

## Тема 2/3: Чрезвычайные ситуации техногенного характера, радиационная опасность и взрывчатые вещества.

### Физическая сторона радиоактивности. Основные понятия. Типы излучений.

*Радиоактивность* – способность некоторых атомных ядер самопроизвольно (спонтанно) превращаться в другие ядра с испусканием различных видов радиоактивных излучений и элементарных частиц.

Радиоактивность подразделяют на *естественную* (наблюдается у неустойчивых изотопов, существующих в природе) и *искусственную* (наблюдается у изотопов, полученных посредством ядерных реакций).

Радиоактивное излучение разделяют на три типа:

*α-излучение* – отклоняется электрическим и магнитными полями, обладает высокой ионизирующей способностью и малой проникающей способностью; представляет собой поток ядер гелия; заряд α-частицы равен  $+2e$ , а масса совпадает с массой ядра изотопа гелия  ${}^4_2\text{He}$ .

Правило смещения α-распада

*β-излучение* – отклоняется электрическим и магнитным полями; его ионизирующая способность значительно меньше (приблизительно на два порядка), а проникающая способность гораздо больше, чем у α-частиц; представляет собой поток быстрых электронов.

Правило смещения β<sup>-</sup>-распада.

Правило смещения β<sup>+</sup>-распада.

*γ-излучение* – не отклоняется электрическим и магнитными полями, обладает относительно слабой ионизирующей способностью и очень большой проникающей способностью; представляет собой коротковолновое электромагнитное излучение с чрезвычайно малой длиной волны  $\lambda < 10^{-10}$  м и вследствие этого – ярко выраженными *корпускулярными свойствами*, то есть является поток частиц - γ-квантов (фотонов).

*Период полураспада*  $T_{1/2}$  – время, за которое исходное число радиоактивных ядер в среднем уменьшается вдвое.

### Острая и хроническая лучевая болезнь. Радиационные ожоги.

При применении противником ядерного оружия возникает очаг ядерного поражения – территория, где факторами массового поражения людей

являются *воздушная ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное заражение местности и электромагнитный импульс.*

Основным поражающим фактором является *воздушная ударная волна*, которая образуется за счёт быстрого увеличения объёма продуктов ядерного взрыва под действием огромного количества тепла и сжатия, а затем и разрежения окружающих слоев воздуха. Воздушная ударная волна может разрушать здания и поражать людей на значительном расстоянии от эпицентра взрыва.

В результате поражающего действия *светового излучения* могут возникнуть массовые ожоги и поражения глаз. Для защиты пригодны различного рода укрытия, а на открытой местности – специальная одежда и очки.

*Проникающая радиация* представляет собой гамма-лучи и поток нейтронов, исходящих из зоны ядерного взрыва. Они могут распространяться на тысячи метров, проникать в различные среды, вызывая ионизацию атомов и молекул. Проникая в ткани организма, гамма-лучи и нейтроны нарушают биологические процессы и функции органов и тканей, в результате чего развивается лучевая болезнь.

*Радиоактивное заражение местности* создается за счет адсорбции радиоактивных атомов частицами грунта ( так называемое радиоактивное облако, которое перемещается по направлению движения воздуха ). Основная опасность для людей на зараженной местности – внешнее бета-гамма-облучение и попадание продуктов ядерного взрыва внутрь организма и на кожные покровы.

### **Острая лучевая болезнь.**

Острая лучевая болезнь (ОЛБ) представляет собой одномоментную травму всех органов и систем организма, но прежде всего – острое повреждение наследственных структур делящихся клеток, преимущественно кроветворных клеток костного мозга, лимфатической системы, эпителия желудочно-кишечного тракта и кожи, клеток печени, легких и других органов в результате воздействия ионизирующей радиации.

Будучи травмой, лучевое повреждение биологических структур имеет строго количественный характер, то есть малые воздействия могут оказаться незаметными, большие могут вызвать гибельные поражения. Существенную роль играет и мощность дозы радиационного воздействия: одно и то же количество энергии излучения, поглощенное клеткой, вызывает тем большее повреждение биологических структур, чем короче срок облучения. Большие дозы воздействия, растянутые во времени, вызывают существенно меньшие повреждения, чем те же дозы, поглощенные за короткий срок.

Основными характеристиками лучевого повреждения являются таким образом две следующие : биологический и клинический эффект определяется дозой облучения («доза - эффект»), с одной стороны, а с другой, этот эффект обуславливается и мощностью дозы («мощность дозы - эффект»).

*Дозы излучения и единицы их измерения.* Эффект облучения зависит от величины поглощенной дозы, её мощности, объёма облученных тканей и органов, вида излучения. Снижение мощности дозы излучения уменьшает биологический эффект. Различия связаны с возможностью восстановления поврежденного облучением организма. С увеличением мощности дозы значимость восстановительных процессов снижается.

*Поглощённая доза излучения* измеряется энергией ионизирующего излучения, переданного массе облучаемого вещества. Единица поглощённой дозы – грей (Гр), равный 1 джоулю, поглощённому 1 кг вещества ( 1 Гр = 1Дж/кг = 100 рад ).

### Органые повреждения и зависимость проявлений от дозы на ткань

Клинический синдром	Минимальная доза, рад
Гематологический : первые признаки цитопении (тромбоцитопении до $10 \cdot 10^4$ в 1 мкл на 29-30-е сутки) агранулоцитоз (снижение лейкоцитов ниже $1 \cdot 10^3$ в 1 мкл), выраженная тромбоцитопения	50 – 100 200 и более
Эпиляция : начальная постоянная	свыше 250 – 300 700 и более
Кишечный : картина энтерита язвенно-некротические изменения слизистых оболочек ротовой полости, ротоглотки, носоглотки	500, чаще 800 – 1000 1000
Поражения кожи : эритема (начальная и поздняя) сухой радиоэпидерматит экссудативный радиоэпидерматит язвенно-некротический дерматит	800 – 1000 1000 – 1600 1600 – 2500 2500 и более

Эффект биологического действия излучений зависит также от пространственного распределения поглощённой энергии, которая характеризуется *линейной передачей энергии* (ЛПЭ), что учитывается при оценке различных видов излучения показателем *относительной биологической эффективности* (ОБЭ). При этом ОБЭ рентгеновского и  $\gamma$ -излучения принимают равной 1.

Доза рентгеновского излучения (180-250 кэВ)  
вызывающая данный эффект

ОБЭ = \_\_\_\_\_

Поглощённая доза любого другого  
вида излучения, вызывающая такой же эффект

ОБЭ зависит не только от ЛПЭ излучений, но и от ряда физических и биологических факторов, например, от величины дозы, кратности облучения и др. По предложению Международной комиссии по радиологическим единицам, показатель ОБЭ для оценки различных видов излучения используется только в радиобиологии. Для решения задач радиационной защиты предложен коэффициент качества излучения  $k$ , зависящий от ЛПЭ

ЛПЭ, кэВ/мкм воды	<3,5	7,0	23	53	>175
К	1	2	5	10	20

В области радиационной безопасности для оценки возможного ущерба здоровью человека при хроническом облучении введено понятие эквивалентной дозы  $H$ , которая равна произведению поглощенной дозы  $D$  на средний коэффициент качества ионизирующего излучения  $k$  в данном элементе объёма биологической ткани:

$$H = Dk$$

Единица эквивалентной дозы – зиверт (Зв), равный 1 Дж/кг (1 Зв = 100 бэр).

При определении эквивалентной дозы ионизирующего излучения используют следующие значения коэффициента качества :

Вид излучения	k
Рентгеновское и $\gamma$ -излучение	1
Электроны, позитроны, $\beta$ -излучение	1
Протоны с энергией <10 МэВ	10
Нейтроны с энергией < 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0.1 – 10 МэВ	10
$\alpha$ -излучение с энергией < 10 МэВ	20
Тяжёлые ядра отдачи	20

Для оценки ущерба здоровью человека при неравномерном облучении введено понятие *эффективной эквивалентной дозы*  $H_{эфф}$ , применяемый при оценке возможных стохастических эффектов – злокачественных новообразований :

$$H_{эфф} = \sum W_T H_T$$

где  $H_T$  – среднее значение эквивалентной дозы в органе или ткани;  $W_T$  – взвешенный коэффициент, равный отношению ущерба облучения органа или ткани к ущербу облучения всего тела при одинаковых эквивалентных дозах.

Значения коэффициентов  $W_T$  для различных органов и тканей приведены ниже :

Орган или ткань	$W_T$
Половые железы	0,25
Молочные железы	0,15
Красный костный мозг	0,12
Лёгкие	0,12
Щитовидная железа	0,03
Кость (поверхность)	0,03
Остальные органы (ткани)	0,3
Всё тело	1,0

Для оценки ущерба от стохастических эффектов воздействий ионизирующих излучений на персонал или население используют коллективную эквивалентную дозу  $S$ , равную произведению индивидуальных эквивалентных доз на число лиц, подвергшихся облучению. Единица коллективной эквивалентной дозы – человеко-зиверт (чел.-Зв).

Непосредственно после облучения человека клиническая картина оказывается скудной, иногда симптоматика вообще отсутствует. Именно поэтому знание дозы облучения человека играет решающую роль в диагностике и раннем прогнозировании течения острой лучевой болезни, в определении терапевтической тактики до развития основных симптомов заболевания.

В соответствии с дозой лучевого воздействия острую лучевую болезнь принято разделять на четыре степени тяжести:

Дифференциация острой лучевой болезни по степени тяжести в зависимости от биологических показателей в латентный период

Тяжесть ОЛБ, Доза (Гр)	Рвота	Лимфоциты через 48-72 ч. после облучения (в 1 мкл)	Лейкоциты на 7-9-е сутки после облучения (в 1 мкл)	Тромбоциты на 20-е сутки после облучения (в 1 мкл)	Сроки Госпитализации (сут.)	смертность
Крайне тяжёлая (>6)	через 10-30 мин. Многократная	100	Менее 1000	Менее 80000	1-е	через 2 недели
Тяжёлая (4 – 6)	через 30 мин. – 3 ч., 2 раза и более	100-400	1000 – 2000	То же	8-е	без лечения – до 70 %
Средняя (2 – 4)	через 30 мин. – 3 ч.,	500 – 1000	2000 – 3000	То же	20-е	через 1.5 – 2 мес.

	2 раза и более					может вызвать до 20 %
Лёгкая (1 – 2)	нет или позже чем через 3 ч., однократно	Более 1000	Более 3000	Более 80000	Необязательно	не смертельна

Дифференциация острой лучевой болезни по степени тяжести в зависимости от проявлений первичной реакции

Степень тяжести и доза (рад)	Косвенные признаки			
	Общая слабость	Головная боль и состояние сознания	Температура	Гиперемия кожи и инъекция склер
Лёгкая (100-200)	Лёгкая	Кратковременная головная боль, сознание ясное	Нормальная	Лёгкая инъекция склер
Средняя (200-400)	Умеренная	Головная боль, сознание ясное	Субфебрильная	Отчётливая гиперемия кожи и инъекция склер
Тяжелая (400-600)	Выраженная	Временами сильная головная боль, сознание ясное	Субфебрильная	Выраженная гиперемия кожи и инъекция склер
Крайне тяжёлая (более 600)	резчайшая	Упорная сильная головная боль, сознание может быть спутанным	Может быть 38-39°C	Резкая гиперемия кожи и инъекция склер

Само по себе разделение больных по степеням тяжести весьма условно и преследует конкретные цели сортировки больных и проведение в отношении их конкретных организационно-терапевтических мероприятий. Абсолютно необходимо определять степень тяжести пострадавших при массовых поражениях, когда число пострадавших определяется десятками, сотнями и более.

*Острая лучевая болезнь* представляет собой самостоятельное заболевание, развивающееся в результате гибели преимущественно делящихся клеток организма под влиянием кратковременного (до нескольких суток) воздействия на значительные области тела ионизирующей радиации. Причиной острой лучевой болезни могут быть как авария, так и тотальное облучение организма с лечебной целью – при трансплантации костного мозга, при лечении множественных опухолей.

*Клиническая картина* острой лучевой болезни весьма разнообразна; она зависит от дозы облучения и сроков, прошедших после облучения. В своём развитии болезнь проходит несколько этапов. В первые часы после облучения появляется *первичная реакция* ( рвота, лихорадка, головная боль непосредственно после облучения ). Через несколько дней ( тем раньше, чем выше доза облучения ) развивается опустошение костного мозга, в крови – агранулоцитоз, тромбоцитопения. Появляются разнообразные инфекционные процессы, стоматит, геморрагии. Между первичной реакцией и разгаром болезни при дозах облучения менее 500-600 рад отмечается период внешнего благополучия – латентный период. Деление острой лучевой болезни на периоды первичной реакции, латентный, разгара и восстановления неточное : чисто внешние проявления болезни не определяют истинного положения.

*Хроническая лучевая болезнь* представляет собой заболевание, вызванное повторными облучениями организма в малых дозах, суммарно превышающих 100 рад. Развитие болезни определяется не только суммарной дозой, но и её мощностью, то есть сроком облучения, в течение которого произошло поглощение дозы радиации в организме. В условиях хорошо организованной радиологической службы в стране случаев хронической лучевой болезни не наблюдается. Плохой контроль за источниками радиации, нарушение персоналом техники безопасности в работе с рентгенотерапевтическими установками приводит к появлению случаев хронической лучевой болезни.

*Клиническая картина* хронической лучевой болезни определяется прежде всего астеническим синдромом и умеренными цитопеническими изменениями в крови. Сами по себе изменения в крови не являются источниками опасности для больных, хотя снижают трудоспособность. При хронической лучевой болезни очень часто возникают опухоли – гемобластозы и рак. При хорошо поставленной диспансеризации, тщательном онкологическом осмотре 1 раз в год и исследовании крови 2 раза в год удастся предупредить развитие запущенных форм рака, и продолжительность жизни таких больных приближается к нормальной.

Наряду с острой и хронической лучевой болезнями, можно выделить *подострую форму*, возникающую в результате многократных повторных облучений в средних дозах на протяжении нескольких месяцев, когда суммарная доза за сравнительно короткий срок достигает 500-600 рад. По клинической картине это заболевание напоминает острую лучевую болезнь.

### **Противорадиационная защита населения. Медицинская профилактика и оказание первой помощи при радиационных поражениях.**

Противорадиационная защита населения включает : оповещение о радиационной опасности, использование коллективных и индивидуальных средств защиты, соблюдение режима поведения населения на зараженной радиоактивными веществами территории, защиту продуктов питания и воды от радиоактивного заражения, использование медицинских средств индивидуальной защиты, определение уровней заражения территории,

дозиметрический контроль за облучением населения и экспертизу заражения радиоактивными веществами продуктов питания и воды.

По сигналам оповещения Гражданской обороны «Радиационная опасность» население должно укрыться в защитных сооружениях. Как известно, они существенно (в несколько раз) ослабляют действие проникающей радиации.

Из-за опасности получить радиационное поражение нельзя приступать к оказанию первой медицинской помощи населению при наличии на местности высоких уровней радиации. В этих условиях большое значение имеет оказание само- и взаимопомощи самим пострадавшим населением, строгое соблюдение правил поведения на заражённой территории.

На территории, заражённой радиоактивными веществами, нельзя принимать пищу, пить воду из заражённых водоисточников, ложиться на землю. Порядок приготовления пищи и питания населения определяется органами Гражданской обороны с учётом уровней радиоактивного заражения местности.

При оказании первой медицинской помощи на территории с радиоактивным заражением в очагах ядерного поражения в первую очередь следует выполнять те мероприятия, от которых зависит сохранение жизни поражённого. Затем необходимо устранить или уменьшить внешнее гамма-облучение, для чего используются защитные сооружения: убежища, заглублённые помещения, кирпичные, бетонные и другие здания. Чтобы предотвратить дальнейшее воздействие радиоактивных веществ на кожу и слизистые оболочки, проводят частичную санитарную обработку и частичную дезактивацию одежды и обуви. Частичная санитарная обработка проводится путём обмывания чистой водой или обтирания влажными тампонами открытых участков кожи. Поражённому промывают глаза, дают прополоскать рот. Затем, надев на поражённого респиратор, ватно-маревую повязку или закрыв его рот и нос полотенцем, платком, шарфом, проводят частичную дезактивацию его одежды. При этом учитывают направление ветра, чтобы обмётываемая с одежды пыль не попадала на других.

При попадании радиоактивных веществ внутрь организма промывают желудок, дают адсорбирующие вещества (активированный уголь). При появлении тошноты принимают противорвотное средство из аптечки индивидуальной. В целях профилактики инфекционных заболеваний, которым становится подвержен облучённый, рекомендуется принимать противобактериальные средства.

### **Биологическое действие ионизирующих излучений**

Жизнь на Земле возникла и развивалась на фоне ионизирующей радиации. Поэтому биологическое действие её не является каким-то новым раздражителем в пределах естественного радиационного фона. Радиационный фон Земли складывается из излучения, обусловленного космическим излучением, и излучения от рассеянных в Земной коре, воздухе, воде, теле человека и других объектах внешней среды природных радионуклидов. Основной вклад в дозу облучения вносят  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  вместе с продуктами



распада урана и тория. В среднем доза фонового (внешнего и внутреннего) облучения человека составляет 1 мЗв/год. В отдельных районах с высоким содержанием природных радионуклидов это значение может достигать 10 мЗв и более. Считают, что часть наследственных изменений и мутаций у животных и растений связана с радиационным фоном.

В основе повреждающего действия ионизирующих излучений лежит комплекс взаимосвязанных процессов. Ионизация и возбуждение атомов и молекул дают начало образованию высокоактивных радикалов, вступающих в последующем в реакции с различными биологическими структурами клеток. В повреждающем действии радиации важное значение имеют возможный разрыв связей в молекулах за счет непосредственного действия радиации и внутри- и межмолекулярной передачи энергии возбуждения. Физико-химические процессы, протекающие на начальных этапах, принято считать первичными – пусковыми. В последующем развитие лучевого поражения проявляется в нарушении обмена веществ с изменением соответствующих функций органов. Малодифференцированные, молодые и растущие клетки наиболее радиочувствительны.

Животные и растительные организмы характеризуются различной радиочувствительностью, причины которой до сих пор полностью ещё не выяснены. Как правило, наименее чувствительны одноклеточные растения, животные и бактерии, а наиболее чувствительны – млекопитающие животные и человек. Различие в чувствительности к радиации имеет место у отдельных особей одного и того же вида. Она зависит от физиологического состояния организма, условий его существования и индивидуальных особенностей. Более чувствительны к облучению новорожденные и старые особи. Различного рода заболевания, воздействие других вредных факторов отрицательно сказывается на течении радиационных повреждений.

Изменения, развивающиеся в органах и тканях облучённого организма, называют соматическими. Различают ранние соматические эффекты, для которых характерна чёткая дозовая зависимость, и поздние – к которым относят повышение риска развития опухолей (лейкозов), укорочение продолжительности жизни и разного рода нарушения функции органов. Специфических новообразований, присущих только ионизирующей радиации, нет. Существует тесная связь между дозой, выходом опухолей и длительностью латентного периода. С уменьшением дозы частота опухолей падает, а латентный период увеличивается.

В отдалённые сроки могут наблюдаться и генетические (врождённые уродства, нарушения, передающиеся по наследству), повреждения, которые наряду с опухолевыми эффектами являются стохастическими. В основе генетических эффектов облучения лежит повреждение клеточных структур, ведающих наследственностью – половых яичников и семенников.

Промежуточное место между соматическими и генетическими повреждениями занимают эмбриотоксические эффекты - пороки развития – последствия облучения плода. Плод весьма чувствителен облучению, особенно в период органогенеза (на 4-12 неделях беременности у человека). Особенно чувствительным является мозг плода (в этот период происходит формирование коры).

Эффект облучения, как было сказано, зависит от величины поглощённой дозы и пространственно-временного распределения её в организме. Облучение может вызвать повреждения от незначительных, не дающих клинической картины, до смертельных. Однократное острое, пролонгированное, дробное, хроническое облучение в дозе, отличной от нуля, по современным представлениям, может увеличить риск отдалённых стохастических эффектов – рака и генетических нарушений. Риск и ожидаемое число смертей от опухолей и наследственных дефектов в результате облучения :

Критический орган	Заболевание	Риск, $10^{-2}$ Зв <sup>-1</sup>	Число случаев, $10^4$ чел.-Зв
Всё тело, красный костный мозг	Лейкемия	0,2	20
Щитовидная железа	Рак щитовидной железы	0,05	5
Молочная железа	Рак молочной железы	0,25	25
Скелет	Опухоли костной ткани	0,05	5
Лёгкие	Опухоли лёгких	0,2	20
Все остальные органы и ткани	Опухоли других органов	0,5	50
Все органы и ткани	Все злокачественные опухоли	1,25	125
Половые железы	Наследственные дефекты	0,4	40
Всего		1,65	165

### Источники излучения, защита, хранение, аварии.

Ядерные взрывы, выбросы радионуклидов предприятиями ядерной энергетики и широкое использование источников ионизирующих излучений в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве, медицине и научных исследованиях привели к глобальному повышению облучения населения Земли. К естественному облучению прибавились антропогенные источники внешнего и внутреннего облучения.

При ядерных взрывах в окружающую среду поступают радионуклиды деления, наведенной активности и неразделившаяся часть заряда (уран, плутоний). Наведенная активность наступает при захвате нейтронов ядрами атомов элементов, находящихся в конструкции изделия, воздухе, почве и воде. По характеру излучения все радионуклиды деления и наведенной активности относят к  $\beta$ - или  $\beta,\gamma$ -излучателям.

Выпадения подразделяются на местные и глобальные (тропосферные и стратосферные). Местные выпадения, которые могут включать свыше 50%

образовавшихся радиоактивных веществ при наземных взрывах, представляют собой крупные аэрозольные частицы, выпадающие на расстоянии около 100 км от места взрыва. Глобальные выпадения обусловлены мелкодисперсными аэрозольными частицами. Наибольшую потенциальную опасность в них представляют такие долгоживущие и биологически опасные радионуклиды как  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

Радионуклиды, выпавшие на поверхность земли, становятся источником длительного облучения.

Воздействие на человека радиоактивных выпадений включает внешнее  $\gamma$ -,  $\beta$ -облучение за счёт радионуклидов, присутствующих в приземном воздухе и выпавших на поверхность земли, контактное в результате загрязнения кожных покровов и одежды и внутреннее от поступивших в организм радионуклидов с вдыхаемым воздухом и загрязнённой пищей и водой. Критическим радионуклидом в начальный период является радиоактивный йод, а в последующем  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

### Йод.

Природный изотоп йода –  $^{127}\text{I}$ . Известны радиоактивные изотопы с массовыми числами 115-126, 128-141. Практическое значение имеют  $^{125}\text{I}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ . Применяется в физической химии, биологии и медицине. Особенно широко применяются в медицине для целей диагностики и лечения  $^{131}\text{I}$  и  $^{125}\text{I}$ .

Йод характеризуется высокой миграционной способностью. Поступая во внешнюю среду и включаясь в биологические цепи миграции, он становится источником внешнего и внутреннего облучения. Радиоактивные изотопы йода могут поступать в организм человека через органы пищеварения, дыхания, кожу, раневые и ожоговые поверхности. Основными цепочками являются: растения-человек; растение-животное-молоко-человек; растения-животное-мясо-человек; растения-птица-яйцо-человек; вода-гидробионты-человек. Особенное значение, как источник поступления в организм человека, могут иметь продукты питания растительного происхождения, особенно молоко, свежие молочные продукты и листовые овощи.

Поступивший в организм радиоактивный йод быстро всасывается в кровь и лимфу. В течение первого часа в верхнем отделе тонкого кишечника всасывается 80-90 %. Органы и ткани по концентрации йода образуют убывающий ряд: щитовидная железа, почки, печень, мышцы, кости. Накопление  $^{131}\text{I}$  в щитовидной железе протекает быстро: через 2 и 6 часов после поступления радионуклида составляет 5-10 и 15-20 % соответственно, через сутки – 25-30 % введённого количества. При гипертиреозе накопление йода в железе протекает быстрее и через сутки достигает 80-70 %. При гипотиреозе, напротив, накопление радионуклида замедляется и составляет лишь 5-10 %. В нормально функционирующей железе свыше 90 % йода связано с белками. Основным путём выведения йода из организма является почки.

Острые радиационные поражения  $^{131}\text{I}$  тяжёлой, средней и лёгкой степени можно ожидать при пероральном поступлении в организм следующих количеств

Тяжесть поражения	Количество $^{131}\text{I}$ , МБк/кг		
	крыса	собака	человек
тяжёлая	1850	185	55
средняя	550	55	18
лёгкая	185	18	5

Токсичность радионуклида при ингаляционном поступлении примерно в 2 раза выше, что связано с большей площадью  $\beta$ -облучения.

При поступлении меньших количеств  $^{131}\text{I}$  отмечается нарушение функции щитовидной железы, а также незначительные изменения в картине крови и некоторых показателей обмена и иммунитета. Облучение щитовидной железы в дозах порядка десятков грей вызывает снижение её функциональной активности с частичным восстановлением в ближайшие месяцы и возможным последующим новым снижением. При дозе несколько грей выявлено повышение функциональной активности железы в ближайший период, которое может сменяться состоянием гипофункции. Функциональные нарушения проявляются не только уменьшением секреции гормонов, но и снижением их биологической активности. Повреждение железы связывают не только с непосредственным действием радиации на тереоидный эпителий, но и повреждение сосудов и особенно радиоиммунными нарушениями.

### Цезий.

Природный цезий состоит из одного стабильного изотопа –  $^{133}\text{Cs}$ . Известно 23 радиоактивных изотопов с массовыми числами 123-132, 134-144. Наибольшее практическое значение имеет  $^{137}\text{Cs}$ .

Цезий применяется в химических и радиобиологических исследованиях, в гамма-дефектоскопии, в радиационной технологии.  $^{137}\text{Cs}$  используют в качестве источника  $\gamma$ -излучения для контактной и дистанционной лучевой терапии, а также для радиационной стерилизации.

*Токсическое действие. Животные.* При подкожном введении  $^{137}\text{Cs}$  крысам в количестве  $14.8 \cdot 10^5$  Бк/г отмечались отдышка, слабость, потеря аппетита, кровавый понос, кровавистые выделения из носа, снижение массы тела на 12-19 %. Все животные погибали на 9 – 11 сут. При введении  $7.4 \cdot 10^5$  Бк/г гибель животных наступала на 99-328 сут. Наблюдалась лейкопения, снижалось число лимфоцитов и нейтрофилов.

**Человек.** Мужчина, 31 год, случайно выпил раствор  $^{137}\text{Cs}$  в количестве  $14.8 \cdot 10^7$  Бк. Доза облучения организма до полного выведения радионуклида составила 2.4 Зв. Через 3 сут. После отравления жалобы на общую слабость, шум в голове; тремор рук. Отмечено жёлтое и оранжевое свечение ядер гранулоцитов крови при анализе на люминесцентном микроскопе, дегенеративные изменения клеток костного мозга. Наблюдалось учащение

пульса до 100 ударов в минуту, колебания артериального давления, приступы слабости. Через 2-3 недели жалобы на головную боль, головокружение, боли в области сердца, тошноту, утомляемость, боли в желудке, сухость во рту. Увеличение печени на 1.5 см. На ЭКГ наблюдались незначительные изменения миокарда. На 17 сут отмечено выпадение волос, потливость, гиперестезия кожи тела, снижение брюшных и сухожильных рефлексов, усиление вазомоторных реакций, признаки депрессии. В течение первых 9 сут обнаружен лейкоцитоз с последующим снижением лейкоцитов. Показатели длительности кровотечения и времени свёртывания крови не уменьшались. Через 2 мес. Больной выписался в удовлетворительном состоянии. Через 5 мес. самочувствие его резко ухудшилось. Появились тошнота, тошнота, рвота, боли в желудке и сердце, слабость, подавленное настроение, лабильный пульс, колебания артериального давления, плохой сон, снижение сухожильных рефлексов, вазомоторная лабильность. Выявлено резкое снижение в моче 17-кетостероидов (с 20.8 до 8.7 мг). Число лейкоцитов и лимфоцитов, а также эозинофилов уменьшилось, сохранилось жёлтое и оранжевое свечение ядер у нейтрофилов. После проведения комплекса лечебных мероприятий состояние больного улучшилось, и он снова приступил к работе, хотя работоспособность его оставалась пониженной.

### **Стронций.**

Природный стронций состоит из смеси стабильных изотопов:  $^{84}\text{Sr}$  (0,56%),  $^{86}\text{Sr}$  (9,86%),  $^{87}\text{Sr}$  (7,02%),  $^{88}\text{Sr}$  (82,56%). Известны радиоактивные изотопы с массовыми числами 77-83, 85, 89-99. Наибольший токсикологический интерес представляют  $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{89}\text{Sr}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .  $^{85}\text{Sr}$  и  $^{89}\text{Sr}$  находят широкое применение в методе меченых атомов. В медицине радиоактивный стронций используют в качестве аппликаторов при лечении кожных и глазных болезней.

Независимо от пути и ритма поступления в организм растворимые соединения радиоактивного стронция избирательно накапливаются в скелете. В мягких тканях задерживается менее 1%. Через 100 суток после внутривенного введения в организме человека задерживается 20% введённого стронция. Путь поступления влияет на величину отложения стронция в скелете. Так, при интратрахеальном поступлении депонируется 76%, ингаляционном – 31,6%, в/ж – 20-60%, в/б – 81,2%, накожном – 7%.

На поведение стронция в организме оказывает влияние вид, пол, возраст животного, а также беременность, лактация и другие факторы. Например, в скелете самцов отложения выше, чем в скелете самок.

При работе со всеми радиоактивными веществами необходимо соблюдать санитарные правила и нормы радиационной безопасности с применением специальных мер защиты в соответствии с классом работ.

### **Средства защиты от внутреннего облучения**

#### **Йодная профилактика. Механизм действия и тактика применения.**

Среди твёрдых продуктов выброса аварийной АЭС в виде аэрозолей наибольшую опасность в первую неделю после аварии представляют изотопы радиоактивного йода. Они составляют существенную часть радиоактивного облака и, следовательно, радиоактивности загрязнённой местности. На Чернобыльской АЭС в первые дни на йод-131 приходилось до 60 процентов, на йод-133 - 30 процентов, остальные - на йод-132, 135.

Размеры аэрозольных частиц для радиоактивного йода близки к 0,3-0,5 мкм; для цезия, церия, циркония, ниобия - от 0,7-1 до 5-7 мкм. Частицы более 1 мкм в основном задерживаются в носоглотке и трахее, менее 0,3 мкм - поступают в альвеолы легких и при хорошей растворимости проникают в кровь. Нерастворимые частицы попадают в лимфатическую систему, в легочные региональные лимфоузлы.

При ингаляции 50 процентов радиоактивного йода откладывается в верхних дыхательных путях, до 15 - в бронхах, 30-40 - в легких. Вместе со слизистыми выделениями, мокротой радионуклиды выводятся из трахеобронхиального дерева и в большом количестве (до 30 процентов) заглатываются и проходят в желудочно-кишечный тракт где практически полностью всасываются внутрь. За сутки до 30-60 процентов поступившего в организм радиойода фиксируется в щитовидной железе. Поглощенная доза в ткани железы наибольшая у детей, особенно первых лет жизни.

Одно из основных защитных мероприятий при радиационных авариях - йодная профилактика. Стабильный йод в виде таблеток йодида калия (K1) в дозе 125 мг до 99,5 процента блокирует щитовидную железу от фиксации радиойода в ткани. Защитный эффект отмечается уже через 5 мин после приёма таблетки йодида калия натошак и через 30 мин - на полный желудок. Таблетка йодида калия принимается персоналом при аварийной ситуации на радиационно опасном объекте и населением (125 мг для взрослых или 40 мг для детей до 2 лет) однократно при угрозе радиоактивного загрязнения внешней среды. Йодид калия сохраняет свои защитные свойства при его приёме в течение первых двух часов после выпадения РВ, но не предотвращает лучевого поражения щитовидной железы от радиойода. Эффективность йодной профилактики быстро снижается - через несколько часов после поступления радиойода в организм.

В настоящее время для оказания первой медицинской помощи в случае радиационной аварии существуют аптечка индивидуальная для персонала предприятий атомной энергетики (АИ) и аптечка для населения районов, прилегающих катим предприятиям (АН), в состав которых включен йодид калия в виде таблеток по 0.125 г

В чрезвычайных ситуациях для своевременной йодной профилактики населению разрешается принимать внутрь 20 капель 50-процентного спиртового раствора йода, разведённого в полстакане молока, киселя или чая. Детям старше 5 лет доза такого раствора для приема внутрь сокращается вдвое, а младше указанного возраста - его наносят на кожу: 10-20 капель в виде сеточки на поверхность бедра или предплечья. По санитарно-гигиеническим критериям загрязнения радиойодом (воздуха, молока и местности) йодная профилактика может быть продолжена путём ежедневного приёма одной таблетки йодида калия в течение нескольких дней, но не более

7 суток. Дальнейшее дци-тельное использование стабильного йода увеличивает риск побочных эффектов в виде йодизма или развития тиреоидита, появления у детей временной гипофункции щитовидной железы.

### **Специфические адсорбенты, препятствующие депонированию в организме радиоактивного цезия и стронция.**

Вторым по уровню выброса за радиоактивным йодом идёт цезий-134, 137. Физический период полураспада радиоцезия-137-30 лет. Изотопы его при любом пути поступления легко проникают в организм. Из желудочно-кишечного тракта цезий всасывается полностью и выводится из организма в основном с мочой. Значительное количество (до 30%) вещества, поступившего в кровь, секретировается в кишечник. Наибольшее его количество фиксируется в мышечной ткани.

Третьим по опасности отдалённых последствий действия радионуклидов является стронций-90 с физическим и эффективным периодом полураспада 29,1 и 15,6 года соответственно. Он преимущественно фиксируется в костной ткани. Главными источниками поступления в организм человека радионуклидов цезия и стронция являются основные продукты питания: молоко, мясо, картофель и другие овощи, зерновые культуры, произрастающие на радиоактивно загрязненной местности.

Для предупреждения или ограничения поступления внутрь радионуклидов при работе на такой территории перед приемом пищи рекомендуется применять препарат ферроцин (1 г три раза в день) в течение двух-трёх недель. Ферроцин включен в со[картинка][картинка]став аптечки для персонала предприятия атомной энергетики и населения районов, прилегающих к этим объектам.

Этот препарат является неорганическим комплексным соединением железа, который может замещаться в молекуле вещества на цезий и таким образом избирательно поглощать его. Фиксируя 95 процентов радиоцезия в растворе, ферроцин предупреждает его всасывание из кишечника, поскольку не всасывается и сам. Он также способствует ускорению выведения радиоцезия из организма.

Для резкого снижения (на 90-95%) поступления внутрь радиоактивного стронция применяются как адсорбенты альгинат кальция, альгисорб, адсорбар. Альгисорб - низкомолекулярный альгинат кальция, обогащенный гиалуриновой кислотой, обладает выраженной селективностью к радиоактивному стронцию. Применяется в таблетках по 0,5 г при приеме пищи в дозе 5 г три раза в день. При остром отравлении радиоактивным стронцием доза препарата увеличивается до 20 г. Менее эффективен адсорбар (прокалённый сернокислый барий: доза его до 25 г на прием), а также глюконат кальция (в таблетках по 1 г в день). В пищевом рационе следует увеличить растительные продукты богатые клетчаткой. Из них наиболее полезны растительные пектины, особенно яблочный и свекольный

### **Комплексы для снижения депонирования в организме плутония, урана и других трансурановых соединений**

Органы дыхания являются основным путём поступления в организм радиоактивного церия, циркония, рутения, иттрия, плутония, америция и других нерастворимых радионуклидов. При инкорпорации плутония в легких пострадавшего необходимо в ближайший срок (лучше в первые 30 минут) после происшествия провести ингаляцию препаратом пентацина (в виде 5- и 10- процентного раствора) в течение 20-30 мин. В первые сутки пентацин может применяться повторно через 6 ч. Для ингаляционного введения используется высокодисперсный аэрозоль этого препарата.

Пентацин фиксирует в составе молекулы тяжелые двухвалентные катионы, способствует выведению из организма америция, радиоактивных изотопов иттрия, церия, циркония и смеси продуктов деления урана, цинка, свинца, ртути, кальция. Препарат нефротоксичен.

Менее токсичным аналогом его является цинкацин. Подобно пентацину он связывает в устойчивые водорастворимые комплексы изотопы плутония, америция и других трансурановых элементов, радиоактивные изотопы иттрия, церия, прометия и иных редкоземельных элементов, а также свинца, способствуя тем самым выведению их из организма. По сравнению с пентацином цинкацин обладает более высоким терапевтическим индексом. Он не изменяет морфологический и биохимический состав периферической крови, не влияет на желудочно-кишечный тракт, течение беременности и плод.

При поступлении радионуклидов через дыхательные пути цинкацин следует применять ингаляционно в первые сутки два-три раза, в последующем - ингаляционно или внутривенно с учётом выведения радионуклида из организма. За время одной ингаляции должно быть обеспечено введение в легкие 10-20 мл 5- процентного раствора препарата. Длительность курса лечения определяется количеством поступивших радиоактивных элементов и составляет от 7-10 суток до одного-двух месяцев. В случае поступления радионуклидов в кровь через травмированные кожные покровы в первые часы после радиационной аварии лечение рекомендуется начинать в вышеуказанных дозах.

Для удаления из организма урана и иных трансурановых соединений, а также бериллия и свинца применяется препарат тримефацин - путём ингаляций и внутривенно в виде 5-процентного раствора в дозе 0,9 г и 0,226 г соответственно. Для удаления радиоактивного полония из организма внутривенно вводят 70-100 мл оксатиола капельно в виде 5 - процентного раствора.

### **Первая медицинская и врачебная помощь пострадавшим при радиационных авариях**

Первый этап медицинской помощи пострадавшим включает медицинскую сортировку, санитарную обработку первую врачебную помощь и подготовку к эвакуации. Для выполнения мероприятий первого этапа требуются распределительный пост, отделение санитарной обработки, сортировочно-эвакуационное отделение с рабочими местами для врача-гематолога, терапевта-радиолога и эвакуационное отделение. На 100 человек,



попавших в зону аварии, необходимы две-три бригады для оказания первой врачебной помощи в течение 2 ч.

Неотложные мероприятия первой медицинской и врачебной помощи включают:

1. Купирование первичной реакции на облучение: внутримышечное введение противорвотных средств - 4 мл 0,2-процентного раствора латрана или 2 мл 2,5 -процентного раствора аминазина. При тяжелой степени поражения - дезинтоксикационная терапия: внутривенно плазмозамещающие растворы.

2. При поступлении радионуклидов в желудок - промывание его 1 - 2 л воды с адсорбентами (альгисорб, ферроцин, адсорбар и др.). Мероприятия по снижению резорбции и ускорению выведения радионуклидов из организма.

3. При интенсивном загрязнении кожных покровов для их дезактивации применяется табельное средство «Защита» или обильное промывание кожных покровов водой с мылом.

4. В случае ингаляционного поступления аэрозоля плутония - ингаляция 5 мл 10-процентного раствора пентацина в течение 30 мин.

5. В случае ранений при загрязнении кожи радионуклидами - наложение венозного жгута, обработка раны 2-процентным раствором пищевой соды: при наличии загрязнения альфа-излучателями - обработка раны 5-процентным раствором пентацина, при возможности в дальнейшем - первичная хирургическая обработка раны с иссечением ее краев

6. При сердечно-сосудистой недостаточности - внутримышечно 1 мл кордиамина, 1 мл 20-процентного раствора кофеина, при гипотонии - 1 мл мезатона, при сердечной недостаточности - 1 мл коргликона или строфантина внутривенно.

7. При появлении первичной эритемы - ранняя терапия места поражения кожи противоожоговым препаратом лиоксазол в виде спрея. Препарат оказывает анальгезирующее, бактерицидное и противовоспалительное действие. Его наносят с расстояния 20-30 см на пораженные участки.

8. Снижение психомоторного возбуждения при тяжелой степени поражения проводят феназепамом или реланиумом.

Таковы основные мероприятия и средства медицинской защиты от внешнего и внутреннего радиоактивного облучения организма человека.

Журнал «Гражданская защита» 2008 г. № 5, № 10

Взрывчатые вещества - индивидуальные вещества или смеси, способные под влиянием какого-либо внешнего воздействия (нагревание, удар, трение, взрыв другого ВВ) к быстрой самораспространяющейся химической реакции с выделением большого количества энергии и образованием газов.

Для взрывчатых веществ характерны два режима химического превращения - детонация и горение.

*Детонация* - распространение со сверхзвуковой скоростью зоны быстрой реакции в результате передачи энергии посредством ударной волны. Материалы, находящиеся в контакте с зарядом детонирующего ВВ, сильно деформируются и дробятся (местное или бризантное действие взрыва), а образующиеся газообразные продукты при расширении перемещают их на значительное расстояние (фугасное действие).

*Бризантность* - способность ВВ при взрыве производить дробление среды в непосредственной близости к заряду. Чем мельче осколки, тем более бризантно вещество.

*Горение* - физико-химический процесс, при котором превращение вещества сопровождается интенсивным выделением энергии, тепло - и массообменном с окружающей средой. Горение при определенных условиях может переходить в детонацию. По условиям этого перехода взрывчатые вещества делят на несколько групп.

*Иницирующие ВВ.* Воспламеняются под действием слабого импульса и горят в десятки, и даже сотни раз быстрее других, их горение легко переходит в детонацию. К ним относятся азиды некоторых металлов (свинца, золота), гремучая ртуть, соли стрихниновой кислоты (стрихнаты), соли тяжелых металлов с хлоратами, перхлоратами, различные перекисные соединения. Применяются для возбуждения взрывчатого превращения других ВВ.

*Иницирующие вещества относятся к самым опасным и непредсказуемым.*

*Бризантные ВВ* (вторичные, дробящие ВВ). Занимают промежуточное положение между иницирующими и метательными ВВ, основной режим взрывчатого превращения которых детонация, возбуждаемая действием взрыва иницирующего ВВ. Могут представлять собой индивидуальные соединения или смеси различных веществ. Основными представителями индивидуальных ВВ являются тринитротолуол (тротил, тол), тринитробензол, гексоген, октоген, ДИНА, тетрил, нитроглицерин, нитраты целлюлозы, ТЭН и др. К смешанным соединениям относятся сплавы нитросоединений (например, тротила с динитронафталином, гексогеном, тринитроксилолом); механические смеси нитросоединений или их сплавов с порошкообразным алюминием или другими веществами; аммониты смеси аммиачной селитры с нитросоединениями (например, амматолы); смеси на основе жидких нитратов (нитроглицериновые ВВ, динамиты); смеси мощных индивидуальных ВВ с флегматизаторами (парафин и другие легкоплавкие вещества) и др. Применяются в режиме детонации для промышленных взрывных работ, снаряжения боеприпасов и др.

*Метательные ВВ.* Под действием начального импульса горение в детонацию не переходит. К ним относятся пороха и твердое ракетное топливо. В ствольных системах используют пороха на основе нитрата целлюлозы: пироксилиновые и баллиститы. В ракетных системах в основном применяют композиции, содержащие небольшое количество полимерного связующего, окислитель, горючее (алюминий), а иногда и мощные индивидуальные ВВ.

*Пиротехнические составы.* Смеси, горение которых сопровождается световыми, тепловыми, звуковыми, дымовыми и реактивными пиротехническими эффектами. Основа большинства пиротехнических средств смеси окислителя с горючим. В качестве горючего в основном используют металлы (магний, алюминий и их сплавы, реже титан и цирконий), углеводородные смеси (керосин, бензин, мазут), углеводы (крахмал), древесину, опилки и др.; в качестве окислителя нитраты, хлораты и перхлораты щелочных и щелочноземельных металлов, оксиды некоторых металлов (оксид железа III, оксид марганца IV). Помимо окислителя и горючего в пиротехнические составы вводят связующие (для придания необходимых механических свойств), флегматизаторы и стабилизаторы (для обеспечения безопасности при изготовлении и хранении), соли и органические красители (для получения окрашенного пламени и сигнальных дымов), вещества, усиливающие излучение пламени, и т.п. Большинство пиротехнических составов обладают взрывчатыми свойствами.

Практически все взрывчатые вещества ядовиты, чувствительны к механическим воздействиям и нагреванию. Обращение с ними требует предельного внимания и осторожности!

□

Сокращенные названия взрывчатых веществ

ТНТ - тринитротолуол  
ТЭН - (пентолит) тетранитропентозэритрит  
ТГ - смесь или сплав тротила с гексогеном  
ПВВ - пластичное взрывчатое вещество (пластит)  
ГР - граммонит  
ДИНА - диэтанолнитраминдинитрат  
тетрил - тринитрофенилметилнитрамин  
октоген - циклотетраметилтетранитрамин  
гексоген - 1,3,5-тринитро-1,3,5-триазоциклогексан  
окфол - флегматизированный октоген

Чешуируванный

Гранулированный (гранулотол)

*Классификация.* Тринитротолуол (тротил, тол, ТНТ) относится к бризантным взрывчатым веществам.

*Внешний вид.* Тринитротолуол (тротил, тол, ТНТ) кристаллическое вещество различных оттенков желтого цвета.

Встречается в виде:

чешуируванного в виде чешуек толщиной до 1 мм;

гранулированного (гранулотол) в виде сферических гранул 1-4 мм с несквозными отверстиями;

литого изделия различной формы;

смеси и сплавов с другими взрывчатыми веществами гексогеном (ТГ), тетранитропентозэритритом (ТЭН или пенталит), аммиачной селитрой (амматолы), динитронафталином и невзрывчатыми веществами.

*Термопроба.* При нагревании небольшого количества вещества (со спичечную головку) в пламени горелки происходит расплавление вещества с последующим горением (яркое пламя) и большим выделением копоти. Сгорая, оставляет малое количество шлаков.

**Внимание!** При нагревании большого количества вещество взрывается!

**Осторожно!** Вещество ядовито! При попадании в организм человека вызывает

*Классификация.* Аммиачная селитра (аммония нитрат) азотное удобрение. Применяют при производстве ВВ (аммонитов, гранулитов и т.д.).

*Внешний вид.* Бесцветные гигроскопические кристаллы.

*Термопроба.* При нагревании небольшого количества вещества (со спичечную головку) в пламени горелки происходит расплавление вещества и разложение без остатка.

**Осторожно!** Вещество ядовито! При попадании в организм человека вызывает острое отравление, возможен смертельный исход!

*Классификация.* Гексоген (1,3,5-тринитро-1,3,5-триазоциклогексан) бризантное взрывчатое вещество в виде индивидуального соединения, относится к нитроаминам.

*Внешний вид.* Гексоген порошкообразное вещество белого цвета (внешне напоминает бытовую соль).

Встречается в виде:

индивидуального вещества (крайне редко);

смеси с флегматизаторами (воск, парафин и т.д.) - флегматизированный гексоген (например, А-9-1 - порошкообразное вещество оранжевого цвета или изделие такого же цвета).

*Термопроба.* При нагревании небольшого количества гексогена (со спичечную головку) в пламени горелки горит ярким желто-оранжевым пламенем. Сгорая, не оставляет шлаков.

При нагревании небольшого количества флегматизированного гексогена происходит подплавление воскопарафиновых компонентов, вещество горит ярким желто-оранжевым пламенем, практически не оставляя шлаков.

**Внимание!** При нагревании большого количества вещество взрывается!

**Осторожно!** Вещество ядовито! При попадании в организм человека вызывает острое отравление, возможен смертельный исход!

*Классификация.* Пластиты - взрывчатые вещества на основе гексогена, в качестве добавок используют полиизобутилен и минеральные масла (ПВВ-5А). Относится к бризантным взрывчатым веществам.

*Внешний вид.* Пластиты представляют собой пластичную массу (типа пластилина) различных цветов от светло-желтого до кремового. При механическом отделении между фрагментами вещества образуются характерные «нити». Имеет запах индустриального масла.

*Термопроба.* При нагревании небольшого количества вещества (со спичечную головку) в пламени горелки происходит горение ярким пламенем практически без копоти. Сгорая, оставляет большое количество шлаков.

**Внимание!** При нагревании большого количества вещества взрывается!

**Осторожно!** Вещество ядовито! При попадании в организм человека вызывает острое отравление, возможен смертельный исход!

*Классификация.* Окфол - флегматизированный октоген (октоген - белый порошок, внешне напоминающий бытовую соль), относится к смесевым бризантным ВВ.

*Внешний вид.* Окфол встречается в виде порошкообразного вещества розового цвета или прессованного изделия.

*Термопроба.* При нагревании небольшого количества окфола происходит подплавление воскопарафиновых компонентов, вещество горит ярким желто-оранжевым пламенем, практически не оставляя шлаков.

**Внимание!** При нагревании большого количества вещества взрывается!

**Осторожно!** Вещество ядовито! При попадании в организм человека вызывает острое отравление, возможен смертельный исход!

*Классификация.* Граммонит (ГР) - гранулированный аммонит (аммонит смесевое ВВ в состав которого входят аммиачная селитра как со взрывчатым веществом: тротилом, гексогеном или динитронафтолом, так и с невзрывчатым горючим: торфом, древесной мукой, порошками металлов и др.). Граммонит 79/21-В представляет собой смесь аммиачной селитры с тротилом. Относится к бризантным взрывчатым веществам.

*Внешний вид.* Граммонит 79/21-В - кристаллическое вещество желтого цвета. На фото: аммиачная селитра в виде гранул и тротил в виде чешуек толщиной до 1 мм.

*Термопроба.* При нагревании небольшого количества (со спичечную головку) вещества в пламени горелки происходит расплавление вещества с последующим горением (яркое пламя) и большим выделением копоти. Сгорая, оставляет малое количество шлаков.

**Внимание!** При нагревании большого количества вещества взрывается!

**Осторожно!** Вещество ядовито! При попадании в организм человека вызывает острое отравление, возможен смертельный исход!

*Классификация.* Аммониты - смесевые соединения аммиачной селитры с: взрывчатыми веществами - тротилом (аммоналы), гексогеном, динитронафталином, нитроглицерином, пентаэритриттетранитратом и т. д.; с невзрывчатым горючим (динамоны) - торфом, древесной мукой, техническими маслами, порошком алюминия (аммоналы).

Аммонит Т-19 - смесь аммиачной селитры с тротилом, хлоридом натрия. Относится к бризантным смесевым ВВ.

*Внешний вид.* Аммониты - кристаллические вещества различных оттенков желтого цвета.

Встречаются в виде:

порошкообразных веществ;

гранулированных веществ (граммониты) в виде сферических гранул 1-4 мм.

*Термопроба.* При нагревании небольшого количества (со спичечную головку) вещества в пламени горелки происходит расплавление вещества с последующим горением (яркое пламя) и большим выделением копоти. Сгорая, оставляет малое количество шлаков.

**Внимание!** При нагревании большого количества вещества взрывается!

**Осторожно!** Вещество ядовито! При попадании в организм человека вызывает острое отравление, возможен смертельный исход!

*Классификация.* Аммониты - смеси соединений аммиачной селитры с взрывчатыми веществами - тротилом (аммоналы), гексогеном, динитронафталином, нитроглицерином, пентаэритриттетранитратом и т. д.; с невзрывчатым горючим (динамоны) - торфом, древесной мукой, техническими маслами, порошком алюминия (аммоналы).

Аммонит № 6 ЖВ - смесь ожелезненной аммиачной селитры с тротилом. Относится к бризантным смесям ВВ.

*Внешний вид.* Аммониты - кристаллические вещества различных оттенков желтого цвета. Встречаются в виде:

порошкообразных веществ;

гранулированных веществ (граммониты) в виде сферических гранул 1-4 мм.

*Термопроба.* При нагревании небольшого количества (со спичечную головку) вещества в пламени горелки происходит расплавление вещества с последующим горением (яркое пламя) и большим выделением копоти. Сгорая, оставляет малое количество шлаков.

**Внимание!** При нагревании большого количества вещества взрывается!

**Осторожно!** Вещество ядовито! При попадании в организм человека вызывает острое отравление, возможен смертельный исход!

*Классификация.* Детониты - смеси взрывчатые соединения аммиачной селитры с нитроэфирами. Детонит М представляет собой смесь аммиачной селитры, нитроглицерина, алюминиевой пудры и др. компонентов: техническое масло, сода. Относится к бризантным взрывчатым веществам.

*Внешний вид.* Детонит М - порошкообразное вещество серо-стального цвета.

*Термопроба.* При нагревании небольшого количества (со спичечную головку) вещества в пламени горелки происходит расплавление вещества с последующим горением (характерным для бенгальского огня) и выделением копоти. Сгорая, оставляет большое количество шлаков.

**Внимание!** При нагревании большого количества вещества взрывается!

**Осторожно!** Вещество ядовито! При попадании в организм человека вызывает острое отравление, возможен смертельный исход!

*Классификация.* Гранулит представляет собой гранулированный динамон (динамоны смесь аммиачной селитры с невзрывчатым горючим: торфом, древесной мукой, порошками металлов, техническими маслами и др.) - Гранулит АС-4 смесь гранулированной аммиачной селитры с порошком алюминия.

*Внешний вид.* Гранулит АС-4 - вещество в виде гранул с металлическим блеском.

Промышленное вещество не оставляет на упаковке металлических чешуек, самодельное взрывчатое вещество «пылит», оставляя следы.

*Термопроба.* При нагревании небольшого количества гранулита (2-4 гранулы) в пламени горелки происходит подплавление вещества с последующим горением (характерным для бенгальского огня) и выделением копоти. При выносе из пламени горелки горение прекращается.

**Внимание!** При нагревании большого количества вещества взрывается!

**Осторожно!** Вещество ядовито! При попадании в организм человека вызывает острое отравление, возможен смертельный исход!

*Классификация.* Патрон имеет цилиндрическую форму, оболочка выполнена из вошеной бумаги.

*Маркировка.* Наименование ВВ, масса патрона, № партии, месяц и год изготовления, товарный знак завода изготовителя, маркировочная полоса (вокруг патрона).

### **Цвет маркировочных полос:**

**БЕЛЫЙ** - взрывчатка только для открытых работ;

**КРАСНЫЙ** - предохранительные ВВ для шахт, не опасных по газу и пыли;

**ЖЕЛТЫЙ** - предохранительные ВВ для работ по углю;

**СИНИЙ** - предохранительные ВВ для работ по породе и руде;

**ЗЕЛЕНЫЙ** - предохранительные ВВ для работ в серных и азокислых шахтах.

## Газовые баллоны

Трагические события последних лет, связанные со взрывами бытового газа в ряде городов, заставили по-новому взглянуть на проблему безопасности при пользовании баллонами высокого давления, содержащими различные газы. Умение грамотно обращаться с ними в значительной степени снизит риск и позволит избежать жертв и разрушений. В повседневной жизни нам часто приходится сталкиваться с различными емкостями и сосудами, находящимися и работающими под давлением. Они в обилии имеются на промышленных предприятиях, транспорте и в быту. В промышленности - это газгольдеры, которые представляют собой специальные резервуары для хранения газа. В технологических линиях и установках зачастую используются ресиверы - емкости, в которых поддерживается определенное давление в соответствии с требованиями технологии.

Но наиболее часто нам приходится иметь дело с сосудами высокого давления в виде всевозможных баллонов. Они бывают разных размеров, окраски и предназначены для хранения сжатых, сжиженных и растворенных под давлением газов.

Так, в больницах для оказания медицинской помощи пациентам используют кислород. Он транспортируется в малолитражных и транспортных баллонах голубого цвета. А в строительстве при сварочных и газорезательных работах применяют баллоны с пропаном и тем же кислородом. При производстве минеральных вод и шипучих вин не обходятся без углекислоты - газа, находящегося под избыточным давлением. Он хранится и транспортируется в баллонах черного цвета. Многие люди в сельской местности и на дачах пользуются газовыми баллонами с пропаном для газовых плит. К сосудам высокого давления относятся также огнетушители.

Опасность всех названных сосудов и емкостей как раз и заключается в том, что в них под давлением находится различный газ.

Максимально допустимое его количество в баллоне (сосуде), выраженное в килограммах на 1 литр объема, называется плотностью наполнения. Она не превышает 0,95 плотности жидкой фазы при температуре 50°С. Чем выше эта плотность, тем большую угрозу представляют баллоны при повышении температуры.

В зависимости от рабочего давления газовые баллоны делятся на три группы:

- низкого давления - до 20 атм. ( $P < 20$  кгс/см<sup>2</sup>),
- среднего давления - 20 - 65 атм. ( $20 < P < 65$  кгс/см<sup>2</sup>),
- высокого давления - свыше 65 атм. ( $P > 65$  кгс/см<sup>2</sup>).

В соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 10-115-96), утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 18 апреля 1995 года № 20, баллоны с разными газами окрашиваются в строго определенные цвета. Чтобы отличить друг от друга однородные газы, применяются отличительные полосы. Например все баллоны, в которых хранится фреон, имеют алюминиевую окраску, но в зависимости от вида фреона на них наносят полосы разного цвета. Цветографические требования по окраске баллонов указаны в таблице.

Наименование газа	Цвет баллона	Надпись		Цвет полосы	Образец
		Текст	Цвет		
Азот	Черный	Азот	Желтый	коричневый	<b>Азот</b>
Аммиак	Желтый	Аммиак	Черный	-	<b>Аммиак</b>
Аргон сырой	Черный	Аргон сырой	Белый	Белый	<b>Аргон сырой</b>
Аргон технический	Черный	Аргон технический	Синий	Синий	<b>Аргон технический</b>
Аргон чистый	Серый	Аргон чистый	Зеленый	Зеленый	<b>Аргон чистый</b>
Ацетилен	Белый	Ацетилен	Красный	-	<b>Ацетилен</b>
Бутилен	Красный	Бутилен	Желтый	Черный	<b>Бутилен</b>
Нефтегаз	Серый	Нефтегаз	Красный	-	<b>Нефтегаз</b>
Бутан	Красный	Бутан	Белый	-	<b>Бутан</b>
Водород	Темно-зеленый	Водород	Красный	-	<b>Водород</b>
Воздух	Черный	Сжатый воздух	Белый	-	<b>Сжатый воздух</b>
Гелий	Коричневый	Гелий	Белый	-	<b>Гелий</b>
Закись азота	Серый	Закись азота	Черный	-	<b>Закись азота</b>
Кислород	Голубой	Кислород	Черный	-	<b>Кислород</b>
Кислород медицинский	Голубой	Кислород медицинский	Черный	-	<b>Кислород медицинский</b>
Сероводород	Белый	Сероводород	Красный	Красный	<b>Сероводород</b>
Сернистый ангидрид	Черный	Сернистый ангидрид	Белый	Желтый	<b>Сернистый ангидрид</b>
Углекислота	Черный	Углекислота	Желтый	-	<b>Углекислота</b>
Фосген	Защитный	-	-	Красный	
Фреон-11	Алюминиевый	Фреон-11	Черный	Синий	<b>Фреон-11</b>
Фреон-12	Алюминиевый	Фреон-12	Черный	-	<b>Фреон-12</b>
Фреон-13	Алюминиевый	Фреон-13	Черный	2 красные	<b>Фреон-13</b>
Фреон-22	Алюминиевый	Фреон-22	Черный	2 желтые	<b>Фреон-22</b>
Хлор	Защитный	-	-	Зеленый	
Циклопропан	Оранжевый	Циклопропан	Черный	-	<b>Циклопропан</b>
Этилен	Фиолетовый	Этилен	Красный	-	<b>Этилен</b>
Горючие газы	Красный	Наименование газа	Белый	-	<b>Наименование газа</b>
Негорю-	Черный	Наимено-	Желтый	-	<b>Наимено-</b>

На каждом баллоне выбивают клеймом его паспортные данные: № баллона, вес в килограммах, дату изготовления и испытания, допускаемое рабочее и испытательное (пробное) давление.

Обращаться с баллонами необходимо очень осторожно, точно соблюдая установленные на этот счет правила. Падение сосудов с газами, воздействие на них высокой температуры и т.д. могут привести к взрыву со всеми вытекающими отсюда последствиями. Причем надо иметь в виду, что в емкостях может транспортироваться ядовитый (токсичный) газ. его утечка или взрыв баллона способны вызвать отравление людей и пагубно повлиять на окружающую среду. Опасны также емкости, в которых хранятся горючие газы.

Чтобы исключить возможность каких-либо инцидентов или взрывов сосудов, находящихся под давлением, установлены соответствующие меры безопасности при их эксплуатации. К ним относятся, в частности, периодическое проведение испытаний баллонов под повышенным давлением. Они выполняются один раз в 5 лет специальными организациями, имеющими на это разрешение органов Госгортехнадзора России. А чтобы не допустить разрушения вентиля баллона (при его транспортировке и хранении), на него надевается специальный колпак. Перевозятся такие сосуды на специально оборудованных для этого автомобилях.

Какие основные рекомендации можно дать гражданам, которые в повседневной деятельности сами не используют баллоны, находящиеся под избыточным давлением? Прежде всего без надобности не следует подходить к ним, тем более ударять по ним. Не допускать применения открытого огня и курения вблизи них. Если услышите исходящий из баллона шипящий звук, свидетельствующий об утечке газа, сообщите об этом администрации объекта. Предпринимать какие либо меры самому не рекомендуется, ибо тут должны действовать специалисты. Кроме того, в баллоне может находиться опасный для здоровья токсичный газ. тот, кто пользовался баллонами, наполненными бутаном (для газовых плит в сельской местности и на дачах), должен соблюдать рекомендации специалистов газового хозяйства по мерам безопасности. Напомним при этом, что не в коем случае нельзя использовать баллоны с неисправными вентилями.

Может случиться так, что в месте утечки газа около вентиля возник факел. Тогда следует удалиться от него на безопасное расстояние, не рисковать и дать возможность газу выгореть до конца. Если же это произошло в квартире или на даче, то попытайтесь ликвидировать огонь, набросив на горящий баллон мокрое одеяло, пальто и т.п. или плотно укутав его, чтобы ограничить доступ воздуха. Когда горение ликвидировано, баллон, из которого вытекает газ, надо удалить из помещения в безопасное место.

**Помните! Газовые баллоны относятся к источникам повышенной опасности. Работать с ними могут только специально подготовленные лица. А все те граждане, которым приходится иметь дело с баллонами, должны быть предельно внимательными и соблюдать необходимые меры предосторожности.**