

Лекция 8. Воздействие фактора на организм человека

Наиболее подвержены воздействию ионизирующего излучения активно делящиеся (эпителиальные, стволовые, также эмбриональные) клетки.

После действия излучения на организм в зависимости от дозы могут возникнуть детерминированные и стохастические радиобиологические эффекты.

Детерминированные эффекты – предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы (развитие лучевой болезни, лучевой катаракты, лучевого дерматита).

В отличие от детерминированных, стохастические эффекты не имеют чёткого дозового порога проявления. С увеличением дозы облучения возрастает лишь частота проявления этих эффектов. Проявиться они могут как спустя много лет после облучения (злокачественные новообразования), так и в виде мутаций последующих поколений.

Стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты - вероятность возникновения эффекта пропорциональна дозе, а тяжесть их проявления не зависит от дозы, латентный период от 2 до 50 лет(появление злокачественных опухолей, проявление наследственных болезней, развитие лейкозов).

Стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты (вероятность возникновения эффекта пропорциональна дозе, а тяжесть их проявления не зависит от дозы, латентный период от 2 до 50 лет) злокачественные опухоли, наследственные болезни, лейкозы.

Классификация фактора. Нормируемые показатели

Ионизирующее излучение подразделяется на:

-Альфа-излучение – корпускулярное ионизирующее излучение; представляют собой поток ядер атомов гелия, излучение обладает низкой проникающей способностью (при внешнем облучении не способно проникнуть через роговой слой кожи), но высокой ионизирующей способностью (порядка 100 000 пар ионов на 1 см пробега).

-Бета-излучение – представляет собой поток электронов, образующихся при распаде ядер как естественных, так и искусственных радиоактивных элементов.

-Гамма-излучение или кванты энергии (фотоны) представляют собой жесткие электромагнитные колебания, образующиеся при распаде ядер радиоактивных элементов. Ионизирующий эффект действия гамма-излучения обусловлен в основном как непосредственным расходом собственной энергии, так и ионизирующим действием электронов, выбиваемых из облучаемого вещества.

-Рентгеновское излучение образуется при работе рентгеновских трубок, а также сложных электронных установок. По характеру рентгеновские лучи во многом сходны с

гамма-лучами и отличаются от них происхождением и иногда длиной волны: рентгеновские лучи, как правило, имеют большую длину волны и более низкие частоты, чем гамма-лучи. Ионизация вследствие воздействия рентгеновских лучей происходит в большей степени за счет выбиваемых ими электронов и лишь незначительно за счет непосредственной траты собственной энергии.

-Нейтронное излучение возникает при ядерных реакциях (в ядерных реакторах, промышленных и лабораторных установках, при ядерных взрывах). Свободный нейтрон - это нестабильная, электрически нейтральная частица с временем жизни 885сек. Лучшими для защиты от нейтронного излучения являются водородсодержащие материалы. Обычно применяют воду, парафин, полиэтилен.

В зависимости расположения источников излучения различают:

Внешнее облучение – облучение от источников, находящихся вне тела. Внешнее излучение проникает сквозь одежду, эпителий кожи и подвергает облучению внутренние органы тела. При этом тело не становится радиоактивным. Человек подвержен воздействию радиации, пока находится в зоне облучения.

Внутреннее облучение – облучение от источников, попавших внутрь организма. Если радиоактивные вещества попадут в организм, то тело будет подвергаться постоянному внутреннему облучению.

Внешнему облучению может подвергаться либо полностью весь организм, либо отдельные участки тела (локальное облучение). В зависимости от этого последствия облучения будут различными. Например, доза в 10 Гр является смертельной при общем облучении. В то же время при радиотерапии раковых заболеваний суммарная доза облучения опухоли в течение длительного времени может быть в 5-7 раз больше. Нельзя сказать, что эти процедуры не наносят никакого вреда пациенту, однако через некоторое время после облучения здоровье восстанавливается.

Радиоактивные изотопы могут попасть в организм с вдыхаемым воздухом, водой и продуктами питания, тем самым формируя внутреннее облучение иногда в течение многих лет. Снижение уровней облучения будет происходить за счёт распада и выделения радионуклидов из организма. Радионуклиды могут равномерно распределяться внутри тела (например, радиоактивный натрий), а могут избирательно накапливаться в отдельных органах и тканях: радиоактивный йод – в щитовидной железе, стронций – в костях, цезий – в мягких тканях и т.д. Таким образом, может происходить равномерное или неравномерное облучение. Величина дозы облучения, которую ткань или орган поглощает за счет внутреннего облучения радионуклидами, зависит от свойств радиоактивного элемента и от его количества в организме.

Разные виды излучений сопровождаются высвобождением разного количества энергии и обладают разной проникающей способностью, поэтому они оказывают неодинаковое воздействие на ткани живого организма. Альфа-излучение, которое представляет собой поток тяжелых частиц, состоящих из нейтронов и протонов, задерживается, например, листом бумаги и практически не способно проникнуть через наружный слой кожи, образованный отмершими клетками. Поэтому оно не представляет опасности до тех пор, пока радиоактивные вещества, испускающие α -частицы, не попадут внутрь организма через открытую рану, с пищей или с вдыхаемым воздухом; тогда они становятся чрезвычайно опасными. Бета-излучение обладает большей проникающей способностью: оно проходит в ткани организма на глубину один - два сантиметра. Проникающая способность гамма-излучения, которое распространяется со скоростью света, очень велика: его может задержать лишь толстая свинцовая или бетонная плита.

Повреждений, вызванных в живом организме излучением, будет тем больше, чем больше энергии оно передаст тканям; количество такой переданной организму энергии называется дозой. Дозу излучения организм может получить от любого радионуклида или их смеси независимо от того, находятся ли они вне организма или внутри его (в результате попадания с пищей, водой или воздухом).

Основную часть облучения население земного шара получает от естественных источников радиации. Большинство из них таковы, что избежать облучения от них совершенно невозможно. На протяжении всей истории существования Земли разные виды излучения падают на поверхность Земли из космоса и поступают от радиоактивных веществ, находящихся в земной коре.

Облучению от естественных источников радиации подвергается любой житель Земли, однако одни из них получают большие дозы, чем другие. Это зависит, в частности, от того, где они живут. Уровень радиации в некоторых местах земного шара, там, где залегают особенно радиоактивные породы, оказывается значительно выше среднего, а в других местах - соответственно ниже. Доза облучения зависит также от образа жизни людей. Применение некоторых строительных материалов, использование газа для приготовления пищи, герметизация помещений и даже полеты на самолетах - все это увеличивает уровень облучения за счет естественных источников радиации.

Нормируемыми величинами в соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05 в качестве основных параметров оценки условий труда и классификации рабочих мест при работе с источниками ионизирующего излучения приняты:

1. мощность максимальной потенциальной эффективной дозы;
2. мощность максимальной потенциальной эквивалентной дозы;

-в хрусталике глаза;

-коже;

-кистях и стопах.

Ниже приведены критерии оценки классов условий труда, в соответствии с Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса.

Критерии и классификация условий труда».

Потенциальная максимальная годовая доза	Допустимый класс условий труда (2)	Вредный класс условий труда (3.1)	Вредный класс условий труда (3.2)	Вредный класс условий труда (3.3)	Вредный класс условий труда (3.4)	Опасный класс условий труда (4)
Эффективная	≤ 5	$>5 - 10$	$>10 - 20$	$>20 - 50$	$>50 - 100$	>100
Эквивалентная в хрусталике глаза	≤ 40	$>37,5 - 75$	$>75 - 150$	$>150 - 187,5$	$>187,5 - 300$	>300
Эквивалентная в коже, кистях и стопах	≤ 125	$>125 - 250$	$>250 - 500$	$>500 - 750$	$>750 - 1000$	>1000

Методика измерения фактора. Средства измерений.

Согласно методическим указаниям МУ 2.2/2.6.1.20-04. «Оценка и классификация условий труда персонала при работах с источниками ионизирующего излучения» для проведения оценки и классификации условий труда на рабочих местах при работах с источниками ионизирующего излучения при аттестации рабочих мест должен быть определен и утвержден аттестационной комиссией организации перечень действующих радиационных факторов на всех рабочих местах в зависимости от характера выполняемых работ.

Оценка условий труда на рабочих местах при работах с источниками ионизирующего излучения проводится, в первую очередь, на основе систематических данных текущего и оперативного радиационного контроля за год. При выполнении на рабочем месте типичных операций условия труда могут быть оценены на основе измерений в течение одной рабочей смены (дня).

Измерение параметров радиационной обстановки для гигиенической оценки проводится в процессе работ, выполняемых в соответствии с технологическим регламентом производства работ. Исследования проводятся при характерных производственных условиях.

Для проведения оценки и классификации условий труда при воздействии источников ионизирующего излучения аттестационной комиссией организации должен быть определен и утвержден перечень цехов, производственных участков или отдельных рабочих мест (постоянных и временных), на которых необходимо выполнение измерений параметров радиационной обстановки. Одновременно аттестационной комиссией определяется и утверждается перечень параметров радиационной обстановки, подлежащих измерению и оценке. С этой целью следует использовать техническую, организационно-распорядительную документацию на производственные процессы, оборудование и материалы, сертификаты соответствия и т.п., а также осуществить первичное радиационное обследование инструментальными методами (дозиметрическим, радиометрическим, спектрометрическим).

Оценка условий труда на рабочих местах при воздействии источников ионизирующего излучения проводится на основе систематических данных текущего и оперативного радиационного контроля за год. Условия труда могут быть оценены на основе измерений параметров радиационной обстановки в течение одной рабочей смены, если она типична для данного технологического процесса.

При нетипичном или эпизодическом (в течение недели, месяца, квартала) воздействии оценка условий труда проводится на основании данных специально организованных измерений после соответствующего рассмотрения этого вопроса аттестационной комиссией организации.

Средства измерений



Рис. 1 – Радиометр радона РРА 01 М-01.

Пробоотборное устройство ПОУ – 4

Измерение объемной активности радона.

Предел измерения: 20-20000 Бк/м³

Погрешность измерения: 20-30%



Рис. 2 – радиометр ДКС-96А.

Дозиметр – радиометр ДКС-96А (БДЗА-96)

Измерение плотности потока альфа-излучения.

Диапазон измерения: 0,1 – 104 мин⁻¹ см².

Основная погрешность 20%



Рис. 3 – радиометр ДКС-96Б.

Дозиметр-радиометр ДКС-96Б (БДЗБ-96)

Измерение плотности потока бета-излучения.

Диапазон измерения 0,1 – 105 мин⁻¹ см².

Основная погрешность 20%.



Рис. 4 -Дозиметр гамма- и рентгеновского излучения ДКС -96Г.

Дозиметр гамма- и рентгеновского излучения ДКС -96Г (БДКС-96)

Измерение дозы $H^*(10)$ гамма- и рентгеновского излучения.

Диапазон измерения:

мощности дозы: 0,1 мкЗв/ч-1 Зв/ч

доза: 1,0 мкЗв – 1Зв

Основная погрешность 15%



Рис. 5 – Поисковый гамма радиометр ДКС-96П

Поисковый гамма радиометр ДКС-96П (БДПГ-96)

Диапазон измерения:

Плотность потока гамма-квантов 10 – 8000 част/(с·см²)

Мощности дозы $H^*(10)$ (для источника Cs-137) 0.05 – 100 мкЗв/ч(с·см²)

Основная погрешность 15%



Рис. 6 – Дозиметр ДРГ-01-Т1

Дозиметр ДРГ-01-Т1

Измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения

Предел измерения: 10 мкР/час – 10 Р/час

Погрешность 10 – 50%.

Фактические уровни воздействия ионизирующего излучения

Доза облучения «накапливается» в течение времени жизни человека и за 70 лет составляет, в сумме «накопленной дозы», порядка 100 – 700 мЗв/70 лет – это безопасные для здоровья показатели.

3 мЗв/год – нормальная годовая доза радиационного фона от естественных природных источников ионизирующего излучения (на поверхности земли, при учтенной мощности дозы от радона, равной 2 мЗв/год). Считается абсолютно безопасной.

Лица, подвергшиеся однократному облучению в дозе, превышающей 100 мЗв, в дальнейшей работе не должны подвергаться облучению в дозе свыше 20 мЗв/год.

20 мЗв/год – усредненный более чем за 5 лет предел для персонала в ядерной и горнодобывающих отраслях промышленности.

150 мЗв/год – облучение дозами выше этой – увеличивает вероятность онкологии.

1 Зв (1000 мЗв) – риск появления раковых заболеваний, годами позже.

2 – 10 Зв/год – острая лучевая болезнь с вероятным фатальным исходом

Примеры уровней воздействия ионизирующих излучений приведены на рисунке 7.

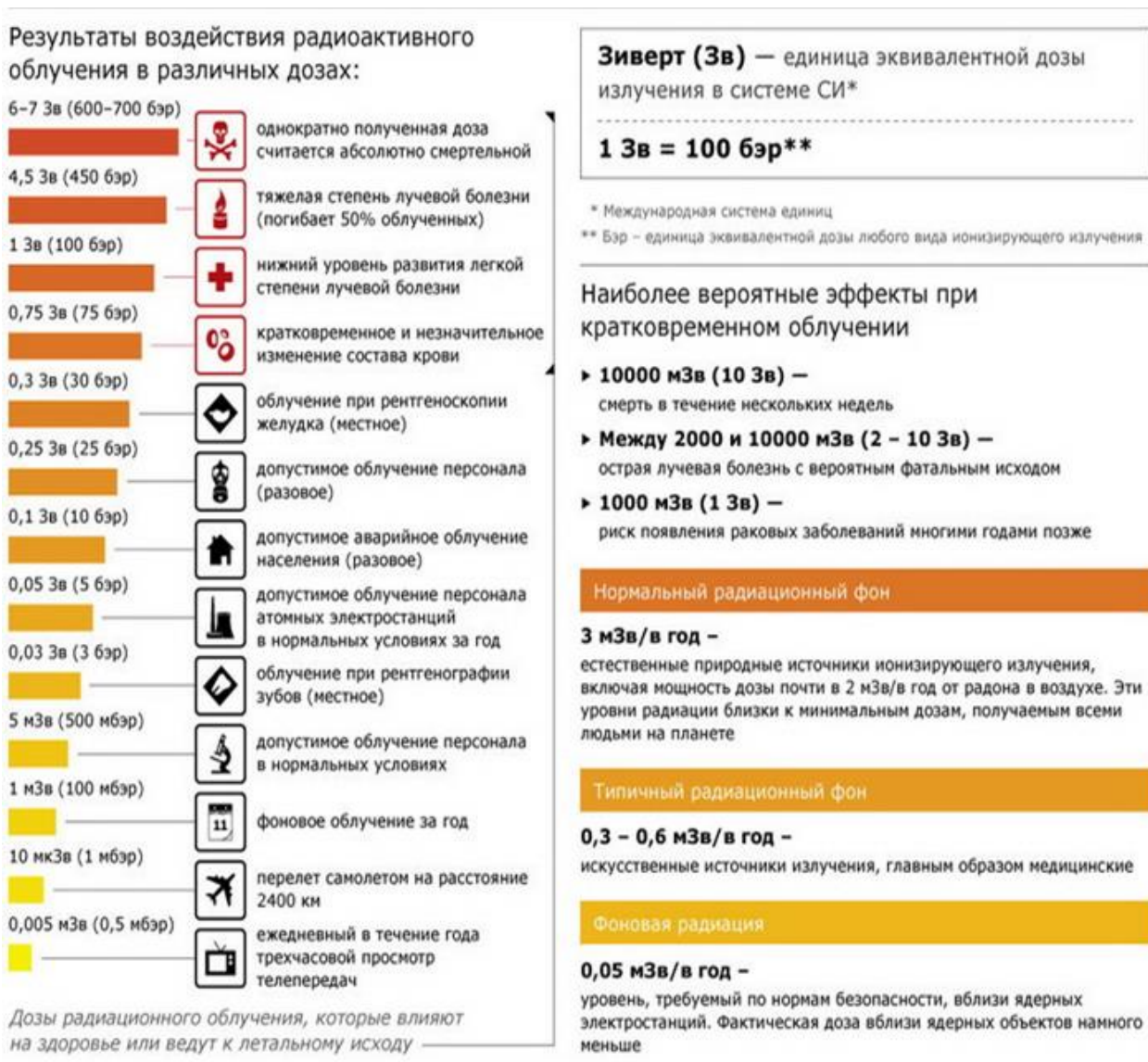


Рис. 7 – Уровни воздействия ионизирующего излучения

Действие ионизирующих излучений на организм человека. Лучевая болезнь, заболевания, провоцируемые радиационным облучением.

При работе с радиоактивными веществами значительному облучению подвергаются руки операторов. Под действием ионизирующих излучений развивается хроническое или острое (лучевой ожог) поражение кожи рук. Хроническое поражение характеризуется сухостью кожи, появлением на ней трещин, изъязвлением и другими симптомами. При остром поражении кистей рук возникают отеки, омертвление тканей, язвы, на месте образования которых возможно развитие злокачественных опухолей.

Под влиянием ионизирующих излучений у человека возникает лучевая болезнь. Различают три степени ее: первая (легкая), вторая и третья (тяжелая).

Симптомами лучевой болезни первой степени являются слабость, головные боли, нарушение сна и аппетита, которые усиливаются на второй стадии заболевания, но к ним

дополнительно присоединяются нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы, изменяется обмен веществ и состав крови, происходит расстройство пищеварительных органов. На третьей стадии болезни наблюдаются кровоизлияния выпадение волос, нарушается деятельность центральной нервной системы и половых желез. У людей, перенесших лучевую болезнь, повышается вероятность развития злокачественных опухолей и заболеваний кроветворных органов. Лучевая болезнь в острой (тяжелой) форме развивается в результате облучения организма большими дозами ионизирующих излучений за короткий промежуток времени. Опасно воздействие на организм человека и малых доз радиации, так как при этом могут произойти нарушение наследственной информации человеческого организма, возникнуть мутации.

Низкий уровень развития легкой формы лучевой болезни возникает при эквивалентной дозе облучения приблизительно 1 Зв, тяжелая форма лучевой болезни, при которой погибает половина всех облученных, наступает при эквивалентной дозе облучения 4,5 Зв. 100%-ный смертельный исход лучевой болезни соответствует эквивалентной дозе облучения 5,5–7,0 Зв.

В настоящее время разработан ряд химических препаратов (протекторов), существенно снижающих негативный эффект воздействия ионизирующего излучения на организм человека.

Санитарные правила

В России предельно допустимые уровни ионизирующего облучения и принципы радиационной безопасности регламентируются «Нормами радиационной безопасности» НРБ-76, «Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» ОСП72-80. В соответствии с этими нормативными документами нормы облучения установлены для следующих трех категорий лиц:

- категория А – персонал, постоянно или временно работающий с источниками ионизирующих излучений;
- категория Б – ограниченная часть населения, которая по условиям размещения рабочих мест или по условиям проживания может подвергаться воздействию источников излучения;
- категория В – население страны, республики, края и области.

Для лиц категории А основным дозовым пределом является индивидуальная эквивалентная доза внешнего и внутреннего излучения за год (Зв/год) в зависимости от радиочувствительности органов (критические органы). Это предельно допустимая доза

(ПДД) – наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Для персонала категории А индивидуальная эквивалентная доза (H , Зв), накопленная в критическом органе за время T (лет) с начала профессиональной работы, не должна превышать значения, определяемого по формуле:

$$H = ПДД \cdot T.$$

Кроме того, доза, накопленная к 30 годам, не должна превышать 12 ПДД.

Для категории Б установлен предел дозы за год (ПД, Зв/год), под которым понимают наибольшее среднее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год у критической группы лиц, при котором равномерное облучение в течении 70 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами. В табл.1 приведены основные дозовые пределы внешнего и внутреннего облучений в зависимости от радиочувствительности органов.

Таблица 3

Основные значения дозовых пределов внешнего и внутреннего облучений

Группа критических органов	Органы и ткани человеческого организма	ПД для категории А, Зв/год	ПДД для категории Б, Зв/год
1	Все тело, гонады (половые органы), красный костный мозг	0,05	0,005
2	Любой отдельный орган, кроме гонад, красного костного мозга, костной ткани, щитовидной железы, кожи, кистей, предплечий, лодыжек и стоп	0,15	0,015
3	Костная ткань, щитовидная железа, кожный покров, кисти, предплечья, лодыжки и стопы	0,30	0,03

Мероприятия по устранению вредного воздействия фактора. Вредное воздействие ионизирующих факторов на здоровье работников в организациях и подразделениях.

Альфа-излучение поглощается (задерживается) даже листом бумаги. Наиболее эффективная защита от излучения – расстоянием (более 2 – 3 см от источника).

Бета-излучение обладают большей проникающей способностью по сравнению с альфа-лучами, поэтому и для защиты от них требуются более плотные и толстые экраны. Бета-излучение на 50 % задерживается одеждой.

Гамма-излучение наиболее опасно, защитить от него может только толстый слой металла или бетона.

Рентгеновское излучение - эти лучи (особенно жесткие), обладающие значительной проникающей способностью, как и в случае с гамма-излучением наиболее эффективной защитой является экранирование.

Таким образом, в соответствии с п.3.3., Приложения 14, Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда», работа с источниками излучения в условиях, когда максимальные потенциальные индивидуальные эффективные и/или эквивалентные дозы при облучении в течение года в стандартных условиях (п.8.2 НРБ-99) могут превысить основные пределы доз, допускается только при проведении необходимых дополнительных защитных мероприятий (защита временем, расстоянием, экранированием, применением СИЗ и т.п.), гарантирующих не превышение установленных пределов доз.

Работники предприятий и организаций в производственных условиях могут подвергаться радиационному воздействию в основном от следующих источников:

- устройств промышленной радионуклидной (гамма-, бета-, нейтронной) и рентгеновской дефектоскопии;

- рентгеновских и радионуклидных (гамма-, бета-, нейтронных) устройств контроля технологических процессов (плотномеров, уровнемеров и др.);

- аппаратов, генерирующих неиспользованное рентгеновское излучение (СВЧ-генераторов в устройствах для плавления, сварки и других видов обработки металлов; лазеров, лазерных установок и лазерных изделий IV класса; видеодисплейных терминалов ЭВМ с электронно-лучевыми трубками; устройств с высоковольтными электронными и газоразрядными лампами, работающими при анодном напряжении более 5 кВ; ионно-плазменных установок и т.п.);

- рентгеновской досмотровой техники;

- установок рентгеноструктурного и рентгеноспектрального анализа;

- рентгеновских и радионуклидных устройств и радионуклидных (гамма- бета -) препаратов для проведения медицинских диагностических процедур и лучевой терапии;

- технологических процессов, обуславливающих поступление в воздух рабочей зоны производственной пыли с повышенным содержанием природных радионуклидов уранового

и ториевого рядов (при добыче, переработке, использовании природных минеральных материалов в сооружениях, производстве строительных конструкций и др.);

- повышенного содержания радона и торона, а также короткоживущих продуктов распада этих радионуклидов в воздухе рабочей зоны (при эксплуатации железнодорожных тоннелей и других подземных сооружений; использовании радона в медицинских целях).

Защита от действия ионизирующих излучений

Основные принципы радиационной безопасности заключаются в не превышении установленного основного дозового предела, исключении всякого необоснованного облучения и снижении дозы излучения до возможно низкого уровня.

Для определения индивидуальных доз облучения персонала необходимо систематически проводить радиационный (дозиметрический) контроль, объем которого зависит от характера работы с радиоактивными веществами. Каждому оператору, имеющему контракт с источниками ионизирующего излучения, выдается индивидуальный дозиметр для контроля полученной дозы гамма-излучений. В помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, необходимо обеспечить и общий контроль за интенсивностью различных видов излучений. Эти помещения должны быть изолированы от прочих помещений, оснащены системой приточно-вытяжной вентиляции с кратностью воздухообмена не менее 5. Окраска стен, потолка и дверей в этих помещениях, а также устройство пола выполняются таким образом, чтобы исключить накопление радиоактивной пыли и избежать поглощения радиоактивных аэрозолей, паров и жидкостей отделочными материалами (окраска стен, дверей и в некоторых случаях потолков должна производиться масляными красками, полы покрываются материалами, не впитывающими жидкости, - линолеум, полихлорвиниловым пластиком и др.). Все строительные конструкции в помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, не должны иметь трещин и несплошностей; углы закругляют для того, чтобы не допустить скопления в них радиоактивной пыли и облегчить уборку. Не менее 1 раза в месяц проводят генеральную уборку помещений с обязательным мытьем горячей мыльной водой стен, окон, дверей, мебели и оборудования. Текущая влажная уборка помещений проводится ежедневно.

Для уменьшения облучения персонала все работы с этими источниками проводят с использованием длинных захватов или держателей. Защита временем заключается в том, что в работу с радиоактивными источниками проводят за такой период времени, чтобы доза облучения, полученная персоналом, не превышала предельно допустимого уровня.

Коллективные средства защиты от ионизирующих излучений регламентируются ГОСТом 12.4.120-83 «Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие

требования». В соответствии с этим нормативным документом основными средствами защиты являются стационарные и передвижные защитные экраны, контейнеры для транспортирования и хранения источников ионизирующих излучений, а также для сбора и транспортировки радиоактивных отходов, защитные сейфы и боксы и др.

Стационарные и передвижные защитные экраны предназначены для снижения уровня излучения на рабочем месте до допустимой величины. Если работу с источниками ионизирующих излучений проводят в специальном помещении – рабочей камере, то экранами служат ее стены, пол и потолок, изготовленные из защитных материалов. Также экраны носят название стационарных. Для устройства передвижных экранов используют различные щиты, поглощающие или ослабляющие излучение.

Экраны изготавливают из различных материалов. Их толщина зависит от вида ионизирующего излучения, свойств защитного материала и необходимой кратности ослабления излучения k . Величина k показывает, во сколько раз необходимо понизить энергетические показатели излучения (мощность экспозиционной дозы, поглощенную дозу, плотность потока частиц и др.), чтобы получить допустимые значения перечисленных характеристик. Например, для случая поглощенной дозы k выражается следующим образом:

$$k = D / D_0,$$

где D – мощность поглощенной дозы;

D_0 – допустимый уровень поглощенной дозы.

Для сооружения стационарных средств защиты стен, перекрытий, потолков и т.д. используют кирпич, бетон, баритобетон и баритовую штукатурку (в их состав входит сульфат бария – $BaSO_4$). Эти материалы надежно защищают персонал от воздействия гамма- и рентгеновского излучения.

Для создания передвижных экранов используют различные материалы. Защита от альфа-излучения достигается применением экранов из обычного или органического стекла толщиной несколько миллиметров. Достаточной защитой от этого вида излучения является слой воздуха в несколько сантиметров. Для защиты от бета-излучения экраны изготавливают из алюминия или пластмассы (органическое стекло). От гамма- и рентгеновского излучения эффективно защищают свинец, сталь, вольфрамовые сплавы. Смотровые системы изготавливают из специальных прозрачных материалов, например, свинцового стекла. От нейтронного излучения защищают материалы, содержащие в составе водород (вода, парафин), а также бериллий, графит, соединения бора и т.д. Бетон также можно использовать для защиты от нейтронов.

Защитные сейфы применяются для хранения источников гамма-излучения. Они изготавливаются из свинца и стали.

Для работы с радиоактивными веществами, обладающими альфа- и бета-активностью, используют защитные перчаточные боксы.

Защитные контейнеры и сборники для радиоактивных отходов изготавливаются из тех же материалов, что и экраны – органического стекла, стали, свинца и др.

При проведении работ с источниками ионизирующих излучений опасная зона должна быть ограничена предупреждающими надписями.

Принцип действия приборов, предназначенных для контроля за персоналом, который подвергается воздействию ионизирующих излучений, основан на различных эффектах, возникающих при взаимодействии этих излучений с веществом. Основные методы обнаружения и измерения радиоактивности – ионизация газа, сцинтилляционные и фотохимические методы. Наиболее часто используется ионизационный метод, основанный на измерении степени ионизации среды, через которую прошло излучение.

Сцинтилляционные методы регистрации излучений основаны на способности некоторых материалов, поглощая энергию ионизирующего излучения, превращать ее в световое излучение. Примером такого материала может служить сульфид цинка (ZnS). Сцинтилляционный счетчик представляет собой фотоэлектронную трубку с окошком, покрытым сульфидом цинка. При попадании внутрь этой трубки излучения возникает слабая вспышка света, которая приводит к возникновению в фотоэлектронной трубке импульсов электрического тока. Эти импульсы усиливаются и подсчитываются.

Фотохимические методы, или методы автордиографии, основаны на воздействии радиоактивного образца на слой фотоэмульсии, содержащий галогениды серебра. Уровень радиоактивности образца оценивают после проявления пленки.

Существуют и другие методы определения ионизирующих излучений, например калориметрические, которые основаны на измерении количества тепла, выделяющегося при взаимодействии излучения с поглощающим веществом.

Приборы дозиметрического контроля делятся на две группы: дозиметры, используемые для количественного измерения мощности дозы, и радиометры или индикаторы излучения, применяемые для быстрого обнаружения радиоактивных загрязнений.

Из отечественных приборов применяются, например, дозиметры марок ДРГЗ-04 и ДКС-04. Первый используется для измерения гамма- и рентгеновского излучения в диапазоне энергий 0,03–3,0 МэВ. Шкала прибора проградуирована в микроРентген/секунду (мкР/с). Второй прибор используется для измерения гамма- и бета-излучения в энергетическом диапазоне 0,5–3,0 МэВ, а также нейтронного излучения (жесткие и тепловые нейтроны). Шкала прибора проградуирована в миллирентгенах в час (мР/ч).

Промышленность выпускает также бытовые дозиметры, предназначенные для населения, например, бытовой дозиметр «Мастер-1» (предназначен для измерения дозы гамма-излучения), дозиметр-радиометр бытовой АНРИ-01 («Сосна»).

К средствам индивидуальной защиты от ионизирующих излучений относится спецодежда – халаты, комбинезоны, полукомбинезоны и шапочки, изготовленные из хлопчатобумажной ткани. При значительном загрязнении производственного помещения радиоактивными веществами на спецодежду из ткани дополнительно надевают пленочную одежду (нарукавники, брюки, фартук, халат и т.д.), изготовленную из пластика. Для защиты рук следует использовать просвинцованные резиновые перчатки.

В тех случаях, когда приходится работать в условиях значительного радиационного загрязнения, для защиты персонала используют пневмокостюмы (скафандры) из пластмассовых материалов с поддувом по гибким шлангам воздуха или снабженные кислородным аппаратом. Для поддержания нормальных температурных условий в скафандре расход воздуха должен составлять 150-200 л/мин.

Для защиты органов зрения от излучения применяют очки со стеклами, содержащими специальные добавки (фосфат вольфрама или свинец), а при работе с источниками альфа- и бета-излучений глаза защищают щитками из органического стекла.

Электрический ток

Воздействие электрического тока на человека, неотпускающий ток, ток фибрилляции

При эксплуатации и ремонте электрического оборудования и сетей человек может оказаться в зоне действия электромагнитного поля или непосредственно соприкоснуться с находящимися под напряжением проводниками электрического тока. В этом случае ток проходит по телу человека, в результате чего может произойти нарушение жизненных функций (потеря сознания, остановка дыхания или прекращение работы сердца).

Одной из особенностей поражения электрическим током является отсутствие внешних признаков грозящей опасности, которые человек мог бы заблаговременно обнаружить с помощью органов чувств: увидеть, услышать, обонять и т.д. В большинстве случаев человек включается в электрическую сеть либо руками (путь тока “рука-рука”), либо рукой и ногами (путь тока “рука-ноги”). Проходящий при этом ток приводит к серьезным повреждениям центральной нервной системы и таких жизненно важных органов, как сердце и легкие.

Тяжесть исхода электротравм является второй особенностью поражения электрическим током. Временная потеря трудоспособности при электротравмах, как

правило, продолжительна. Так, при поражении в сетях напряжением 220/380 В она составляет в среднем 30 дней.

Третья особенность поражения человека электрическим током заключается в том, что токи промышленной частоты 10-25 мА способны вызывать интенсивные судороги мышц. В результате наступает так называемое “приковывание” человека к токоведущим частям. Пострадавший самостоятельно не может освободиться от воздействия электрического тока. Длительное же протекание тока такой величины может привести к тяжелым последствиям.

Воздействие тока на человека вызывает резкую реакцию отдергивания, а в ряде случаев и потерю сознания. При работе на высоте это может привести к падению человека. В результате возникает опасность механического травмирования, причиной которого является воздействие тока. В этом состоит четвертая особенность поражения электрическим током.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает биологическое, тепловое, механическое или химическое воздействие. Биологическое воздействие заключается в способности тока раздражать и возбуждать живые ткани организма, тепловое – в его способности вызывать ожоги, механическое – приводить к разрыву тканей, а химическое – к электролизу крови.

Оценивать опасность воздействия электрического тока на человека можно по ответным реакциям организма. С увеличением тока четко проявляются три качественно отличные ответные реакции. Это прежде всего ощущение, далее судорожное сокращение мышц (неотпускание для переменного тока и болевой эффект для постоянного) и, наконец, фибрилляция сердца. Электрические токи, вызывающие соответствующую ответную реакцию, подразделяют на осязаемые, неотпускающие и фибрилляционные.

Ток до 1 мА частотой 50 Гц практически не ощущается более чем половиной людей – неощутимый ток. Он не представляет опасности, поэтому допустимо его длительное протекание через тело человека в производственных условиях. Увеличение тока приводит к появлению ощущения, а в дальнейшем и судороги мышц конечностей. Ток, вызывающий при прохождении через тело осязаемые раздражения, называют осязаемым.

Безопасным ток является только в том случае, если человек, попавший под напряжение, в состоянии самостоятельно преодолеть действие судороги и освободиться от контакта с электродами. Такой ток принято называть отпускающим. В случаях, когда человек самостоятельно не может освободиться от контакта, возникает опасность длительной судороги. Ток, вызывающий при прохождении через тело человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник, называют неотпускающим. Неотпускающий ток 10-25 мА обычно не представляет непосредственной опасности для жизни людей, если его воздействие будет прекращено достаточно быстро.

Однако, учитывая, что человек самостоятельно освободиться от контакта с токоведущими частями не может, а длительное воздействие приводит к нарушению дыхания, неотпускающий ток следует отнести к опасным. Ток 30-50 мА приводит к нарушению дыхания, потере сознания, затрудняет работу сердца.

При протекании тока в несколько десятых долей ампера возникает опасность нарушения работы сердца. Может произойти беспорядочное, некоординированное (фибрилляционное) сокращение отдельных волокон сердечной мышцы. Ток, вызывающий при прохождении через тело человека фибрилляцию сердца, называют фибрилляционным. Процесс фибрилляции сердца необратим, и ток, вызывающий его, является смертельным.

Минимальные значения токов, способных вызвать ту или иную ответную реакцию организма, принято считать пороговыми. Так, минимальное значение тока, вызывающего фибрилляцию сердца, является пороговым значением фибрилляционного тока.

Опасность фибрилляции возникает при протекании тока по области грудной клетки. При прохождении тока по пути “нога-нога” такая опасность практически отсутствует.

Допустимые для человека токи оценивают по трем критериям электробезопасности. Первый критерий – неощутимый ток ($I = 0,6 \text{ Ма}$), который не вызывает нарушений деятельности организма и допускается для длительного протекания через тело человека при обслуживании электрооборудования. В качестве второго критерия принимают отпускающий ток ($I = 6 \text{ мА}$). Действие такого тока на человека допустимо, если длительность его протекания не превышает 30 с. Третьим критерием является неотпускающий ток, не превосходящий пороговое значение фибрилляционного тока и действующий кратковременно (до 1 с). Значения неотпускающего тока в зависимости от длительности воздействия могут быть приняты следующими: при 1 с – 50 мА, при 0,7 с – 70 мА, при 0,5 с – 100 мА, при 0,2 с – 250 мА, при 0,1 с – 500 мА, при 0,08 - 0,01 с – 650 мА .

Пути тока в теле человека

Для возникновения поражений электрическим током большое значение имеют пути, по которым проходит электрический ток, так называемые петли тока. На рис. 2.3 приведены возможные пути распространения тока в организме человека.

Основное различие между электротравмами при разных петлях состоит в том, через какие органы прошел ток. Главными проводниками тока в организме являются не крупные сосуды, а мышечные массы вместе с питающей их капиллярной сетью. Следует учитывать, что в ряде случаев (например при падении пострадавшего) может происходить изменение положения конечностей и, соответственно, изменение первоначального пути распространения тока на другой. Опасность для жизни пострадавшего во многом зависит от

петли тока. Например, нижняя петля, проходящая через нижние конечности, менее опасна, чем верхняя, когда ток проходит через обе верхние конечности и туловище.

Факторы, влияющие на исход поражения человека электрическим током

Тяжесть поражения электрическим током зависит от целого ряда факторов: значения силы тока, электрического сопротивления тела человека и длительности протекания через него тока, рода и частоты тока, индивидуальных свойств человека и условий окружающей среды.

Основным фактором, обуславливающим ту или иную степень поражения человека, является сила тока (путь: рука – рука, рука – ноги). В табл. 2 приведены данные по опасности переменного и постоянного тока.

Таблица 4

Данные по опасности переменного и постоянного тока.

Род тока	Пороговый осязаемый ток, мА	Пороговый неотпускающий ток, мА	Пороговый фибрилляционный ток, мА
Переменный ток	0,5-1,5	6-10	80-100
частотой 50 Гц			
Постоянный ток	5-7	50-80	300

Фибрилляцией называется хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы, полностью нарушающие ее работу как насоса. (Для женщин пороговые значения тока в 1,5 раза меньше, чем для мужчин.)

Постоянный ток примерно в 4-5 раз безопаснее переменного тока частотой 50 Гц. Однако это характерно для относительно небольших напряжений (до 250-300 В). При более высоких напряжениях опасность постоянного тока возрастает.

В интервале напряжений 400-600 В опасность постоянного тока практически равна опасности переменного тока с частотой 50 Гц, а при напряжении более 600 В постоянный ток опаснее переменного.

Электрическое сопротивление тела человека. Электрическое сопротивление организма человека при сухой, чистой и неповрежденной коже при напряжении 15-20 В

находится в пределах от 3000 до 100 000 Ом, а иногда и больше. С удалением верхнего слоя кожи сопротивление снижается до 500-700 Ом. При полном удалении кожи сопротивление внутренних тканей тела составляет всего лишь 300-500 Ом. В расчетах принимают сопротивление организма человека, равное 1000 Ом.

При наличии на коже различных повреждений (потертостей, порезов, ссадин) резко уменьшается ее электрическое сопротивление в этих местах.

Электрическое сопротивление организма человека падает при увеличении тока и длительности его прохождения вследствие усиления местного нагрева кожи, что приводит к расширению сосудов, а следовательно, к усилению снабжения этого участка кровью и увеличению выделения пота.

С повышением напряжения, приложенного к телу человека, сопротивление кожи уменьшается, а следовательно, и полное сопротивление тела, которое приближается к своему наименьшему значению 300-500 Ом. Это объясняется пробоем рогового слоя кожи, увеличением тока, проходящего через нее, и другими факторами.

Сопротивление тела человека зависит от пола и возраста людей: у женщин это сопротивление меньше, чем у мужчин, у детей – меньше, чем у взрослых, у молодых людей меньше, чем у пожилых. Это объясняется толщиной и степенью огрубления верхнего слоя кожи. Кратковременное (на несколько минут) снижение сопротивления тела человека (20-50%) вызывает внешние, неожиданно возникающие физические раздражения: болевые (удары, уколы), световые и звуковые.

На электрическое сопротивление влияют также род тока и частота его. При частотах 10-20 кГц верхний слой кожи практически утрачивает сопротивление электрическому току.

Кроме того, есть особенно уязвимые участки тела к действию электрического тока. Это так называемые акупунктурные зоны (область лица, ладони и др.) площадью 2-3 мм². Их электрическое сопротивление всегда меньше электрического сопротивления зон, лежащих вне акупунктурных зон.

Длительность протекания тока через тело человека очень сильно влияет на исход поражения в связи с тем, что с течением времени падает сопротивление кожи человека, более вероятным становится поражение сердца.

Путь тока через тело человека также имеет существенное значение. Наибольшая опасность возникает при непосредственном прохождении тока через жизненно важные органы. Статистические данные показывают, что число травм с потерей сознания при прохождении тока по пути правая рука – ноги составляют 87%; по пути нога – нога 15%. Наиболее характерные цепи тока через человека: рука – ноги, рука – рука, рука – туловище

(соответственно 56,7; 12,2 и 9,8% травм). Более опасными считаются те цепи тока, при которых вовлекаются обе руки – обе ноги, левая рука – ноги, рука – рука, голова – ноги.

Род и частота тока также влияют на степень поражения. Наиболее опасным является переменный ток частотой от 20 до 1 000 Гц. Переменный ток опаснее постоянного, но это характерно только для напряжений до 250-300 В; при больших напряжениях становится опаснее постоянный ток. С повышением частоты переменного тока, проходящего через тело человека, полное сопротивление тела уменьшается, а проходящий ток увеличивается. Однако уменьшение сопротивления возможно лишь в пределах частот от 0 до 50-60 Гц. Дальнейшее же повышение частоты тока сопровождается снижением опасности поражения, которая полностью исчезает при частоте 450-500 кГц. Но эти токи могут вызывать ожоги как при возникновении электрической дуги, так и при прохождении их непосредственно через тело человека. Снижение опасности поражения током с повышением частоты практически заметно при частоте 1000-2000 Гц.

Индивидуальные свойства человека и состояние окружающей среды оказывают заметное влияние на тяжесть поражения.

Первая медицинская помощь

Первая медицинская помощь – это комплекс медицинских мероприятий, выполненных на месте поражения преимущественно в порядке само- и взаимопомощи, а также участниками аварийно-спасательных работ с использованием табельных и подручных средств.

Это оперативная помощь пострадавшему при получении травмы или внезапном приступе заболевания, оказывается до тех пор, пока не прибудет бригада «скорой помощи».

Общий порядок действий при оказании первой медицинской помощи следующий: - установить необходимость действий при оказании первой медицинской помощи; - принять решение об оказании первой медицинской помощи; - приступить к выполнению мероприятий первой медицинской помощи и оказать ее до прибытия специалистов.

Выявление признаков жизни и смерти

1. Определить наличие пульса на сонной артерии. (Пульс есть - пострадавший жив.)
2. Прислушаться к дыханию, установить наличие или отсутствие движений грудной клетки. (Движение грудной клетки есть - пострадавший жив.)
3. Определить реакцию зрачков на свет, приподнимая верхнее веко обоих глаз. (Зрачки на свету сужаются - пострадавший жив).

Порядок проведения сердечно-сосудистой реанимации

1. Обеспечить проходимость верхних дыхательных путей. С помощью марли (платка) удалить круговым движением пальцев из полости рта слизь, кровь, иные инородные предметы.

2. Запрокинуть голову пострадавшего. Не выполнять при подозрении на перелом шейного отдела позвоночника.

3. Зажать нос пострадавшего большим и указательным пальцами. Используя устройство для искусственной вентиляции легких типа "рот-устройство-рот", герметизировать полость рта, произвести два максимальных, плавных выдоха ему в рот. Дать две-три секунды на каждый пассивный выдох пострадавшего.

Контролировать, приподнимается ли грудь пострадавшего при вдохе и опускается ли при выдохе.

Первая помощь при наружных кровотечениях, ранениях, ушибах, переломах, отравлениях, ожогах, электротравмах, тепловых и солнечных ударов

1. Первая помощь при наружном кровотечении.

1) Убедиться, что ничего не угрожает, надеть защитные (резиновые) перчатки, вынести (вывести) пострадавшего за пределы зоны поражения.

2) Определить наличие пульса на сонных артериях, наличие самостоятельного дыхания, наличие реакции зрачков на свет.

3) При значительной кровопотере уложить пострадавшего с приподнятыми ногами.

4) Остановить кровотечение, вызвать "скорую помощь".

5) Наложить (чистую) асептическую повязку.

6) Обеспечить неподвижность поврежденной части тела.

7) Положить холод (пакет со льдом) на повязку над раной (на болезное место).

8) Придать пострадавшему устойчивое боковое положение.

9) Защитить пострадавшего от переохлаждения, дать обильное теплое сладкое питье.

Первая помощь при ранении живота

1) Нельзя вправлять выпавшие органы в брюшную полость. Запрещено пить и есть! Для утоления чувства жажды смачивай губы.

2) Вокруг выпавших органов положи валик из марлевых бинтов (защити выпавшие внутренние органы).

- 3) Поверх валиков наложи асептическую повязку. Не прижимая выпавшие органы, прибинтуй повязку к животу.
- 4) Наложил холод на повязку.
- 5) Защити пострадавшего от переохлаждения. Укутай теплыми одеялами, одеждой.
- 6) Вызови "скорую помощь", обеспечь доставку пострадавшего в лечебное учреждение.

Первая помощь при проникающем ранении грудной клетки

- 1) Нельзя вправлять выпавшие органы в брюшную полость. Запрещено пить и есть! Для утоления чувства жажды смачивай губы.
- 2) Вокруг выпавших органов положи валик из марлевых бинтов (защити выпавшие внутренние органы).
- 3) Поверх валиков наложи асептическую повязку. Не прижимая выпавшие органы, прибинтуй повязку к животу.
- 4) Наложил холод на повязку.
- 5) Защити пострадавшего от переохлаждения. Укутай теплыми одеялами, одеждой.
- 6) Вызови "скорую помощь", обеспечь доставку пострадавшего в лечебное учреждение.

Первая помощь при переломах костей

- 1) Убедись, что ни тебе, ни пострадавшему ничто не угрожает, вынеси (выведи) пострадавшего за пределы зоны поражения.
- 2) При открытых переломах сначала останови наружное кровотечение.
- 3) Обеспечь неподвижность места переломов костей с помощью шин или подручных средств (ветка, доска) поверх одежды.
- 4) Вызови "скорую помощь".
- 5) Наложил на рану асептическую повязку. При открытом переломе.
- 6) Положи холод (пакет со льдом) на повязку над раной (на больное место).
- 7) Укутай пострадавшего теплым (спасательным) одеялом, одеждой.

Правила иммобилизации (обездвиживания)

- 1) Иммобилизация выполняется с обездвиживанием двух соседних суставов, расположенных выше и ниже места перелома.
- 2) В качестве иммобилизирующего средства (шины) можно использовать плоские узкие предметы: палки, доски, линейки, прутья, фанеру, картон и др. Острые края и углы шин из подручных средств должны быть сглажены. Шину после наложения необходимо

зафиксировать бинтами или пластырем. Шину при закрытых переломах (без повреждения кожи) накладывают поверх одежды.

3) При открытых переломах нельзя прикладывать шину к местам, где выступают наружу костные отломки.

4) Шину на всем протяжении (исключая уровень перелома) прикрепить к конечности бинтом, плотно, но не очень туго, чтобы не нарушалось кровообращение. При переломе нижней конечности шины накладывают с двух сторон.

5) При отсутствии шин или подручных средств поврежденную ногу можно иммобилизовать, прибинтовав ее к здоровой ноге, а руку - к туловищу.

Первая помощь при термических ожогах

1) Убедись, что тебе ничто не угрожает. Останови (сбей с ног) пострадавшего.

2) Потуши горящую одежду любым способом (накрой человека покрывалом).

3) Вызови "скорую помощь". Обеспечь доставку пострадавшего в ожоговое отделение больницы.

4) Вынеси (выведи) пострадавшего за пределы зоны поражения. Орошать место ожога разведенным водой спиртом (1:1), водкой 2-3 минуты (охлаждение, дезинфекция, обезболивание), затем холодной водой 15-30 минут. Пузыри не вскрывать, прилипшую одежду обрезать вокруг ожоговой раны! Из раны не удалять посторонние предметы и прилипшую одежду! Наложить на ожоговую поверхность стерильную повязку и холод поверх повязки. Дать обильное теплое подсоленное питье (минеральную воду).

Первая помощь при обморожении

1) Внеси пострадавшего в теплое помещение.

2) Укутай отмороженные участки тела в несколько слоев. Нельзя ускорять внешнее согревание отмороженных частей тела. Тепло должно возникнуть внутри с восстановлением кровообращения. При отморожении использовать масло или вазелин, растереть отмороженные участки тела снегом запрещено.

3) Укутай пострадавшего в одеяла, при необходимости переодень в сухую одежду.

4) Дай обильное горячее сладкое питье. Накорми горячей пищей. Вызови «скорую помощь».

Первая помощь при поражении электрическим током

Обеспечь свою безопасность. Надень сухие перчатки (резиновые, шерстяные, кожаные и т.п.), резиновые сапоги. По возможности отключи источник тока. При подходе к

пострадавшему по земле иди мелкими, не более 10 см, шагами. Сбрось с пострадавшего провод сухим токонепроводящим предметом (палка, пластик). Оттащи пострадавшего за одежду не менее чем на 10 метров от места касания проводом земли или от оборудования, находящегося под напряжением. Вызови "скорую помощь". Определи наличие пульса на сонной артерии, реакции зрачков на свет, самостоятельного дыхания. 52 При отсутствии признаков жизни проведи сердечно-легочную реанимацию. При восстановлении самостоятельного дыхания и сердцебиения придай пострадавшему устойчивое боковое положение. Если пострадавший пришел в сознание, укрой и согрей его. Следи за его состоянием до прибытия медицинского персонала, может наступить повторная остановка сердца.

Первая помощь при утоплении

1) Убедись, что тебе ничто не угрожает. Извлеки пострадавшего из воды. (При подозрении на перелом позвоночника вытаскивай пострадавшего на доске или щите.)

2) Уложи пострадавшего животом на свое колено, дай воде стечь из дыхательных путей. Обеспечь проходимость верхних дыхательных путей. Очисти полость рта от посторонних предметов (слизь, рвотные массы и т.п.). Вызови (самостоятельно или с помощью окружающих) "скорую помощь".

3) Определи наличие пульса на сонных артериях, реакции зрачков на свет, самостоятельного дыхания.

4) Если пульс, дыхание и реакция зрачков на свет отсутствуют - немедленно приступай к сердечно-легочной реанимации. Продолжай реанимацию до прибытия медицинского персонала или до восстановления самостоятельного дыхания и сердцебиения.

5) После восстановления дыхания и сердечной деятельности придай пострадавшему устойчивое боковое положение. Укрой и согрей его. Обеспечь постоянный контроль за состоянием.

Первая помощь при пероральных давлениях

1) Обеспечь промывание желудка. Давай выпить по стакану чистой воды температурой 18- 20 С. На один литр воды желательна добавка десертной ложки соли (10 г) и чайную ложку питьевой соды (5 г). После приема каждые 300-500 мл воды следует вызывать рвоту, прикоснувшись пальцами к корню языка. Общий объем принятой жидкости при промывании желудка должен быть не меньше 2500-5000 мл. Промывание желудка проводить до "чистых промывных вод". При отсутствии сознания желудок не промывать!

2) Раствори в стакане воды 10-20 таблеток активированного угля до состояния кашицы. Дай пострадавшему выпить (в качестве абсорбента).

Первая помощь при тепловом (солнечном) ударе

Признаки: слабость, сонливость, жажда, тошнота, головная боль; возможны учащение дыхания и повышение температуры, потеря сознания.

- 1) Перенеси пострадавшего в прохладное, проветриваемое место (в тень, к открытому окну).
- 2) Уложи пострадавшего. Расстегни воротник, ослабь ремень, снимии обувь.
- 3) Определи наличие пульса на сонных артериях, самостоятельного дыхания, реакции зрачков на свет.