К.А.Труханов, Т.Я.Рябова, Д.Х.Морозов. – М.: Атомиздат, 1970. – 231 с.

26. Военный парад: журнал / под. ред. О.Кустова. – 1998. – № 2. – 127 с.

27. *Зимон А.Д.*, *Пикалов В.К.* Дезактивация. – М.: ИЗДАТ, 1994. – 336 с.

28. *Эйдус Л.Х.* Физико-химические основы радиобиологических процессов и защиты от излучений: монография. – М.: Атомиздат, 1972. – 239 с.

29. Справочник по защите населения от сильнодействующих ядовитых веществ / МЧС РФ. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995. – 235 с.

30. *Петрянов-Соколов Ф.Н.* Аэрозоли. – М.: Мир, 1989. – 136 с.

31. Основы обеспечения ядерной, радиационной и химической безопасности: учеб. пособие / С.Б.Варющенко, С.В.Косырев, И.В.Свитнев и др. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2006. – 174 с.

32. Радиационная, химическая, биологическая защита и медицинское обеспечение как виды боевого и тылового обеспечения соединений (частей) Космических войск: учеб. пособие / С.Б.Варющенко, С.В.Косырев, А.А.Кодяков и др. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2007. – 134 с.

33. Управление техническим обеспечением радиационной, химической, биологической защиты: учеб. пособие / С.Б.Варющенко, П.Р.Гильванов, С.В.Косырев и др. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2006. – 57 с.