

И.В. Ролевич
Е.В. Зеленухо

Г.И. Морзак
И.И. Ролевич

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПОСЛЕ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ

Курс лекций



СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Часть 1. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	11
Введение	12
Глава 1. ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.	
КЛАССИФИКАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	14
1.1. Правовое регулирование защиты населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций	14
1.2. Негативные факторы среды обитания	25
1.2.1. Вредные факторы	25
1.2.2. Опасные факторы	26
1.3. Опасности и последствия проявления негативных факторов среды обитания	27
1.3.1. Виды опасностей	28
1.3.2. Признаки опасности	30
1.3.3. Идентификация опасностей	31
1.3.4. Анализ опасности	31
1.4. Очаг поражения	32
1.5. Опасные и вредные факторы в Беларуси	33
1.6. Возможные источники чрезвычайных ситуаций в Беларуси	39
1.6.1. Основные понятия источников чрезвычайных ситуаций	39
1.6.2. Источники чрезвычайных ситуаций	41
1.6.3. Поражающие факторы источников чрезвычайных ситуаций	42
1.6.4. Риск возникновения чрезвычайных ситуаций	44

1.7. Возможные чрезвычайные ситуации в Беларуси	45
1.7.1. Термины и определения чрезвычайных ситуаций	45
1.7.2. Условия и причины возникновения чрезвычайных ситуаций	47
1.7.3. Аварии и катастрофы	48
1.8. Стадии (фазы) развития чрезвычайной ситуации	50
1.9. Классификация чрезвычайных ситуаций	51

Глава 2. ТЕХНОГЕННЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ 58

2.1. Общая характеристика техногенных чрезвычайных ситуаций	58
2.2. Поражающие факторы источников техногенной чрезвычайной ситуации	60
2.2.1. Воздушная ударная волна	62
2.2.2. Избыточное давление во фронте ударной волны	63
2.2.3. Световое излучение	66
2.3. Классификация техногенных чрезвычайных ситуаций	66
2.4. Транспортные аварии и катастрофы	68
2.5. Чрезвычайные ситуации, вызываемые пожарами и взрывами	73
2.5.1. Пожары	74
2.5.2. Взрывы	83
2.6. Аварии с выбросом (угрозой выброса) опасных химических веществ	85
2.6.1. Химически опасные объекты	86
2.6.2. Аварийно химически опасные вещества	87
2.6.3. Химические аварии	89
2.6.4. Зоны химического загрязнения и очаги химического поражения	89
2.6.5. Классификация аварийно химически опасных веществ (АХОВ)	91
2.7. Аварии на АЭС, атомных энергетических установках производственного и исследовательского назначения	95
2.7.1. Радиационно (ядерно) опасные объекты	96
2.7.2. Классификация аварий и фаз развития аварий	98
2.7.3. Основные поражающие факторы аварий на радиационно (ядерно) опасных объектах	101
2.7.4. Примеры аварий на ядерных объектах	104

2.7.5. Отличия загрязнения после аварии на АЭС от загрязнения при ядерном взрыве	109
2.8. Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ	111
2.9. Внезапное обрушение зданий	112
2.10. Аварии на энергетических системах	112
2.11. Аварии в коммунальных системах жизнеобеспечения	113
2.12. Аварии на очистных сооружениях	115
2.13. Гидродинамические аварии	116

Часть 2. КАТАСТРОФА НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС – КРУПНЕЙШАЯ ТЕХНОГЕННАЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНАЯ СИТУАЦИЯ.

ПОСЛЕДСТВИЯ КАТАСТРОФЫ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	119
Введение	120

Глава 3. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ АЭС	122
3.1. Конструктивные особенности реактора РБМК	122
3.2. Ядерные цепные реакции в реакторе	126
3.3. Стержни системы управления защитой	129
3.4. Управление реактором	130

Глава 4. КАТАСТРОФА НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС И ОСОБЕННОСТИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	132
4.1. Факторы опасности ядерных реакторов	132
4.2. Причины катастрофы на Чернобыльской АЭС	132
4.3. Развитие аварийной ситуации на Чернобыльской АЭС ...	135
4.4. Стадии аварии на ЧАЭС	137
4.4.1. Ранняя фаза развития аварии на ЧАЭС	138
4.4.2. Загрязнение территории Беларуси изотопами йода	143
4.4.3. Средняя фаза аварии	149
4.4.4. Поздняя фаза аварии	151
4.5. Особенности миграции радионуклидов	164
4.6. Прогнозирование радиоактивного загрязнения территории Республики Беларусь	169

Глава 5. ПОСЛЕДСТВИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПОСЛЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧАЭС ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	172
5.1. Социально-экономические потери Республики Беларусь	172
5.1.1. Экономические потери Республики Беларусь	173
5.1.2. Социальные потери Республики Беларусь	183
5.2. Последствия для здоровья населения	187
5.2.1. Данные дозиметрического обследования населения	187
5.2.2. Медицинские последствия	190
5.2.3. Уровень заболеваемости у лиц, проживавших и проживающих в зонах первоочередного и последующего отселения	195
5.2.4. Социально-психологические последствия	197
5.2.5. Противоречивость оценки влияния чернобыльской аварии на здоровье людей	199
5.2.6. Медико-демографическая ситуация	200
5.3. Биологические и экологические аспекты последствий загрязнения территории для животного и растительного мира	203
5.3.1. Загрязнение наземных экосистем	204
5.3.2. Загрязнение водных экосистем	211

Часть 3. ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА РАДИАЦИИ И ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ 217

Введение	218
----------------	-----

Глава 6. РАДИОАКТИВНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ АТОМНЫХ ЯДЕР	220
6.1. Общие сведения об атоме и атомном ядре	220
6.2. Характеристика ядра	227
6.2.1. Заряд ядра	228
6.2.2. Размеры и масса ядер	229
6.2.3. Ядерная сила. Удельная сила связи ядра	231
6.2.4. Ядерная реакция	233
6.3. Ядерные модели	234
6.4. Элементарные частицы ядра	235
6.4.1. Классификация элементарных частиц	236
6.4.2. Свойства элементарных частиц	242
6.5. Античастицы	243

6.6. Взаимодействия элементарных частиц	244
6.7. Явление радиоактивности	245
6.7.1. Открытие радиоактивности	246
6.7.2. Виды радиоактивного распада	246
6.8. Законы радиоактивного распада	255
6.9. Активность радионуклидов	257
6.10. Единицы радиоактивности	260

Глава 7. ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ.

ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ	266
7.1. Виды и характеристика ионизирующих излучений	266
7.2. Излучения заряженных частиц	269
7.3. Излучения незаряженных частиц	271
7.3.1. Нейтронное излучение	272
7.3.2. Нейтринное излучение	273
7.3.3. Фотонное излучение	274
7.4. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	278
7.4.1. Передача энергии радиации веществу	279
7.4.2. Взаимодействие с веществом заряженных частиц	281
7.4.3. Взаимодействие с веществом незаряженных частиц	287
7.4.4. Ионизирующая способность излучений	292
7.4.5. Проникающая способность излучений	293
7.5. Физические основы защиты от радиационного излучения	295
7.5.1. γ -Излучение	296
7.5.2. Нейтроны	300
7.5.3. α -Излучение	301
7.5.4. β -Излучение	301
7.6. Влияние излучений на физические свойства материалов	301
7.7. Способы обнаружения и измерения радиоактивного излучения	303
7.8. Классификация приборов для измерения радиоактивности	308
7.8.1. Дозиметры	308
7.8.2. Стационарные приборы для обнаружения радиации	313
7.9. Дозиметрические величины приборов для измерения радиоактивности	314
7.9.1. Эквивалентная доза	315
7.9.2. Экспозиционная доза излучения (X)	318

Глава 8. ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ..	322
8.1. Общие положения	322
8.2. Земная радиация	323
8.2.1. Радионуклиды земного происхождения	325
8.2.2. Радиоактивность строительных материалов	333
8.2.3. Радиоактивность воды	338
8.2.4. Энергоносители, используемые в качестве природного топлива	341
8.3. Космическое излучение и его воздействие на человека и биологический мир	342
8.3.1. Первичное космическое излучение	343
8.3.2. Вторичные космические лучи	349
8.4. Антропогенные источники ионизирующего излучения	352
8.4.1. Глобальные выпадения продуктов ядерных взрывов	352
8.4.2. Предприятия топливно-энергетического комплекса	361
8.4.3. Производственное оборудование	363
8.4.4. Транспортировка радиоактивных материалов	364
8.4.5. Медицинские установки	365
8.4.6. Радиоактивные материалы (оборудование), используемые в повседневной деятельности	367
8.5. Радиоактивный фон и создаваемые им дозы облучения человека	368

Часть 4. ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ	373
Введение	374

Глава 9. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ	376
9.1. Факторы, влияющие на радиационные поражения	376
9.1.1. Физические факторы	376
9.1.2. Химические факторы, влияющие на радиационное поражение организма	389
9.1.3. Биологические факторы, влияющие на радиационное поражение организма	390
9.1.4. Факторы, изменяющие радиочувствительность организма	391
9.2. Воздействие ионизирующей радиации на различные ступени организации живой материи	394
9.2.1. Первичные механизмы действия ионизирующих излучений	396

9.2.2. Вторичные механизмы действия ионизирующих излучений	404
9.3. Классификация радиобиологических эффектов	413
9.4. Детерминированные эффекты	414
9.4.1. Зависимость детерминированных эффектов от дозы облучения	416
9.4.2. Ближайшие последствия	416
9.4.3. Отдаленные соматические последствия облучения	424
9.5. Стохастические эффекты	425
9.5.1. Величина малой дозы облучения	425
9.5.2. Биологические эффекты малых доз облучения	426
9.6. Тератогенное действие радиации	438
9.7. Радиоустойчивость животных, микроорганизмов и растений	440
9.7.1. Радиоустойчивость животных и микроорганизмов	440
9.7.2. Радиоустойчивость растений	443

Глава 10. ПРИНЦИПЫ, КРИТЕРИИ И НОРМЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	446
10.1. Международные правовые акты по радиационной безопасности	448
10.1.1. Международная организация труда	448
10.1.2. Международная комиссия по радиационной защите	449
10.1.3. Научный Комитет по действию атомной радиации при Организации Объединенных Наций (UNSCEAR, НКДАР ООН)	456
10.1.4. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ ООН)	457
10.1.5. Европейский комитет по радиационному риску (European Committee on Radiation Risk – ECRР, ЕКРР)	458
10.1.6. Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ)	458
10.2. Основные нормативные правовые акты Республики Беларусь, регламентирующие радиационную безопасность	459
10.3. Принципы и критерии радиационной безопасности в нормативных правовых актах Республики Беларусь	460
10.3.1. Принцип обоснования	460
10.3.2. Принцип оптимизации	462
10.3.3. Принцип нормирования	463
10.4. Дозовые нагрузки	464
10.5. Радиационные риски	468
10.5.1. Классификация рисков	468

10.5.2. Параметры ущерба	469
10.5.3. Индивидуальный риск	470
10.5.4. Групповой или коллективный риск	470
10.5.5. Количественная оценка радиационного риска	472
10.5.6. Моделирование радиационного риска	472
10.5.7. Коэффициенты риска	474
10.5.8. Уровни риска	475
10.5.9. Проблемы оценки риска малых доз облучения	479
10.6. Нормы радиационной безопасности НРБ-2000, регламентирующие риски	480
10.6.1. Основные пределы доз (ПД)	481
10.6.2. Допустимые уровни монофакторного воздействия	484
10.6.3. Контрольные уровни	488
10.6.4. Ограничение производственного облучения природными источниками излучения	494
10.6.5. Ограничение техногенного облучения в нормальных условиях	498
10.6.6. Ограничение медицинского облучения	502
10.6.7. Квоты предела годовой дозы	503
10.7. Безопасность при авариях в промышленности	504
10.7.1. Оценка радиационной обстановки после антропогенного радиоактивного загрязнения	504
10.7.2. Оценка устойчивости работы предприятия в усло- виях радиоактивного загрязнения	509
10.7.3. Ограничение доз облучения в случае радиационной аварии	510
10.8. Нормирование радиоактивного загрязнения окружающей среды	510

Часть 5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЕ

Введение

Глава 11. МЕРОПРИЯТИЯ ПО РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

11.1. Информационное обеспечение населения	515
11.2. Организационные мероприятия по радиационной безопасности	516
11.3. Принятие решения о проведении мер радиационной безопасности	519
11.4. Ограничение контакта с излучателями	524
11.4.1. Основные принципы и меры ограничения контакта	524

11.4.2. Ограничение облучения техногенными источниками	528
11.4.3. Ограничение медицинского облучения	531
11.4.4. Ограничение облучения населения от природных источников	531
11.5. Мероприятия по выживанию населения на радиоактивно загрязненной территории	532
11.5.1. Оповещение населения о радиационной аварии	533
11.5.2. Радиационная безопасность защитных сооружений	534
11.5.3. Рассредоточение, эвакуация, отселение	537
11.5.4. Зонированием загрязненных территорий после аварии на АЭС	538
11.6. Предупреждение облучения отдельных органов, тканей и всего тела человека	539
11.6.1. Индивидуальные средства защиты	540
11.6.2. Режимы радиационной безопасности населения	544
11.6.3. Химический метод защиты	545
11.6.4. Защита от облучения щитовидной железы йодом-131	547
11.6.5. Первая медицинская помощь	548
11.7. Технические меры по снижению содержания радиоактивных веществ в сырье и готовой продукции	552
11.7.1. Нормативы на продукты питания и воду	552
11.7.2. Нормативы на сельскохозяйственное сырье и корма	554
11.8. Сбор и изоляция радиоактивных материалов	556
11.9. Контроль и идентификация радиационной обстановки	557
11.9.1. Общие положения	557
11.9.2. Радиационный контроль над природными источниками радиации	558
11.9.3. Постоянный мониторинг радиационно-гигиенической и радиэкологической обстановки	559
11.9.4. Принципы радиационной защиты окружающей среды	560
11.10. Меры радиационной безопасности в восстановительный период аварии	561
11.10.1. Питание на радиоактивно загрязненной территории	562
11.10.2. Мероприятия, ограничивающие всасывание радионуклидов	564
11.10.3. Круглогодичное насыщение организма витаминами и микроэлементами	565
11.10.4. Употребление пищевых добавок	567
11.10.5. Психологическая защита населения	568

Глава 12. ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ	570
12.1. Дезактивация территорий, объектов, техники, продуктов питания	570
12.1.1. Общие положения	570
12.1.2. Характер загрязнения	572
12.1.3. Основные этапы и виды дезактивационных работ	572
12.1.4. Технические средства дезактивации	576
12.1.5. Способы дезактивации	578
12.1.6. Объекты дезактивации	583
12.1.7. Дезактивирующие вещества и растворы	597
12.1.8. Оценка качества дезактивации	599
12.1.9. Меры безопасности при проведении дезактивации	601
12.2. Организация агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения территории	602
11.2.1. Подбор культур и сортов	603
12.2.2. Обработка почвы	603
12.2.3. Защита растений	605
12.2.4. Ведение животноводства	606
12.2.5. Прогнозирование загрязнения сельскохозяйственной продукции	608
12.2.6. Эффективность защитных мер	609
12.3. Реабилитация сельскохозяйственных угодий	611
12.4. Мероприятия по социальной защите населения	615