

**И.П. Левчук, С.Л. Соков,
А.В. Курочка, А.П. Назаров**

ОКАЗАНИЕ ПЕРВИЧНОЙ ДОВРАЧЕБНОЙ МЕДИКО-САНИТАРНОЙ ПОМОЩИ ПРИ НЕОТЛОЖНЫХ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЯХ

УЧЕБНИК ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ КОЛЛЕДЖЕЙ И УЧИЛИЩ

Министерство образования и науки РФ

Рекомендуется ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия
последипломного образования» Минздрава России в качестве
учебника для учащихся медицинских колледжей и училищ

Регистрационный номер рецензии 096 от 7 апреля 2015 года
ФГАУ «Федеральный институт развития образования»



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2018

РАДИАЦИОННЫЕ ПОРАЖЕНИЯ

- 8.1. Введение.
- 8.2. Основные положения радиобиологии.
- 8.3. Острая лучевая болезнь.
- 8.4. Медико-тактическая характеристика радиационных катастроф мирного и военного времени.
- 8.5. Профилактика радиационных поражений и оказание неотложной доврачебной помощи пострадавшим.

8.1. ВВЕДЕНИЕ

По мере все большего усложнения человеческой деятельности значительно расширяется перечень источников радиационной опасности. Потенциально угрожают жизни и здоровью людей объекты атомной энергетики, медицинские, промышленные, научные и другие источники ионизирующих излучений. Несмотря на международные соглашения, сохраняется возможность применения в современных войнах ядерного оружия, возрастает и потенциальная угроза ядерного терроризма.

8.2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАДИОБИОЛОГИИ

Ионизирующие излучения (ИИ) — это излучения, которые при взаимодействии с веществом вызывают ионизацию и возбуждение его атомов и молекул.

По физической природе все ионизирующие *излучения* разделяют на *электромагнитные* (рентгеновское, γ -излучение) и *корпускулярные* (α -излучение — поток ядер атома гелия; β -излучение — поток электронов; n -излучение — поток нейтронов и др.). Как правило, проникающая способность ИИ обратно пропорциональна линейной плотности ионизации среды, в которой ИИ распространяется. Проникающая способность уменьшается в ряду: γ - или рентгеновское излучение > n -излучение >> β -излучение >>> α -излучение. Источник α -излучения представляет опасность лишь при попадании внутрь организма, остальные опасны и как источники внешнего облучения.

Ионизирующая способность излучения характеризуется *экспозиционной дозой* (X): в сухом атмосферном воздухе под влиянием ИИ образуются ионы, которые несут электрический заряд (кулон). В системе СИ единица экспозиционной дозы — Кл/кг. Часто применяется внесистемная единица — рентген (Р). $1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}$ или $1 \text{ Р} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

И при внутреннем, и при внешнем облучении его последствия будут зависеть от количества энергии, переданной ИИ облученному организму, т.е. от **поглощенной дозы излучения** (D). Единица измерения поглощенной дозы в системе СИ — джоуль на килограмм (Дж/кг) или грей (Гр)¹; внесистемная единица — рад (от англ. *radiation absorbed dose*); соотношение между величинами $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$.

При облучении разными видами ИИ биологические последствия могут различаться, даже при одинаковой величине поглощенной дозы. Это связано с различной плотностью ионизации, т.е. разной линейной передачей энергии (ЛПЭ) у разных видов ИИ (α -излучение > n -излучение > β -излучение \geq γ -излучение). Для сравнительной оценки биологического действия различных видов ИИ введено понятие **эквивалентной дозы** (H ; $H = D \times Q$, где Q — средний коэффициент качества излучения, который устанавливается для каждого вида ИИ в зависимости от ЛПЭ данного излучения). В системе СИ единица эквивалентной дозы — зиверт² (Зв), внесистемная единица — бэр (биологический эквивалент рада); $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$.

Одни органы и ткани более чувствительны к действию радиации, чем другие. При одинаковой эквивалентной дозе облучения вероятность рака легких выше, чем рака щитовидной железы. Из-за риска генетических последствий особенно опасно облучение половых клеток. Поэтому дозы облучения органов и тканей также учитывают с различными коэффициентами. **Эффективная доза** (E ; единицы изме-

¹ Л.Г. Грей (1905–1965) — английский физик, один из родоначальников радиобиологии.

² Р.М. Зиверт (1896–1966) — шведский физик, радиобиолог.

рения те же, что и у эквивалентной дозы) — это мера риска возникновения отдаленных последствий облучения человека или отдельных органов и тканей с учетом их радиочувствительности.

Количество РВ измеряется в единицах радиоактивности. **Радиоактивность** — способность к испусканию ИИ. Единицы измерений: в системе СИ — распад в секунду или беккерель (Бк), внесистемная единица — кюри (Ки).

Действие ионизирующего излучения на организм связано с его проникающей способностью. Часть энергии излучения, поглощенная тканями, клетками, субклеточными структурами, приводит к возбуждению и ионизации атомов, образованию свободных радикалов. Атомы свободных радикалов имеют неспаренные электроны, поэтому они химически чрезвычайно активны. Окисленные формы свободных радикалов и другие активные формы кислорода обладают даже более высокой реакционной способностью, чем первичные радикалы (так называемый кислородный эффект). Они способны вызывать разнообразные повреждения биологических молекул, в том числе фосфолипидов клеточных мембран.

Кроме такого непрямого действия радиации, биомолекулы повреждаются в результате прямого действия поглощенной ими энергии излучения. Таким образом повреждается, например, ДНК хроматина. Описанные первичные события происходят стремительно, развиваются в течение чрезвычайно короткого времени (от 10^{-16} до 10^{-3} с). Радиобиологические эффекты проявляются в сроки от нескольких секунд до многих лет (биологическая стадия может длиться десятилетиями, часто в течение всей жизни облученного, а иногда проявляется и у его потомков) и прослеживается на всех уровнях организации — от субклеточного до организменного.

Большинство облученных клеток погибает во время деления, поэтому радиочувствительные ткани отличаются большой пролиферативной активностью. К высокорadiочувствительным тканям и системам организма относят: лимфоидную ткань, костный мозг, эпителий желудочно-кишечного тракта, гонады. Также особо чувствителен эмбрион.

Радиобиологические эффекты разделяют:

- по возможности передачи по наследству (соматические и генетические);
- по локализации;
- по срокам появления (ближайшие и отдаленные);
- по характеру связи с дозой облучения:
 - дозозависимые, или детерминированные, неслучайные — (нестохастические), — эффекты, возникающие лишь при превышении определенного дозового порога. После этого тяжесть эффекта определяется величиной дозы облучения. Примеры: острая лучевая реакция, острая лучевая болезнь,

лучевые дерматиты, хроническая лучевая болезнь, лучевая катаракта, тератогенные эффекты;

- дозозависимые, или случайные (стохастические эффекты), — не имеют дозового порога, от дозы облучения зависит лишь вероятность возникновения поражения, но не степень его тяжести. Примеры: злокачественные новообразования, в том числе лейкозы, генетические эффекты.

8.3. ОСТРАЯ ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ

Наиболее частое проявление радиационного поражения от внешнего облучения при радиационных авариях — острая лучевая болезнь (ОЛБ). Это заболевание, возникающее вследствие кратковременного (до 3 сут) общего относительно равномерного γ - или γ -нейтронного облучения в дозах 1 Гр и выше.

У лиц, облученных в дозах 0,5–0,8 Гр, развивается **острая лучевая реакция** (слабость, тошнота, преходящие проявления нейроциркуляторной дистонии).

В основе патогенеза ОЛБ лежит несовместимое с нормальной жизнедеятельностью организма поражение критических органов и систем — костного мозга, эпителия тонкой кишки, ЦНС. К основным радиационным синдромам относят костномозговой, кишечный, токсемический и церебральный.

Клинические формы острой лучевой болезни представлены в табл. 8.1

Таблица 8.1. Клинические формы и степени тяжести острой лучевой болезни, вызванной общим внешним относительно равномерным облучением

Доза, Гр	Степень тяжести	Клиническая форма	Прогноз	Смертность, %	Сроки гибели, сут
1–2	I (легкая)	Костно-мозговая	Абсолютно благоприятный	0	—
2–4	II (средняя)		Относительно благоприятный	5	40–60
4–6	III (тяжелая)		Сомнительный	50	30–40
6–10			Неблагоприятный	95	10–20
10–20	IV (крайне тяжелая)	Кишечная	Абсолютно неблагоприятный	100	8–16
20–50		Токсемическая (сосудистая)		100	4–7
Более 50		Церебральная		100	1–3

При костномозговой форме патологический процесс определяется поражением кроветворной ткани, развивающимися инфекционными осложнениями, повышенной кровоточивостью, анемией.

В динамике ОЛБ выделяют **4 периода**:

- начальный (или период общей первичной реакции на облучение — ПРО);
- скрытый (или период мнимого благополучия);
- период разгара;
- период восстановления.

Первичная реакция на облучение (ПРО) — наиболее тяжелое раннее проявление ОЛБ, требующее неотложной терапии. В зависимости от степени поражения, ПРО развивается сразу после или спустя некоторое время после облучения. Продолжительность ПРО — от нескольких часов до 2–3 сут (табл. 8.2).

Вся симптоматика ПРО может быть представлена в виде трех основных групп:

- диспепсические расстройства — тошнота, рвота, боли в животе, диарея;
- общеклинические проявления — слабость, головная боль, головокружение, гиподинамия, повышение температуры тела;
- местные поражения — гиперемия кожи и слизистых оболочек.

Таблица 8.2. Проявления первичной реакции при облучении в различных дозах

Показатель	Степень тяжести ОЛБ (доза, Гр)			
	I (1–2 Гр)	II (2–4 Гр)	III (4–6 Гр)	IV (более 6 Гр)
Рвота (начало и интенсивность)	Через 2 ч и более, однократная	Через 1–2 ч, повторная	Через 0,5–1 ч, многократная	Через 5–20 мин, неукротимая
Диарея	Как правило, нет	Как правило, нет	Как правило, нет	Может быть
Состояние организма	Кратковременная головная боль, сознание ясное	Головная боль, сознание ясное	Головная боль, сознание ясное	Сильная головная боль, сознание может быть спутанным
Температура тела	Нормальная	Субфебрильная	Субфебрильная	38–39 °С
Состояние кожи и видимых слизистых оболочек	Нормальное	Слабая переходящая гиперемия	Умеренная переходящая гиперемия	Выраженная гиперемия

Показатель	Степень тяжести ОЛБ (доза, Гр)			
	I (1–2 Гр)	II (2–4 Гр)	III (4–6 Гр)	IV (более 6 Гр)
Продолжительность первичной реакции	Отсутствует или длится несколько часов	До 1 сут	До 2 сут	Более 2–3 сут
Двигательная активность	Нормальная	Закономерных изменений не отмечается		Адинамия

Клинические проявления первичной реакции зависят от дозы облучения: чем выше поглощенная доза, тем раньше она начинается и тем длительнее продолжается.

Наибольшее влияние на работоспособность облученных оказывают тошнота и рвота (эметический синдром: от лат. *emesis* — рвота). В механизме постлучевой рвоты большое значение придается угнетению моторно-эвакуаторной функции желудка (гастростазу) и патологической импульсации рвотного центра, основная причина которых — увеличение содержания в плазме крови серотонина, дофамина, гистамина и других биологически активных веществ.

Скрытый период характеризуется нормализацией состояния пораженных. Находившиеся в тканях и циркулировавшие в кровотоке токсичные продукты разрушаются или выводятся, а изменения в костном мозге пока не проявились. Чем выше доза облучения, тем меньше продолжительность скрытого периода. При легкой ОЛБ он может длиться 30 сут и более, при средней степени ОЛБ — 15–30, при тяжелой — 5–20 сут. При крайне тяжелой ОЛБ скрытый период может отсутствовать, и начальный период переходит непосредственно в период разгара.

Период разгара характеризуется резким угнетением кроветворения и проявляется двумя ведущими синдромами: инфекционным и геморрагическим. Большое значение для развития *инфекционного синдрома* имеет пострадиационное угнетение иммунитета (гибель лимфоцитов, нарушение функции макрофагов и, главное, развитие гранулоцитопении). Источник инфекционного осложнения — эндогенная (собственная кишечная и другая микрофлора) и экзогенная инфекция.

Главная причина *геморрагического синдрома* — снижение количества тромбоцитов (тромбоцитопения). У пациента возникают носовые кровотечения; при тяжелых формах — внутренние кровотечения (кишечные, желудочные, маточные), которые могут стать непосредственной причиной гибели.

Существенное значение для облученного организма имеют и другие проявления: *синдром эндогенной токсемии* (лучевой эндотокси-

коз), астения, вегетососудистая дистония, кахексия, аутоиммунные поражения, лучевая алопеция (выпадение волос), энцефалопатия и др. Анемия в большей степени обусловлена геморрагическим синдромом, нежели подавлением красного ростка кроветворения.

Непосредственные причины смерти при ОЛБ — тяжелые инфекционные процессы и кровоизлияния в жизненно важные органы.

В период восстановления происходит полная или частичная нормализация функций критических систем организма. Средняя длительность этого периода — от 3 до 6 мес. В течение длительного времени (иногда всю жизнь) сохраняются *остаточные явления* (следствие неполного восстановления — лейкопения, анемия, стерильность и др.) и *отдаленные последствия* (новые патологические процессы с длительным скрытым периодом — катаракты, склеротические процессы, дистрофические процессы, новообразования, сокращение продолжительности жизни, генетические последствия).

Выраженность отдельных проявлений ОЛБ, динамика их формирования зависят от степени тяжести заболевания (см. приложение 5).

Дозы облучения 8–10 Гр и выше приводят к летальному исходу, несмотря на проводимую терапию. К таким смертельным проявлениям относятся:

- кишечная форма ОЛБ (10–20 Гр; в начальном периоде тошнота, многократная рвота, анорексия, сильные боли в животе, мучительные тенезмы, профузная диарея, прогрессирующая общая слабость, снижение АД);
- токсемическая форма ОЛБ (20–50 Гр; тяжелые гемодинамические расстройства — парез и повышение проницаемости сосудов, тяжелая общая интоксикация);
- церебральная форма ОЛБ (более 50 Гр; развитие синдрома ранней преходящей недееспособности: сразу после облучения обильная рвота, диарея, прострация, временная (на 20–40 мин) потеря сознания. В дальнейшем — прогрессирующий отек головного мозга, психомоторное возбуждение, дезориентация, гиперкинезы, судороги, расстройства дыхания, сосудистого тонуса, кома, летальный исход в ближайшие 2 сут.).

8.4. МЕДИКО-ТАКТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАДИАЦИОННЫХ КАТАСТРОФ МИРНОГО И ВОЕННОГО ВРЕМЕНИ

Несмотря на большие средства и усилия, направляемые на обеспечение безопасной работы атомных электростанций (АЭС), пол-

ностью исключить аварийные ситуации невозможно. Риск аварии оценивается как 10^{-6} – 10^{-7} на один реактор в год.

Радиационная авария — потеря контроля над источником, определяется как непредвиденный случай, вызванный неисправностью оборудования или нарушением нормального хода технологического процесса, который создает повышенную опасность облучения людей ионизирующим излучением и радиоактивного загрязнения окружающей среды выше значений, установленных санитарными нормативами.

При нормальной работе атомного реактора в нем постоянно накапливаются радиоактивные продукты ядерного деления (радиоактивные отходы) в виде газообразных или твердых РВ. Источником жидких отходов служит вода, применяемая для охлаждения активной зоны реактора. При радиационной аварии основная опасность связана с выбросом в окружающую среду этих радиоактивных продуктов деления и (в меньшей степени) ядерного топлива из активной зоны реактора. Складывается многофакторная обстановка.

Поражения людей (персонала АЭС, личного состава спасательных формирований, населения близлежащих территорий) обусловлены:

- внешним γ -, β -облучением радиоактивным облаком аварийного выброса;
- выпавшими на местность радиоактивными продуктами;
- внутренним облучением за счет вдыхания радиоактивных газов и аэрозолей и за счет потребления продуктов питания и воды, загрязненных радионуклидами. Это может привести к развитию ОЛБ различной степени тяжести.
- Кроме того, происходит контактное β - и γ -облучение за счет загрязнения РВ кожи и слизистых оболочек с формированием лучевых дерматитов (лучевых ожогов кожи и слизистых оболочек).

Для оценки *масштаба радиационной аварии* используют Международную шкалу ядерных событий (см. приложение 6).

В *динамике радиационной аварии* выделяют 3 фазы:

- раннюю (период от начала до прекращения выброса РВ в атмосферу и окончания формирования радиоактивного следа на местности; продолжительность — от нескольких часов до нескольких суток);
- промежуточную (период от завершения формирования радиоактивного следа до принятия мер защиты населения и проведения всего объема санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий; от нескольких дней до года после аварийной ситуации);

— позднюю (восстановительную) (может длиться многие годы после аварии — до полной отмены всех ограничений на жизнедеятельность населения и перехода к обычному режиму радиационного контроля).

Среди радионуклидов аварийного выброса наиболее опасными источниками внутреннего облучения считаются изотопы йода (особенно ^{131}I), цезия (^{137}Cs) и стронция (особенно ^{90}Sr). Уже через 6 ч после ингаляционного или перорального попадания ^{131}I в организм около 20% его фиксируется тканью щитовидной железы, через сутки в ней содержится до 30% изотопа. Следствием этого является формирование гипотериоза и опухолей щитовидной железы. Изотоп йода-131 используется так же, как маркер «свежего» радиоактивного загрязнения (период полураспада — 8 сут). Кроме того, по его выбросу оценивают масштаб радиационной аварии. Цезий-137, как и йод-131, является β - и γ -излучателем, период полураспада — 30 лет; при любом пути поступления легко проникает в организм и приводит к выраженной гипоплазии костного мозга.

Стронций-90 — β -излучатель с периодом полураспада 29 лет; фиксируется в костной ткани (эффективный период полувыведения из организма 15,6 лет), опасен как фактор отдаленных последствий внутреннего облучения.

По степени радиоактивного загрязнения местности после аварии на радиационно опасном объекте (РОО) выделяют зоны:

- чрезвычайно опасного загрязнения (зона Г), внешняя граница на карте обозначается черным цветом;
- опасного загрязнения (зона В), внешняя граница — коричневого цвета
- сильного загрязнения (зона Б), внешняя граница — зеленого цвета;
- умеренного загрязнения (зона А), внешняя граница — синего цвета;
- радиационной опасности (зона М), внешняя граница — красного цвета (см. рис. 8.1).

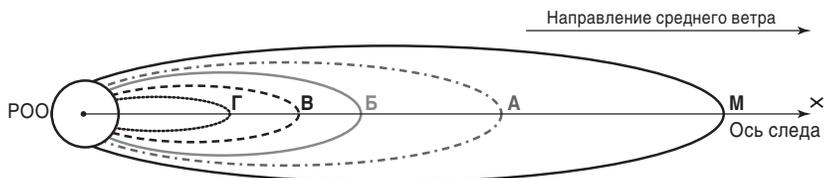


Рис. 8.1. Зоны радиоактивного заражения: Г — черная линия; В — коричневая линия; Б — зеленая линия; А — синяя линия; М — красная линия; РОО — радиационно опасный объект

Характеристика зон представлена в табл. 8.3.

Таблица 8.3. Зоны радиоактивного заражения местности при аварии на АЭС

Название зоны	Мощность дозы на границах зоны	Расчетная поглощенная доза за 1 год пребывания в зоне	Сроки формирования эквивалентной дозы	Примечание
Зона Г чрезвычайного загрязнения	Более 14 Р/ч	50–90 Гр	За 1 ч пребывания — 500 мЗв; за 1 сут — более 3 Зв	Преодоление зоны в бронетехнике возможно через несколько суток после ее формирования
Зона В опасного загрязнения	4,2–14 Р/ч	15–50 Гр	За 5 ч пребывания на открытой местности — 500 мЗв; за 1 сут — 1 Зв	—
Зона Б сильного загрязнения	1,4–4,2 Р/ч	5–15 Гр	За 12 ч пребывания на открытой местности — 500 мЗв; за 1,5 нед — 1,5 Зв; за 1 мес — более 2,5 Зв	Преодоление зоны возможно только в бронетехнике
Зона А умеренного загрязнения	140–1400 мР/ч	0,5–5 Гр	За 1 сут облучения может составить до 300 мЗв; за 1 мес — в среднем 500 мЗв	Возможно кратковременное проведение аварийных работ в средствах защиты
Зона М радиационной опасности	14–140 мР/ч	0,05–0,5 Гр	При пребывании в течение 1 года — от 50 до 500 мЗв	Возможны аварийные работы персонала с респираторами, йодной профилактикой, дозиметрическим контролем и специальной обработкой

Примечание. Предельно допустимая доза облучения при ликвидации последствий радиационной аварии составляет 25 бэр. При этом за 1 сут аварийно-восстановительных работ у профессионалов допускается облучение не более 10 бэр, у других ликвидаторов — не более 1 бэр.

Ядерное оружие основано на освобождении внутриядерной энергии. Наряду с химическим и биологическим, оно относится к оружию массового поражения. Ядерные заряды могут быть ядерными, термо-ядерными (водородными) и комбинированными.

Основные поражающие факторы ядерного оружия:

- ударная волна;
- световое излучение;
- проникающая радиация (γ - и нейтронный поток, сопровождающий реакцию ядерного деления, скоротечный фактор: секунды — 1 мин);
- радиоактивное заражение местности (продукты ядерного взрыва, наведенная радиация, не вступившие в реакцию деления части ядерного заряда; долговременный фактор: недели—месяцы—годы).

В зависимости от мощности и вида ядерного боеприпаса, а также от вида взрыва (наземный, воздушный, подземный, космический) удельный вклад каждого из поражающих факторов в величину и структуру санитарных потерь меняется. С увеличением мощности ядерного взрыва увеличиваются радиусы действия ударной волны и особенно светового излучения. В этом случае преобладают санитарные потери хирургического профиля (раненые и пораженные с ожогами). При подрывах ядерных устройств малой или сверхмалой мощности (так называемые оперативно-тактические) на относительно большие расстояния распространяется действие проникающей радиации (особенно — нейтронного потока). Преобладают острые радиационные поражения (ОЛБ и др.), формируются санитарные потери терапевтического профиля.

Промежуточную позицию представляют ядерные устройства средней мощности (тротиловый эквивалент от 10 до 100 кт). В этом случае радиусы действия всех поражающих факторов выходят за так называемую зону безвозвратных потерь. Санитарные потери формируются и ударной волной, и световым излучением, и проникающей радиацией. Возникают *комбинированные поражения*, при которых происходит взаимное отягощение действия всех факторов. Например, степень тяжести ОЛБ в зависимости от тяжести механических повреждений и ожогов может измениться в 1,2–3 раза (коэффициент отягощения). Радиационные поражения, в свою очередь, удлиняют сроки заживления ран, ожогов, сроки лечения переломов. Комбинированные поражения могут возникать и при аварии на АЭС (причины ожогов и травм — пожары и разрушение конструкций реактора). Общее для этих двух катастроф (применение ядерного оружия и авария на АЭС) — *психогенные расстройства* — ситуационно обусловленные реактивные состояния.

Радиоактивное заражение местности — наиболее значимый долговременный фактор и при авариях на АЭС, и при наземных ядерных взрывах.

Основные различия между радиоактивным заражением местности при аварии на АЭС и при ядерном взрыве представлены в табл. 8.4.

Таблица 8.4. Основные различия в радиоактивном загрязнении местности при наземном ядерном взрыве и разрушением АЭС

Показатель	Ядерный взрыв	Разрушение АЭС
Зоны радиоактивного загрязнения	А, Б, В, Г	М, А, Б, В, Г
Характеристика радиоактивных продуктов	Крупнодисперсные аэрозоли; оплавленные, легко снимаемые с поверхности частицы; нерастворимые в воде — 90–95%; преобладают β - и γ -излучатели; 90% изотопов короткоживущие (имеют короткие периоды полураспада), быстрый спад радиоактивности; возможность использования γ -метода и расчетного метода определения зараженности	Мелкодисперсные аэрозоли, радиоактивные газы; легко прилипающие к поверхности частицы; растворимы в воде более 50% радиоактивных продуктов; α -, β - и γ -излучатели; 90% изотопов долгоживущие, медленный спад радиоактивности; невозможность использования расчетного метода
Особенности дезактивации	Возможность проведения дезактивации простейшими методами (вытряхивание, выколачивание, отстаивание, фильтрование и др.). Удаление из воды 95–99% радиоактивных веществ	Затруднения при дезактивации, необходимы специальные сорбенты; табельные средства очистки воды на 98% удаляют радиоактивные вещества, что, тем не менее, неэффективно по критериям норм радиационной безопасности (НРБ)

8.5. ПРОФИЛАКТИКА РАДИАЦИОННЫХ ПОРАЖЕНИЙ И ОКАЗАНИЕ НЕОТЛОЖНОЙ ДОВРАЧЕБНОЙ ПОМОЩИ ПОСТРАДАВШИМ

В случае радиационного воздействия главное условие сохранения здоровья людей — недопущение сверхнормативного облучения. Основную роль в противорадиационной защите играет реализация 3 ее принципов: защита временем, защита расстоянием и защита экранированием.

Санитарно-гигиенические мероприятия предусматривают:

- участие медицинской службы в радиационной разведке районов расположения медицинских учреждений;
- экспертизу воды и продовольствия на загрязнение РВ;
- обучение населения и личного состава спасательных формирований правилам поведения на зараженной местности;
- использование средств защиты органов дыхания и кожных покровов;
- проведение санитарной обработки пораженных на передовых этапах медицинской эвакуации.

Профилактические медицинские мероприятия включают применение средств, повышающих устойчивость к действию ионизирующих излучений.

Лечебные мероприятия предусматривают оказание помощи при радиационных поражениях, в том числе назначение средств профилактики и купирования первичной реакции на облучение, а также средства и методы ранней патогенетической терапии радиационных поражений.

Классификация медицинских средств профилактики и терапии радиационных поражений представлена в табл. 8.5.

Таблица 8.5. Классификация медицинских средств профилактики и терапии радиационных поражений

Средства профилактики	Средства терапии
Радиопротекторы. Средства длительного поддержания повышенной радиорезистентности организма. Средства профилактики поражений от внутреннего облучения инкорпорированными радионуклидами	Средства ранней (догоспитальной) терапии радиационных поражений. Средства лечения костномозгового синдрома ОЛБ. Средства лечения орофарингеального синдрома ОЛБ. Средства симптоматической терапии ОЛБ. Средства консервативной терапии местных лучевых поражений

На *ранней стадии радиационной аварии*, когда реальная обстановка не контролируется, решения по защитным мероприятиям принимаются исходя из ее прогноза и метеоусловий. Проводятся оповещение населения и укрытие его в домах и убежищах. Окна и двери должны быть плотно закрыты, щели законопачены. Эффективность защиты (экранирования) зависит от типа здания. Коэффициенты ослабления γ -излучения радиоактивного облака и от выпавших радиоактивных осадков представлены в приложении 7.

Смоченные в воде марлевые повязки могут почти в 10 раз снизить ингаляции радиоактивных аэрозолей. Некоторую (неполную) защиту обеспечивает использование респираторов, абсолютно надежны фильтрующие противогазы.

Для защиты щитовидной железы от радиоактивных изотопов йода проводится *экстренная йодная профилактика*. Существуют таблетки калия йодида для взрослых — по 0,125 г и для детей — по 0,04 г. Взрослые и дети старше 12 лет принимают 1 таблетку калия йодида (0,125 г) после еды вместе с чаем, киселем или водой. Дети от 3 до 12 лет должны получить $\frac{1}{2}$ такой таблетки (0,064 г). Дети в возрасте от 1 мес до 3 лет получают $\frac{1}{4}$ такой таблетки (0,032 г) или 1 таблетку по 0,04 г. Для защиты щитовидной железы у новорожденных рекомендуется калия йодид вводить в дозе 0,016 г (соответствует $\frac{1}{8}$ части «взрослой» таблетки или примерно $\frac{1}{2}$ части «детской» таблетки). При этом дети до 1 года (новорожденные и грудного вскармливания), кормящие женщины, беременные и все взрослые старше 45 лет йодид калия принимают однократно. Повторный прием через 24 ч допускается при необходимости детьми в возрасте от 1 года до 3 лет. Дети от 3 до 12 лет, подростки от 13 до 18 лет, а также взрослые до 45 лет при необходимости могут принимать йодид калия 1 раз в сутки в течение 5 дней.

Максимальный защитный эффект может быть достигнут при предварительном или одновременном с поступлением радиоактивного йода приеме его стабильного аналога. Защитный эффект калия йодида значительно снижается при приеме его спустя 2 ч после начала экспозиции радиоактивным йодом.

В случае отсутствия таблеток калия йодида допускается применение 5% спиртового раствора йода или раствора Люголя* 1 раз в день после еды в $\frac{1}{2}$ стакана молока или воды. Их применение для йодной профилактики рассматривается как исключительная мера, что связано с более высокой токсичностью молекулярного йода. 5% раствор йода спиртовой принимают взрослые (в том числе беременные и кормящие женщины) и подростки старше 12 лет по 40–44 капли однократно. Раствор Люголя* взрослые и подростки старше 12 лет принимают по 20–22 капли. Детям до 12 лет, а также взрослым старше 45 лет спиртовой раствор йода или раствор Люголя* не рекомендуются.

Избыточное применение стабильного йода увеличивает риск йодизма или тиреоидита, поэтому йодная профилактика должна осуществляться под контролем медицинской службы.

Для **профилактики контактных поражений** используются средства индивидуальной защиты кожи. При радиоактивном заражении кожи с мощностью дозы на ее поверхности более 0,1 мР/ч проводится

санитарная обработка. Для этого кожа обмывается под душем теплой водой с мылом или небольшим количеством стирального порошка. Не допускается использование жестких мочалок и т.п. Проводится смены одежды.

Для удаления радионуклидов с загрязненных кожных покровов могут быть использованы дезактивирующие средства «Радез Д», «Деконтамин» или «Защита». Дезактивирующее средство «Защита» представляет собой порошок из смеси ионообменных смол и моющего средства. Одну чайную ложку порошка смешивают с небольшим количеством воды и растирают в течение 1 мин по загрязненному участку кожи, после чего образующуюся пену смывают. При необходимости процедуру повторяют 2–3 раза.

Слизистые оболочки глаз, носа и полости рта промывают водой или 1–2% раствором гидрокарбоната натрия.

После санитарной обработки проверяют ее эффективность с помощью радиометра. Измерения проводят над сухой кожей.

Особое внимание уделяют **защите от РВ ран и ожоговых поверхностей**. В очаге радиационного поражения оказание первой помощи при ранении включает наложение стерильной повязки на рану. При частичной или полной санитарной обработке рану с повязкой закрывают водонепроницаемым материалом для предупреждения ее вторичного заражения.

Первое, что иногда рекомендуют сделать при ранениях с угрозой загрязнения раны радиоактивной пылью, — безотлагательно наложить венозный жгут на поврежденную конечность проксимальнее повреждения. До наложения такого жгута проводится обработка раны 3–5-минутным промыванием тампонами с физиологическим раствором. Для снижения поступления через рану в организм трансураниевых элементов ее орошают 5% раствором пентамина*. Глубокие раны обкалываются этим же раствором. Ожоговая поверхность обрабатывается тампонами 2–3% раствором мыла.

Для удаления из раны радионуклидов на нее накладывается повязка с гипертоническим раствором хлорида натрия или сернокислой магнезии.

При поступлении в медицинское учреждение в течение первых суток (как можно раньше) после аварии необходимо провести первичную хирургическую обработку раны с иссечением загрязненных краев.

Для профилактики перорального поступления РВ категорически запрещается прием листовых овощей и молока из местных заготовок. При пероральном поступлении РВ необходимо использовать энтеросорбенты, слабительное, 10% раствор тиосульфата натрия (25–50 мл) с последующим промыванием желудка и применением

очистительных клизм. При работе на загрязненной территории перед приемом пищи рекомендуется принимать препарат ферроцин* в дозе 1 г (2 таблетки по 0,5 г) 3 раза в день ежедневно в течение 14–21 сут. Препарат поглощает радиоактивные цезий и рубидий и ускоряет их выведение из организма. Для ускорения выведения из желудочно-кишечного тракта радиоактивного стронция внутрь принимают полисурьмин* в дозе 4 г в 1/2 стакана воды 3 раза в день в течение 7 сут.

Для профилактики резорбции изотопов стронция и бария применяют также бария сульфат (адсобар*) (в дозе 25 г в 1/2 стакана воды), альгинат кальция* или кальция альгинат (альгисорб*) (при приеме пищи в дозе 5,0 г — 10 таблеток по 0,5 г, 3 раза в день); при остром отравлении радиоактивным стронцием — в дозе 20 г однократно. Всасыванию стронция эффективно препятствует алюминия фосфат (фосфалюгель*) (100–200 мл внутрь).

Средство, ускоряющее выведение из организма многих РВ (плутоний, иттрий и др.), — пентацин*. В первые сутки (желательно в первые 30 мин после ингаляционного поступления РВ) он вводится ингаляционно (5% раствор — 5 мл) — до 4 раз в сутки. Спустя 1 сут переходят на внутривенный путь введения: курсовая терапия (10–20 инъекций 5 мл 5% раствора через каждые 1–2 дня). Наиболее эффективен ранний курс.

Тримефацин* (пантеноловая кислота) также препятствует резорбции плутония, урана и бериллия. Его выпускают в лиофилизированной форме по 0,226 и 0,9 г, которые растворяются соответственно в 4 или 20 мл 2,5% раствора хлористого кальция. Меньшая доза предназначена для внутривенного применения, а большая — для ингаляций. Для удаления из организма радиоактивного полония (^{210}Po) как можно в более ранние сроки вводится оксатиол[®] (5% раствор 70–100 мл внутривенно капельно до 3–4 раз в сут) или унитиол* (5% раствор по 1 мл на 10 кг массы тела внутримышечно).

Радиопротекторы применяются для профилактики острых лучевых поражений при необходимости аварийно-спасательных работ в зоне радиационных поражений.

Индралин[®] (препарат Б-190*) применяется внутрь в дозе 0,45 г (3 таблетки по 0,15 г). Противолучевой эффект достигает максимального значения через 10–15 мин, продолжительность действия около 1 ч. При необходимости вторая доза индралина[®] принимается через 1 ч после приема первой.

Цистамин принимают внутрь в дозе 1,2 г (6 таблеток по 0,2 г), запивая водой, не разжевывая, за 30–60 мин до входа в зону радиационных поражений. Повторный прием возможен через 4–6 ч после первого применения (в случае работы в изолирующих средствах

защиты кожи при высокой температуре окружающей среды (более 30 °С) повторная доза может быть снижена до 0,8 г — 4 таблетки).

Другие радиопротекторы (мексамин* и др.) и средства длительного поддержания повышенной радиорезистентности организма (интерлейкин-1 бета (беталейкин*) и др.) пока не включены в состав индивидуальных аптечек и упаковок, доступных на этапе оказания доврачебной помощи.

Средства профилактики и купирования первичной реакции на облучение. Эти средства предназначены в основном для сохранения дееспособности пораженных и используются в первые часы после радиационного воздействия. До появления основных симптомов первичной реакции (рвоты, общей слабости) они применяются внутрь. При уже возникшей рвоте эффективно лишь их парентеральное введение.

Для профилактики первичной реакции на облучение используется комплексный препарат диметкарб* (противорвотное средство диметпрамид* — 0,04 г и психостимулятор мезокарб (сиднокарб*) — 0,002 г). Диметкарб* применяют за 30 мин — 1 ч до предполагаемого облучения, или непосредственно после γ -, n -облучения в дозах более 1 Гр, или при работе на зараженной РВ местности при прогнозе поглощенной дозы более 1 Гр.

Для купирования уже развившейся ПРО применяется диксафен* (включает диметпрамид*, кофеин и эфедрин), который вводится внутримышечно при оказании первой помощи. Действие проявляется через 10–15 мин и сохраняется в течение 4–5 ч.

Ондансетрон (латран*, зофран*) — противорвотный препарат из группы селективных антагонистов 5-НТ₃-серотониновых рецепторов — обладает анксиолитической (противотревожной) активностью, не снижает работоспособность. Для профилактики рвоты латран* принимают внутрь в дозе 8 мг (2 таблетки по 0,004 г) за 1 ч или сразу после лучевого воздействия. Для купирования развившейся рвоты латран* вводят внутримышечно или внутривенно в виде 0,2% — 1–2 мл.

При облучении в дозах, вызывающих ОЛБ крайне тяжелой степени (более 10 Гр), рвота принимает характер многократной и неукротимой, развивается адинамия. Неотложная помощь направлена на борьбу с рвотой и обезвоживанием организма.

Высокоэффективное средство купирования рвоты при кишечной форме ОЛБ — рецептура динетрол (диметпрамид*, тримепиридин (промедол*) и метоциния йодид (метацин*)). Он оказывает противорвотное, антидиарейное, обезболивающее, транквилизирующее и общеседативное действие.

В этой ситуации могут быть использованы также диметпрамид* (2% раствор — 1 мл), метоклопрамид (церукал*; 2% раствор — 1 мл), хлорпромазин (аминазин*) (2,5% раствор — 1 мл) и другие средства.

Лечение ОЛБ в период разгара (инфекционных осложнений, интоксикации, геморрагического синдрома и анемии, стимуляция восстановления гемопоэза) проводится в стационаре.

Медикаментозная защита при ликвидации последствий радиационных аварий и неотложные мероприятия первой и доврачебной помощи. В чрезвычайных обстоятельствах раннего периода аварии дозу радиоактивного облучения сложно контролировать, существует риск облучения в дозах, вызывающих ОЛБ. Личному составу спасательных формирований рекомендуется за 10–15 мин до входа в потенциально опасную зону принимать внутрь:

- индралин[®];
- цистамин;
- калия йодид;
- диметкарб[▲] (латран[▲]);
- феназепам[▲] (схемы применения приведены в табл. 8.6).

Таблица 8.6. Медикаментозные средства, применяющиеся при радиационных авариях

Препарат	Назначение	Дозировка	Лекарственная форма	Оптимальные сроки применения
Цистамин	Профилактика ОЛБ (радиопротектор)	1,2 г	6 таблеток	Внутрь, за 10–15 мин до входа в загрязненную зону
Индралин [®]	Профилактика ОЛБ (радиопротектор)	0,45 г	3 таблетки	То же
Калия йодид	Профилактика накопления радиойода в щитовидной железе	0,125 г	1 таблетка	То же
Диметкарб [▲]	Профилактика рвоты и гиподинамии	0,042 г	1 таблетка	То же
Феназепам [▲]	Ослабление психоэмоционального стресса	0,0005 г	1 таблетка	То же
Диксафен [▲]	Купирование рвоты и гиподинамии	1 мл	Шприц-тюбик	Внутримышечно, после возникновения рвоты при необходимости продолжения работ

Препарат	Назначение	Дозировка	Лекарственная форма	Оптимальные сроки применения
Диметпрамид* (метоклопрамид)	Купирование рвоты	1 мл	1 ампула	Внутримышечно, при наличии рвоты и диареи
Динетрол	Купирование рвоты и диареи	1–2 мл	1–2 ампулы	Внутримышечно, при наличии рвоты и диареи
Латран*	Профилактика рвоты	0,008 г	2 таблетки	Внутрь, за 10–15 мин до входа в загрязненную зону (вместо диметкарба*)
	Купирование рвоты	1–2 мл	1–2 ампулы	Внутримышечно, при наличии рвоты

Используются индивидуальные средства защиты органов дыхания и кожи. Проводится дозиметрический контроль.

В случае возникновения симптомов первичной реакции на облучение (тошноты, рвоты, общей слабости), при невозможности выхода из очага для восстановления работоспособности внутримышечно вводится диксафен*.

Медицинская сортировка при массовых радиационных поражениях по времени выполнения и характеру мероприятий условно делится на 2 этапа.

В ходе *первого этапа* по проявлениям первичной реакции на облучение и данным дозиметрии выявляются пораженные и проводится их эвакуация из зоны аварии. Экстренная эвакуация осуществляется в порядке само- и взаимопомощи или персоналом спасательных формирований. Пораженные размещаются вне очага заражения в зоне временной эвакуации.

Здесь выполняются **мероприятия первой медицинской и доврачебной помощи** по жизненным показаниям:

- устранение угрозы асфиксии при тяжелой (неукротимой) рвоте; в том числе купирование первичной реакции на облучение: латран* 0,2% — 4 мл внутримышечно; аминазин* 2,5% — 2 мл внутримышечно или атропина сульфат* 0,1% — 1–2 мл подкожно. При тяжелой степени — дезинтоксикационная терапия (внутривенно плазмозаменяющие растворы);
- остановка наружного кровотечения или купирование болевого шока при комбинированных поражениях;

- профилактика радиоактивного заражения ран и ожогов;
- проведение санитарной обработки открытых участков кожи табельными средствами («Защита») или обильное их промывание водой с мылом;
- при поступлении радионуклидов в желудок беззондовое промывание с введением адсорбентов (альгисорб[▲], ферроцин[▲] и др.);
- купирование психомоторного возбуждения (феназепам[▲], реланиум[▲]).

Второй этап медицинской сортировки выполняется в ходе оказания первой врачебной помощи, к которой привлекается младший и средний медицинский персонал. На данном этапе уточняется степень тяжести ОЛБ, определяется очередность оказания медицинской помощи и дальнейшей эвакуации. Выделяются 3 сортировочные группы:

- пострадавшие с минимальными признаками лучевого поражения. Для этой группы развитие ОЛБ маловероятно. Пострадавшие нуждаются в амбулаторном наблюдении, при необходимости могут выполнять неотложные аварийные работы;
- пострадавшие с проявлениями первичной реакции на облучение крайне тяжелой степени, развившимися в течение 1 ч после облучения, с признаками коллаптоидного состояния и другими симптомами, требующими немедленного проведения медицинских мероприятий по жизненным показаниям. Данная группа нуждается в безусловной госпитализации или проведении симптоматической терапии, вопрос об эвакуации решается индивидуально;
- пострадавшие с явными признаками острого лучевого поражения (облучение в дозе выше 2 Гр), находящиеся в удовлетворительном состоянии средней степени. После купирования проявлений первичной реакции на облучение и стабилизации гемодинамических показателей эти пораженные транспортабельны и должны быть направлены на лечение в специализированный стационар.

Аптечки для оказания первой медицинской помощи при радиационных авариях

Для оказания медицинской помощи в случае радиационной аварии выпускаются *аптечка индивидуальная для персонала атомной энергетики* (АП) и *аптечка для населения* районов, прилегающих к таким предприятиям (АН).

Состав аптечек и способы применения приведены в табл. 8.7.

Таблица 8.7. Аптечки для оказания первой помощи при радиационных авариях

Показатель	Аптечка АП индивидуальная противорадиационная для персонала	Аптечка АН противорадиационная для населения
Вложения	Индралин [®] — 6 таблеток по 0,15 г; латран [▲] — 4 таблетки по 0,004 г; калия йодид — 4 таблетки по 0,125 г; ферроцин [▲] — 2 таблетки по 0,5 г; препарат «Защита» 1 упаковка по 50 г	Калия йодид 10 таблеток по 0,125 г; 10 таблеток по 0,04 г*; Калия перхлорат 3 таблетки по 0,25 г; ферроцин 40 таблеток по 0,5 г; препарат «Защита» 2 упаковки по 50 г
Способ применения	Непосредственно за 5–15 мин до лучевого воздействия или сразу после него принимают: 3 таблетки индралина [®] ; таблетки латрана [▲] ; таблетку калия йодида; таблетки ферроцина [▲] . В случае пребывания в зоне лучевого воздействия в течение 1–1,5 ч необходимо повторное применение индралина [®] (3 таблетки). В случае появления первичной реакции на облучение принимают повторно латран [▲] (2 таблетки). Для очистки загрязненной поверхности кожи на ладонь наносят 3 г (1 чайная ложка) порошка «Защита», добавляют теплую воду, равномерно растирают порошок по загрязненной поверхности в течение 1 мин и смывают водой. При необходимости проводят повторную обработку. Общая продолжительность обработки не должна превышать 10 мин	При угрозе или обнаружении выпадений из радиоактивного облака назначают: — калия йодид по 1 таблетке (0,125 г) в день взрослым и детям старше 12 лет; детям от 3 до 12 лет — 1/2 таблетки (0,064 г); детям от 1 мес до 3 лет — 1 таблетка по 0,04 г; новорожденные — 1/2 таблетки по 0,04 г; — ферроцин [▲] 3 раза в день взрослым и подросткам старше 14 лет по 2 таблетки, детям старше 2 лет — по 1 таблетке, до 2 лет — 1/6 часть таблетки, растертой в порошок; — препарат «Защита» (применяется аналогично)
Срок годности	2 года	4 года
Место хранения	На рабочем месте при комнатной температуре	В домашних условиях при комнатной температуре

Контрольные вопросы и задания

Какие клинические формы ОЛБ развиваются при внешнем относительно равномерном облучении?

Как зависят от дозы облучения степени тяжести ОЛБ?

Какие периоды выделяют при костномозговой форме ОЛБ?

Назовите основные проявления периода первичной реакции на облучение.

Почему в период разгара ОЛБ у пострадавших развиваются инфекционные осложнения? Какие процессы лежат в основе геморрагического синдрома?

Опишите схему экстренной йодной профилактики у взрослых и детей.

Какие радиопротекторы короткого действия вы знаете?

Опишите препараты для профилактики и купирования первичной реакции на облучение.

Как проводится санитарная обработка при радиационном заражении кожи и слизистых оболочек?

В чем состоят особенности сортировки у пострадавших с радиационными поражениями?