

## 9.4. Чрезвычайные ситуации на радиационно опасных объектах

### Аварии на радиационно опасных объектах

За последние четыре десятилетия атомная энергетика и использование расщепляющих материалов прочно вошли в жизнь человечества. В настоящее время в мире работает более 450 ядерных реакторов. Атомная энергетика позволила существенно снизить “энергетический голод” и оздоровить экологию в ряде стран. Так, во Франции более 75% электроэнергии получают от АЭС и при этом количество углекислого газа, поступающего в атмосферу, удалось сократить в 12 раз. В условиях безаварийной работы АЭС атомная энергетика — пока самое экономичное и экологически чистое производство энергии и альтернативы ей в ближайшем будущем не предвидится. Вместе с тем бурное развитие атомной промышленности и атомной энергетике, расширение сферы применения источников радиоактивности обусловили появление радиационной опасности и риска возникновения радиационных аварий с выбросом радиоактивных веществ и загрязнением окружающей среды.

**Радиационная опасность** может возникать при авариях на **радиационно опасных объектах (РОО)**. **РОО** — объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют радиоактивные вещества и при аварии, на котором или его разрушении может произойти облучение ионизирующим излучением или радиоактивное загрязнение людей, сельскохозяйственных животных и растений, объектов народного хозяйства, а также окружающей природной среды.

**К типовым радиационноопасным объектам следует отнести:**

- атомные станции;
- предприятия по изготовлению ядерного топлива;
- по переработке отработавшего топлива и захоронению радиоактивных отходов;
- научно-исследовательские и проектные организации, имеющие ядерные реакторы;
- ядерные энергетические установки на транспорте.

В настоящее время в России функционирует более 700 крупных радиационно опасных объектов, которые в той или иной степени представляют радиационную опасность, но объектами повышенной опасности являются **атомные станции**. Практически все действующие АЭС расположены в густонаселенной части страны, а в их 30-километровых зонах проживает около 4 млн. человек. Общая площадь радиационно дестабилизированной территории России превышает 1 млн. км<sup>2</sup>, на ней проживает более 10 млн. человек.

Аварии на РОО могут привести к **радиационной чрезвычайной ситуации (РЧС)**. Под **радиационной чрезвычайной ситуацией** понимается неожиданная опасная радиационная ситуация, которая привела или может привести к незапланированному облучению людей или радиоактивному загрязнению окружающей среды сверхустановленных гигиенических нормативов и требует экстренных действий по защите людей и среды обитания.

Классификация производится с целью заблаговременной разработки мер, реализация которых в случае аварии должна уменьшить вероятные последствия и содействовать успешной ликвидации. **Принята следующая классификация радиационных аварий:**

Аварии, связанные с нарушением нормальной эксплуатации РОО, подразделяются на **проектные, проектные с небольшими последствиями и запроектные**.

**Проектная авария** — авария, для которой проектом определены исходные события и конечные состояния, в связи с чем предусмотрены системы безопасности. Причинами проектных аварий, как правило, являются исходные события, связанные с нарушением барьеров безопасности, предусмотренные проектом каждого реактора. Именно в расчете на эти исходные события и строится система безопасности АЭС. Нарушение первого барьера безопасности, а проще - нарушение герметичности оболочек твэлов (тепловыделяющих элементов) происходит из-за кризиса теплообмена или механических повреждений. Кризис теплообмена - это нарушение температурного режима (перегрев) твэлов.

**Проектная авария с наибольшими последствиями** - нарушение первого и второго барьеров безопасности. Такая авария происходит при попадании радиоактивных продуктов в теплоноситель вследствие нарушения первого барьера. Дальнейшее их распространение останавливается вторым, который образует корпус реактора.

**Запроектная авария** — вызывается не учитываемыми для проектных аварий исходными событиями и приводит к тяжелым последствиям. Теплоноситель с радиоактивными продуктами деления удерживается от выхода в окружающую среду третьим барьером - защитной оболочкой реактора. Под ней понимается совокупность всех конструкций, систем и устройств, которые должны с высокой степенью надежности обеспечить локализацию выбросов. Причиной ядерной аварии может быть также образование критической массы при перегрузке, транспортировке и хранении твэлов. При такой аварии может произойти выход радиоактивных продуктов в количествах, приводящих к радиоактивному загрязнению прилегающей территории, возможному облучению населения выше установленных норм. В тяжелых случаях нарушения контроля и управления цепной ядерной реакцией могут произойти тепловые и ядерные взрывы. Тепловой может возникнуть тогда, когда вследствие быстрого неуправляемого развития реакции резко нарастает мощность и происходит накопление энергии, приводящей к разрушению реактора со взрывом.

В зависимости от **границ зон распространения радиоактивных веществ и радиационных последствий** потенциальные аварии на АЭС делятся на шесть типов: **локальная, местная, территориальная, региональная, федеральная, трансграничная**. Если и при региональной аварии количество людей, получивших дозу облучения выше уровней, установленных для нормальной эксплуатации, может превысить 500 человек, или количество людей, у которых могут быть нарушены условия жизнедеятельности, превысит 1 000 человек, или материальный ущерб превысит 5 млн. минимальных размеров оплаты труда, то такая авария будет федеральной. При трансграничных авариях радиационные последствия аварии выходят за территорию Российской Федерации, либо данная авария произошла за рубежом и затрагивает территорию Российской Федерации.

За суммарный срок эксплуатации всех имеющихся в мире реакторов АЭС, равный 6 000 лет, произошли лишь 4 крупные аварии:

- в **Англии** (Уиндекейл, 1957 г.);
- в **США** (Три-Майл-Айланд, 1979 г.);
- в **СССР** (Чернобыль, 1986 г.);
- в **Японии** (Фукусима, 2011 г.).

Авария на Чернобыльской АЭС была наиболее тяжелой. Эти аварии сопровождались человеческими жертвами, радиоактивным загрязнением больших площадей и огромным материальным ущербом. В результате аварии в Уиндекейле погибло 13 человек и оказалась загрязнена радиоактивными веществами территория площадью 500 км<sup>2</sup>. Прямой ущерб аварии в

Три-Майл-Айланде составил сумму свыше 1 млрд. долл. При аварии на Чернобыльской АЭС погибло 30 человек, свыше 500 было госпитализировано и 115 тыс. человек эвакуировано. Последствия аварии в Японии еще не до конца исследованы. Эксперты Всемирной организации здравоохранения полагают, что реальная степень ущерба, нанесенного здоровью жителей японской префектуры Фукусима после аварии на одноименной АЭС, станет ясна в ближайшие 15 лет.

Международным агентством по атомной энергетике (МАГАТЭ) разработана международная шкала событий на АЭС, включающая 7 уровней. По ней авария в США относится к 5 уровню (с риском для окружающей среды), в Великобритании — к 6 уровню (тяжелая), Чернобыльская авария и авария в Японии — к 7 уровню (глобальная).

## **Зоны радиоактивного заражения при авариях на радиационно опасных объектах**

**Радиоактивное заражение** — загрязнение местности и находящихся на ней объектов радиоактивными веществами. Радиоактивное заражение местности возникает в результате выпадения радиоактивных веществ. Это фактор поражения, обладающий наиболее продолжительным действием (десятки лет), действующий на огромной площади.

Радиоактивное заражение происходит при:

- **техногенных авариях** (утечках из ядерных реакторов, утечках при перевозке и хранении радиоактивных отходов, случайных утерях промышленных и медицинских радиоисточников и т. д.) в результате рассеяния радиоактивных веществ; характер заражения местности зависит от типа аварии;
- **ядерном взрыве** в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва и наведённой радиации, обусловленной образованием радиоактивных изотопов в окружающей среде под воздействием мгновенного нейтронного и гамма-излучений ядерного взрыва; поражает людей и животных главным образом в результате внешнего гамма- и (в меньшей степени) бета-облучения, а также в результате внутреннего облучения (в основном альфа-активными нуклидами) при попадании радиоизотопов в организм с воздухом, водой и пищей.

Выпадение радиоактивных веществ происходит в первые 10-20 ч после взрыва. Масштабы и степень заражения зависят от характеристик взрыва, поверхности, метеорологических условий. Обычно, зона радиоактивного следа имеет форму эллипса, и масштабы радиационного заражения уменьшаются по мере удаления от конца эллипса, в котором произошел взрыв.

В случае **аварии на АЭС или разрушения ее в военное время** обязательным условием является оценка радиационной обстановки методом прогнозирования или по данным радиационной разведки масштабов и степени радиоактивного в загрязнение местности и атмосферы. Оценка проводится с целью определения влияния радиоактивного загрязнения местности на действия населения и обоснование оптимальных режимов его деятельности.

**Основными задачами оценки радиационной обстановки при аварии на АЭС являются:**

- контроль выброса радиоактивных веществ из реактора;
- контроль распространения радиоактивных веществ, скорость и масштаб их перенос;

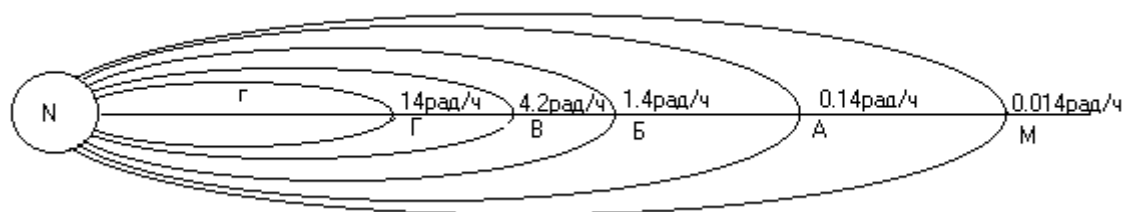
- контроль загрязнения радионуклидами сельскохозяйственных и лесных угодий и водоемов;
- контроль содержания радиоактивных веществ в урожае, продуктах питания, кормах, воде;
- индивидуальный дозиметрический контроль населения и личного состава формирований гражданской защиты.

В зависимости от степени заражения и возможных последствий внешнего облучения выделяют зоны умеренного, сильного, опасного и чрезвычайно опасного заражения (см. таб. 9.x). Поражающим действием обладают в основном бета-частицы и гамма-облучение. Особенно опасным является попадание радиоактивных веществ внутрь организма.

**Таблица 9.7. Радиационные характеристики зон радиоактивного загрязнения местности при авариях на АЭС**

| Зоны                               | Доза излучения 1-й год после аварии, советов |                       |                 | Мощность дозы излучения через 1 ч после аварии, рад / ч |                       |
|------------------------------------|--|-----------------------|-----------------|---|-----------------------|
|                                    | на внешней границе                           | на внутренней границе | в середине зоны | на внешней границе                                      | на внутренней границе |
| Радиационной опасности М           | 5  | 50                    | 16              | 0,014   | 0,140                 |
| Умеренного загрязнения А           | 50   | 500                   | 160             | 0,140   | 1,40                  |
| Сильного загрязнения Б             | 500  | 1500                  | 866             | 1,40  | 4,2                   |
| Опасного загрязнения В             | 1500   | 5000                  | 2740            | 4,20  | 1,4                   |
| Чрезвычайно опасного загрязнения Г | 5000   | —                     | 9000            | 14  | —                     |

Размеры следа радиоактивного загрязнения зависят от мощности взрыва и скорости ветра, в меньшей степени от других метеорологических условий и характера местности. След радиоактивного облака на равнинной местности при неменяющихся направлениях и скорости ветра имеет форму вытянутого эллипса.



Границы этих зон определяются экспозиционной дозой до полного распада (Р) или уровнем радиации на заданное время (Р/ч).

**Зона умеренного загрязнения (зона А)** занимает около 60% всей площади следа. На внешней границе этой зоны экспозиционная доза излучения за время полного распада составит 50 Р, а на внутренней границе — 500 Р. В течение первых суток пребывания в этой зоне незащищенные люди

могут получить дозу облучения выше допустимых норм, а 50% из них — заболеть лучевой болезнью. Работы на объектах, как правило, не прекращаются. Работы на открытой местности, расположенной в середине зоны или у ее внутренней границы, должны быть прекращены.

**Зона сильного загрязнения (зона Б)** занимает около 20% всей площади следа. Экспозиционная доза за время полного распада на внешней границе зоны будет равна 500 Р, а на внутренней — 1500 Р. Опасность поражения незащищенных людей в этой зоне сохраняется до 3 сут. Потери в этой зоне среди незащищенного населения составят 100%. Работы на объектах прекращаются на срок до 1 сут, рабочие и служащие укрываются в защитных сооружениях, подвалах или других укрытиях.

**Зона опасного загрязнения (зона В)** занимает около 13% всей площади следа. На внешней границе этой зоны экспозиционная доза до полного распада составит 1500 Р, а на внутренней — 5000 Р. Тяжелые поражения людей возможны даже при их кратковременном пребывании в этой зоне. Работы на объектах прекращаются на срок от 1 до 3–4 сут, рабочие и служащие укрываются в защитных сооружениях.

**Зона чрезвычайно опасного загрязнения (зона Г)** занимает около 7% всей площади следа. На внешней границе экспозиционная доза излучения за время полного распада будет равна 5000 Р, а в середине этой зоны — до 9 000 Р. Поражения людей могут возникнуть даже при их пребывании в противорадиационных укрытиях. В зоне работы на объектах прекращаются на 4 сут и более, рабочие и служащие укрываются в убежищах. По истечении указанного срока уровень радиации на территории объекта спадает до значений, обеспечивающих безопасную деятельность рабочих и служащих в производственных помещениях.

Источником радиоактивного заражения может быть как ядерный, так и термоядерный взрыв. **Взрывы ядерного оружия делят на:**

1. **Воздушные.** Воздушные взрывы могут быть низкие, высокие и заатмосферные (выше 35 км). Низкие и высокие взрывы применяют для поражения территориальных целей, а заатмосферные для выведения из лада электропитания и связи на больших территориях, вследствие электромагнитного импульса.

2. **Наземные.** При наземном взрыве огненный шар дотрагивается поверхности земли, в радиоактивное облако втягивается большое количество грунта, который также становится радиоактивным и вместе с продуктами распада выпадает на местности, создавая опасное ее радиоактивное заражение.

3. **Подземные.** Подземные ядерные взрывы характеризуются появлением сейсмических волн, повреждением подземных сооружений.

Большое количество энергии, которое выделяется при воздушном ядерном взрыве, делится между **поражающими факторами** следующим образом:

- на создание ядерной воздушной волны расходуется примерно 50 % всей энергии ядерного взрыва;
- около 35 % энергии взрыва выделяется в виде светового излучения;
- 10 % — на радиоактивное излучение продуктов распада;
- 5 % на проникающую радиацию и электромагнитный импульс.

Радиоактивное заражение является четвертым фактором, на который приходится около 10 % энергии ядерного взрыва. Во время ядерного взрыва создается большое количество радиоактивных

веществ, которые, оседая с дымовыми облаками на поверхность земли, загрязняют поверхность земли, воздух, воду, окружающую среду, а так же все предметы, находящиеся на ней, сооружения, лесные насаждения, сельскохозяйственные культуры, урожай, незащищенных людей и животных.

Источниками радиоактивного заражения при ядерном взрыве являются радиоактивные продукты ядерного заряда, часть ядерного топлива, которая не вступила в цепную реакцию и искусственные радиоактивные изотопы. Радиоактивные вещества, которые выпадают из облака ядерного взрыва на землю, создают радиоактивный след. С движением радиоактивного облака и выпадением из него радиоактивных веществ размер заражения территории постепенно увеличивается. След радиоактивного облака радиоизотопов имеет такую же форму эллипса как и при техногенной аварии и делится на 4 зоны заражения, рассмотренные ранее. Под воздействием различных направлений и скоростей ветра на различных высотах в рамках высоты поднятия облака взрыва след может приобретать и другую форму кроме эллипса. След может иметь сотни и даже тысячи километров в длину и несколько десятков километров в ширину.

Так, при взрыве водородной бомбы, проведенном в США в 1954 г. в центральной части Тихого океана, загрязненная территория имела форму эллипса, который распространился на 350 км по ветру и на 30 км против ветра. Наибольшая ширина была почти 65 км. Общая площадь опасного заражения достигла до 8 тыс. км<sup>2</sup>.

Основным источником заражения местности являются радиоактивные продукты распада. Это смесь многих изотопов различных химических элементов, которые образуются в процессе распада ядерного заряда и радиоактивного распада этих изотопов. При распаде ядра урана-235 и плутония-239 образуется почти 200 изотопов 70 химических элементов. Большинство радиоизотопов принадлежит к короткоживущим — йод-131, ксенон-133, лантан-140, церий-141 и другие с периодом полураспада от нескольких секунд до нескольких дней. Стронций-90, цезий-137, рубидий-10, криптон-8, сурьма-125 и другие имеют период полураспада от одного года до нескольких десятков лет. Радиоизотопы цезий-135, рубидий-87, самарий-147, неодим-144 характеризуются чрезвычайно медленным распадом, который длится тысячами лет. Непрореагировавшая часть ядерного топлива, которая выпадает на землю, — это ядра атомов урана и плутония, которые разделились и являются альфа-излучающими.

Зависимо от мощности, высоты взрыва и метеорологических условий радиоактивные выбросы могут иметь различный характер. **Различать три вида радиоактивных выбросов:**

1. **Местные, локальные выбросы** образуются вблизи места ядерного взрыва на поверхности или близко к поверхности земли. Размер радиоактивных частиц этих выбросов достигает 0,1-2 мм.

2. **Тропосферные выбросы** имеют размер частиц 10 — 100 мк. Они состоят из аэрозолей, выброшенных в тропосферу. Тропосферные аэрозоли достигают поверхности земли в среднем через 15-20 дней после их образования. За это время под действием движения воздушных масс и других метеорологических факторов, они могут быть перемещены на большие расстояния от места появления, и даже обойти земной шар.

3. **Стратосферные выбросы** состоят из радиоактивных аэрозолей, выброшенных в атмосферу выше тропопаузы, они носят глобальный характер. Размер аэрозольных частиц стратосферных выбросов составляет не более 10 мк.

**Воздействие радиоактивного заражения на персонал объектов экономики и население**

В 1895 году Вильгельм Конрад Рентген открыл новые, ранее неизвестные науке лучи, которые отличались большой проникающей способностью, проходя через бумагу, картон или дерево. По имени их исследователя они были названы **рентгеновскими**, или **X-лучами**. Вскоре была открыта радиоактивность урана, а несколько позже – полония и радия. Эта череда открытий положила начало использованию ионизирующих излучений, а затем и энергии атомного ядра. Ионизирующая радиация является одним из многих видов излучений и естественных факторов окружающей среды. Она существовала на Земле задолго до зарождения на ней жизни и присутствовала в космосе ещё до возникновения самой Земли. Всё живое на Земле возникло и развивалось в условиях воздействия ионизирующей радиации, которая стала постоянным спутником человека. Радиоактивные материалы вошли в состав земли с самого её зарождения. Даже человек радиоактивен, так как в любой живой ткани присутствуют радиоактивные вещества природного происхождения.

**Ионизирующая радиация** – это особый вид энергии, образуется в результате различных превращений в атомах. Отличают эту радиацию от других видов энергии (механической, тепловой, электрической и др.) две особенности:

1. Ионизирующее излучение проникает в тело человека и в любые другие ткани на разную глубину в зависимости от вида и энергии этого излучения, а также плотности вещества или тканей, на которые оно воздействует.

2. Все виды этой радиации не просто проходят сквозь ткани, а взаимодействуют с веществом, молекулами тканей, вызывая появление в них на короткое время электрически заряженных частиц – ионов. Отсюда и термин *«ионизирующее излучение»*.

Источниками ионизирующих излучений при ядерном взрыве являются потоки гамма-излучений и нейтронов, оказывающие поражающее воздействие в районе взрыва в течение 10-15 секунд с момента взрыва, а также гамма-кванты, альфа- и бета-частицы радиоактивных веществ — осколков деления ядерного заряда, выпадающих в районе взрыва и по пути (следу) движения образующегося радиоактивного облака и заражающих территорию на десятки и сотни километров. Около 85% энергии ядерного взрыва расходуется на образование ударной волны и светового излучения и только около 15% приходится на ионизирующие излучения. Однако именно радиоактивные излучения являются теми **специфическими поражающими факторами**, свойственными только ядерному оружию, в результате воздействия которых возникают сложные биологические изменения в организме, приводящие к лучевой болезни или появлению радиоактивных ожогов, а также генетическим последствиям.

Механизм биологического действия различных видов радиоактивных излучений ведет к возникновению **вторичных химических реакций**, в обычных условиях в организме не протекающих или протекающих очень медленно. По современным представлениям, в результате поражающего воздействия ионизирующих излучений происходят глубокие изменения белков, ферментов и других веществ, приводящие к нарушению нормального функционирования клеток, тканей, систем и органов, т. е. к развитию лучевой болезни.

**Лучевая болезнь** — заболевание, возникающее в результате воздействия различных видов ионизирующих излучений и характеризующееся симптоматикой, зависящей от вида поражающего излучения, его дозы, локализации источника излучения, распределения дозы во времени и теле живого существа (например, человека). У человека лучевая болезнь может быть обусловлена внешним облучением (внутренним — при попадании радиоактивных веществ в организм с вдыхаемым воздухом, через желудочно-кишечный тракт или через кожу и слизистые оболочки, а также в результате инъекции).

**По своему характеру облучение может быть:**

- внешним или внутренним;
- общим или локальным;
- равномерным или неравномерным;
- острым или хроническим.

**Внешнее облучение** – это облучение человека от источника, находящегося вне его тела; **внутреннее облучение** – это облучение от радиоактивных изотопов (радионуклидов), попавших внутрь организма. 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 счёт 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  $\alpha$ -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. **Доза излучения** — в физике и радиобиологии — величина, используемая для оценки степени воздействия ионизирующего излучения на любые вещества, живые организмы и их ткани. 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).



Основная характеристика взаимодействия ионизирующего излучения со средой — это **ионизационный эффект**. В начальный период развития радиационной дозиметрии чаще всего приходилось иметь дело с рентгеновским излучением, распространявшимся в воздухе. Поэтому в качестве количественной меры поля излучения использовалась степень ионизации воздуха. Количественная мера, основанная на величине ионизации сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении, достаточно легко поддающаяся измерению, получила название **экспозиционная доза**. Экспозиционная доза определяет ионизирующую способность рентгеновских и гамма-лучей и выражает энергию излучения, преобразованную в кинетическую энергию заряженных частиц в единице массы атмосферного воздуха. Экспозиционная доза — это отношение суммарного заряда всех ионов одного знака в элементарном объеме воздуха к массе воздуха в этом объеме. В международной системе единиц (СИ) единицей измерения экспозиционной дозы является кулон, деленный на килограмм (Кл/кг). Внесистемная единица — рентген (Р).  $1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}$ .

При расширении круга известных видов ионизирующего излучения и сфер его приложения, оказалось, что мера воздействия ионизирующего излучения на вещество не поддается простому определению из-за сложности и многообразности протекающих при этом процессов. Важным из них, дающим начало физико-химическим изменениям в облучаемом веществе и приводящим к определенному радиационному эффекту, является поглощение энергии ионизирующего излучения веществом. В результате этого возникло понятие **поглощенная доза**. Она показывает, какое количество энергии излучения поглощено в единице массы облучаемого вещества и определяется отношением поглощенной энергии ионизирующего излучения к массе поглощающего вещества. За единицу измерения поглощенной дозы в системе СИ принят грей (Гр). 1 Гр — это такая доза, при которой массе 1 кг передается энергия ионизирующего излучения в 1 джоуль. Внесистемной единицей поглощенной дозы является рад.  $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$ .

Изучение отдельных последствий облучения живых тканей показало, что при одинаковых поглощенных дозах различные виды радиации производят неодинаковое биологическое воздействие на организм. Обусловлено это тем, что более тяжелая частица (например, протон) производит на единице длины пути в ткани больше ионов, чем легкая (например, электрон). При одной и той же поглощенной дозе радиобиологический разрушительный эффект тем выше, чем плотнее ионизация, создаваемая излучением. Чтобы учесть этот эффект, введено понятие эквивалентной дозы. **Эквивалентная доза** рассчитывается путем умножения значения поглощенной дозы на специальный коэффициент — коэффициент относительной биологической эффективности (ОБЭ) или коэффициент качества. Единицей измерения эквивалентной дозы в СИ является зиверт (Зв). Величина 1 Зв равна эквивалентной дозе любого вида излучения, поглощенной в 1 кг биологической ткани и создающей такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр фотонного излучения. Внесистемной единицей измерения эквивалентной дозы является бэр (до 1963 года - биологический эквивалент рентгена, после 1963 года - биологический эквивалент рада - Энциклопедический словарь).  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$ .

**Эффективная доза (E)** — величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты. Одни органы и ткани человека более чувствительны к действию радиации, чем другие: например, при одинаковой эквивалентной дозе возникновение рака в легких более вероятно, чем в щитовидной железе, а облучение половых желез

особенно опасно из-за риска генетических повреждений. Поэтому дозы облучения разных органов и тканей следует учитывать с разным коэффициентом, который называется коэффициентом радиационного риска. Умножив значение эквивалентной дозы на соответствующий коэффициент радиационного риска и просуммировав по всем тканям и органам, получим эффективную дозу, отражающую суммарный эффект для организма.

При нормальных условиях эксплуатации источников излучения устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

- персонал (группы А и Б). Персонал - лица, работающие с техногенными источниками излучения (**группа А**) или работающие на радиационном объекте или на территории его санитарно-защитной зоны и находящиеся в сфере воздействия техногенных источников (**группа Б**).
- все население, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности.

Основные пределы доз для обозначенных категорий облучаемых приведены в таб. 9.8.

| Нормируемые величины <sup>1</sup>      | Пределы доз  |  |
|--|--|--|
|  | персонал (группа А) <sup>2</sup>   | Население  |
| Эффективная доза                       | 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год | 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год |
| Эквивалентная доза за год в хрусталике |  |  |
| глаза <sup>3</sup>                     | 150 мЗв  | 15 мЗв   |
| коже <sup>4</sup>                      | 500 мЗв  | 50 мЗв   |
| кистях и стопах                        | 500 мЗв  | 50 мЗв   |

*Примечания:*

<sup>1</sup> Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

<sup>2</sup> Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни воздействия персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А. Далее в тексте все нормативные значения для категории персонала приводятся только для группы А.

<sup>3</sup> Относится к дозе на глубине 300 мг/см<sup>2</sup>.

<sup>4</sup> Относится к среднему по площади в 1 см<sup>2</sup> значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/см<sup>2</sup> под покровным слоем толщиной 5 мг/см<sup>2</sup>. На ладонях толщина покровного слоя - 40 мг/см<sup>2</sup>. Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см<sup>2</sup> площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает непревышение предела дозы на хрусталик от бета-частиц.

Планируемое повышенное облучение персонала группы А выше установленных пределов доз (см. табл. 9.х) при предотвращении развития аварии или ликвидации ее последствий может быть разрешено только в случае необходимости спасения людей и (или) предотвращения их облучения. Планируемое повышенное облучение допускается для мужчин, как правило, старше 30 лет лишь при их добровольном письменном согласии, после информирования о возможных дозах облучения и риске для здоровья.

Планируемое повышенное облучение в эффективной дозе до 100 мЗв в год и эквивалентных дозах не более двукратных значений, приведенных в табл. 9.х, допускается организациями

федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих государственный санитарно-эпидемиологический надзор на уровне субъекта Российской Федерации, а облучение в эффективной дозе до 200 мЗв в год и четырехкратных значений эквивалентных доз по табл. 9.х - допускается только федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

**Повышенное облучение не допускается:**

- для работников, ранее уже облученных в течение года в результате аварии или запланированного повышенного облучения с эффективной дозой 200 мЗв или с эквивалентной дозой, превышающей в четыре раза соответствующие пределы доз, приведенные в табл. 9.8;
- для лиц, имеющих медицинские противопоказания для работы с источниками излучения.

Лица, подвергшиеся облучению в эффективной дозе, превышающей 100 мЗв в течение года, при дальнейшей работе не должны подвергаться облучению в дозе свыше 20 мЗв за год. Облучение эффективной дозой свыше 200 мЗв в течение года должно рассматриваться как потенциально опасное. Лица, подвергшиеся такому облучению, должны немедленно выводиться из зоны облучения и направляться на медицинское обследование. Последующая работа с источниками излучения этим лицам может быть разрешена только в индивидуальном порядке с учетом их согласия по решению компетентной медицинской комиссии. Лица, не относящиеся к персоналу, привлекаемые для проведения аварийных и спасательных работ, должны быть оформлены и допущены к работам как персонал группы А.

В случае возникновения аварии должны быть приняты практические меры для восстановления контроля над источником излучения и сведения к минимуму доз облучения, количества облученных лиц, радиоактивного загрязнения окружающей среды, экономических и социальных потерь, вызванных радиоактивным загрязнением. При радиационной аварии или обнаружении радиоактивного загрязнения ограничение облучения осуществляется защитными мероприятиями, применимыми, как правило, к окружающей среде и (или) к человеку. Эти мероприятия могут приводить к нарушению нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственного и социального функционирования территории. При планировании защитных мероприятий необходимо обеспечивать максимально возможное превышение пользы от снижения дозы облучения над ущербом, связанным с проведением этих мероприятий. Если предполагаемая доза излучения за короткий срок (2 суток) достигает уровней, при превышении которых возможны детерминированные эффекты (табл. 9.9), необходимо срочное вмешательство (меры защиты).

**Таблица 9.9. Прогнозируемые уровни облучения, при которых необходимо срочное вмешательство**

| Орган или ткань   | Поглощенная доза в органе или ткани за 2 суток, Гр |
|-------------------|--|
| Все тело          | 1  |
| Легкие            | 6  |
| Кожа              | 3  |
| Щитовидная железа | 5  |
| Хрусталик глаза   | 2  |
| Гонады            | 3  |

|      |     |
|------|-----|
| Плод | 0,1 |
|------|-----|

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.

Земные источники радиации в сумме ответственны за большую часть облучения, которому подвергается человек за счет естественной радиации. В среднем они обеспечивают более 5/6 годовой эффективной эквивалентной дозы, получаемой населением, в основном вследствие внутреннего облучения. Остальную часть вносят космические лучи, главным образом путем внешнего облучения. В среднем примерно 2/3 эффективной эквивалентной дозы облучения, которую человек получает от естественных источников радиации, поступает от радиоактивных веществ, попавших в организм с пищей, водой и воздухом.

В настоящее время основной вклад в дозу, получаемую человеком от техногенных источников радиации, вносят медицинские процедуры и методы лечения, связанные с применением радиоактивности. Радиация используется в медицине, как в диагностических целях, так и для лечения. Наиболее распространенным видом излучения, применяющимся в диагностических целях, являются рентгеновские лучи. Получают все более широкое распространение и новые сложные диагностические методы, опирающиеся на использование радиоизотопов.

В результате воздействия на организм человека ионизирующего излучения в зависимости от суммарной дозы излучения, а также от ее распределения во времени и в теле человека, возникает **лучевая болезнь**. Лучевая болезнь может развиваться как при **внешнем облучении организма**, когда источник радиации находится вне его (что может произойти в первую минуту после ядерного взрыва или в результате воздействия радиоактивных веществ, выпавших по следу радиоактивного облака при наземном ядерном взрыве), так и при попадании радиоактивных веществ **внутрь организма**.

Тяжесть лучевой болезни зависит от **дозы облучения**, полученной человеком за определенное время, и индивидуальных особенностей организма. Дети и люди пожилого возраста, больные, физически утомленные более чувствительны к облучению и переносят его тяжелее. Если однократная доза менее 50 р, то признаки лучевой болезни не проявляются. Однократное облучение более 100 р уже может вызвать лучевую болезнь. **По характеру течения лучевая болезнь может быть острой и хронической.**

**Острая лучевая болезнь** развивается при однократном или дву-, трехкратном радиоактивном облучении за короткий промежуток времени. **Хроническая лучевая болезнь** развивается при длительном облучении небольшими дозами. В очагах ядерных взрывов первое время наибольшее значение будет иметь острая лучевая болезнь.

В зависимости от дозы облучения различают четыре степени острой лучевой болезни:

- I степень — легкая, возникает при дозах облучения 100—200 р;

- II степень — средней тяжести, возникает при дозах 200—300 p;
- III степень — тяжелая, возникает при дозах 300—500 p;
- IV степень — крайне тяжелая, возникает при дозах свыше 500 p.

#### **Течение лучевой болезни обычно делится на четыре периода:**

- **Первый период** — первичная реакция на облучение, начинается в первые часы после него и может длиться от нескольких часов до нескольких дней. Лучевая болезнь в этот период проявляется в зависимости от дозы облучения и индивидуальных особенностей организма резкой слабостью, головокружением, головной болью, тошнотой, рвотой, поносом, бледностью кожи, колебаниями артериального давления, лихорадкой, потерей сознания, а при дозах более 500 p — состоянием, подобным шоку.

- После угасания первичной реакции наступает временное улучшение и начинается **второй период** — латентный (период кажущегося благополучия). Длительность этого периода обратно пропорциональна дозе облучения (чем больше доза, тем короче этот период), он колеблется от 2—3 дней до 3 недель. У больного могут оставаться небольшая слабость, потливость, снижение аппетита, нарушение сна, но обнаруживаются изменения в крови. При тяжелых поражениях продолжают существовать желудочно-кишечные расстройства. Очень большие дозы облучения приводят к лучевой болезни без латентного периода, когда после первичной реакции наступает третий период.

- **Третий период** — выраженное проявление лучевой болезни (2—3-я неделя и последующие). У больного повышается температура. На коже, слизистых оболочках появляются кровоизлияния. Наблюдаются внутренние кровоизлияния. На слизистой полости рта возникают язвы, на миндалинах — некротическая ангина. Кровяное давление понижается. При легкой степени поражения эти симптомы выражены не резко и постепенно исчезают. При более тяжелых формах заболевания через 3—4 недели начинают выпадать волосы, нарушается свертываемость крови. Ослабевают защитные силы организма, что приводит к инфекционным и другим заболеваниям (воспаление легких, понос, общее заражение крови).

- **Четвертый период** — восстановление. На 4-й неделе при легкой форме лучевой болезни здоровье больного восстанавливается. При средней и тяжелой формах болезнь тоже начинает затухать, но окончательное выздоровление затягивается на недели, а в дальнейшем наблюдаются отдаленные последствия — малокровие, белокровие, гипертония и связанное с ними ослабление организма.

Лучевая болезнь может привести к смертельному исходу уже в первом периоде, если полученная доза облучения будет очень большая, а индивидуальная чувствительность организма высокая. **Лучевые ожоги** возникают в результате воздействия ионизирующих излучений на определенные участки тела. Обширные ожоги обычно развиваются при действии на кожу бета-частиц. Лучевые ожоги характеризуются длительным скрытым периодом и упорным течением из-за поражения глубоких слоев кожи и нижележащих тканей. Лучевые ожоги часто развиваются одновременно с лучевой болезнью, что отягощает состояние пострадавшего и затягивает выздоровление.

Скрытый период в течение лучевых ожогов бывает продолжительностью от нескольких часов до 3 недель. Затем появляются кожный зуд, покраснение, отечность и боль в местах ожога. Отек и боль постепенно исчезают. В тяжелых случаях вслед за отеком появляются пузыри, наполненные полупрозрачной жидкостью, которые увеличиваются и сливаются. В дальнейшем в результате отека глубоких тканей происходит нарушение их кровоснабжения и питания, приводящее к некрозу и гангрене. Некроз может доходить до надкостницы и кости. Загрязнение ожогов может привести к заражению крови и смерти.

## Способы защиты персонала и населения условиях радиоактивного заражения

Главной целью радиационной защиты при радиоактивном загрязнении среды обитания человека является сохранение здоровья населения и снижение ущерба внешней среде от вредного действия ионизирующих излучений. Возможные уровни облучения населения при радиационных авариях определяются:

- масштабом аварии;
- сложившейся радиационной обстановкой;
- эффективностью используемых мер защиты.

Обычно облучение носит **комбинированный характер** — сочетание внешнего и внутреннего облучения в различных дозовых пропорциях. В начальный период в зонах ближних выпадений радионуклидов определяющим является внешнее облучение. Внутреннее облучение возможно от радионуклидов, поступивших в организм ингаляционным путём. Облучение, как правило, сопровождается действием нерадиационных факторов различной природы.

Составной частью общего комплекса мер по защите населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера являются **мероприятия радиационной защиты**. Важность этих мероприятий для защиты населения обусловлена наличием в стране большого числа опасных радиационных объектов, а также сложившимся на территории страны состоянием радиационной безопасности.

### Радиационная населения достигается:

- организацией непрерывного контроля, выявлением и оценкой радиационной обстановки в районах размещения радиационно опасных объектов;
- заблаговременным накоплением, поддержанием в готовности и использованием при необходимости средств индивидуальной защиты, приборов радиационной разведки и контроля;
- созданием, производством и применением унифицированных средств защиты, приборов и комплектов радиационной разведки и дозиметрического контроля;
- приобретением населением в установленном порядке в личное пользование средств индивидуальной защиты;
- своевременным внедрением и применением средств и методов выявления и оценки масштабов и последствий аварий на радиационно опасных объектах;
- созданием и использованием на радиационно опасных объектах систем (преимущественно автоматизированных) контроля обстановки и локальных систем оповещения;
- разработкой и применением, при необходимости, режимов радиационной защиты населения и функционирования объектов экономики и инфраструктуры в условиях загрязненности (зараженности) местности;
- заблаговременным приспособлением объектов коммунально-бытового обслуживания и транспортных предприятий для проведения специальной обработки одежды, имущества и транспорта, проведением этой обработки в условиях аварий;
- обучением всего населения использованию средств индивидуальной защиты и правилам поведения на загрязненной (зараженной) территории.

**Радиационная защита** - это комплекс мер, направленных на ослабление или исключение воздействия ионизирующего излучения на население, персонал радиационно опасных объектов,

биологические объекты природной среды, на радиоэлектронное оборудование и оптические системы, а также на предохранение природных и техногенных объектов от загрязнения радионуклидами и удаление этих загрязнений (дезактивацию). Федеральным законом "О радиационной безопасности населения" установлены основные гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) для населения и работников радиационно опасных объектов, которые введены в действие с 1 января 2000 г. Подобного рода гигиенические нормативы облучения от источников ионизирующего излучения установлены также НРБ-99/2009. "СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности". Обеспечение выполнения этих нормативов является конечной целью мероприятий радиационной защиты, ее целевой функцией. В результате качественной реализации этих мероприятий в значительной мере достигается требуемый уровень радиационной безопасности. Меры радиационной защиты выполняются заблаговременно, а в ходе радиационных аварий - в оперативном порядке. Они также осуществляются при обнаружении локальных радиоактивных загрязнений.

**В превентивном порядке проводятся следующие мероприятия радиационной защиты:**

- разрабатываются и внедряются режимы радиационной безопасности;
- создаются и эксплуатируются системы радиационного контроля за радиационной обстановкой на территориях атомных станций и в зонах наблюдения этих станций;
- разрабатываются планы действий на случай радиационных аварий;
- накапливаются и содержатся в готовности средства индивидуальной защиты, приборы радиационной разведки и дозиметрического контроля, средства йодной профилактики и дезактивации, соответствующие технические средства, материалы и имущество;
- поддерживаются в готовности к применению защитные сооружения (убежища и укрытия);
- осуществляются меры по заблаговременной защите продовольствия, пищевого сырья, фуража и источников (запасов) воды от загрязнения радиоактивными веществами;
- проводится подготовка населения к действиям в условиях радиационных аварий, профессиональная подготовка персонала радиационно опасных объектов и личного состава аварийно-спасательных сил;
- обеспечивается готовность систем радиационной безопасности радиационно опасных объектов, подсистем и звеньев РСЧС, сил и средств, предназначенных для ликвидации последствий радиационных аварий.

К числу основных мероприятий, способов и средств, обеспечивающих защиту населения от радиационного воздействия во время и после радиационной аварии, относятся:

- обнаружение факта радиационной аварии и оповещение о ней;
- выявление радиационной обстановки в районе аварии;
- организация радиационного контроля;
- установление и поддержание режима радиационной безопасности;
- проведение, при необходимости, на ранней стадии аварии йодной профилактики населения, персонала аварийного объекта, участников ликвидации последствий аварии;
- обеспечение населения, персонала аварийного объекта, участников ликвидации последствий аварии средствами индивидуальной защиты и использование этих средств;
- укрытие населения, оказавшегося в зоне аварии, в убежищах и укрытиях, обеспечивающих снижение уровня внешнего облучения и защиту органов дыхания от проникновения в них радионуклидов, оказавшихся в атмосферном воздухе;
- санитарная обработка населения, персонала аварийного объекта, участников ликвидации последствий аварии;

- дезактивация аварийного объекта, объектов производственного, социального, жилого назначения, территории, сельскохозяйственных угодий, транспорта, других технических средств, средств защиты, одежды, имущества, продовольствия и воды;
- эвакуация или отселение граждан из зон, в которых уровень загрязнения превышает допустимый для проживания населения.

Выявление радиационной обстановки проводится с целью **определения масштабов радиационной аварии**, установления размеров зон радиационного загрязнения, мощности дозы и уровня радиационного загрязнения в зонах, установления оптимальных маршрутов движения людей, транспорта и другой техники к аварийному объекту и другим местам работ, а также определения возможных маршрутов эвакуации населения и сельскохозяйственных животных, эвакуации материальных и культурных ценностей из зоны аварии.

Выявление радиационной обстановки проводится с помощью стационарных систем радиационного контроля, устанавливаемых на радиационно опасных объектах и территориях вокруг них, а также путем ведения наземной или воздушной разведки с соблюдением мер радиационной безопасности.

**Радиационный контроль** в условиях радиационной аварии проводится с целью соблюдения допустимого времени пребывания людей в зоне аварии, контроля доз облучения и уровней радиоактивного загрязнения. Он включает контроль за:

- мощностью дозы в местах пребывания населения, персонала аварийного объекта и участников ликвидации последствий радиационной аварии;
- содержанием радионуклидов в воздухе, питьевой воде, пищевых продуктах;
- уровнем загрязнения различных технических средств, имущества и территории; дозами облучения;
- поступлением и содержанием радионуклидов в организме;
- содержанием и радионуклидным составом загрязнений грунтов в зоне аварии.

Важнейшим элементом радиационной защиты при радиационной аварии является установление и поддержание режима радиационной безопасности. **Режим радиационной безопасности** - это обязательный порядок и организация деятельности подразделений ликвидации радиационной аварии, а также поведения населения в зоне аварии с целью максимально достижимого и оправданного снижения радиационного воздействия. Этот режим обеспечивается:

- установлением особого порядка доступа в зону аварии;
- зонированием района аварии;
- целесообразным отбором участников ликвидации последствий аварии с обязательным их медицинским освидетельствованием;
- осуществлением радиационного контроля в зонах и на выходе в "чистую" зону;
- обеспечением спецодеждой, средствами индивидуальной защиты и медицинской помощью;
- организацией индивидуального дозиметрического контроля и ведением учета доз облучения персонала и коллективных доз облучения населения;
- проведением аварийно-спасательных и других неотложных работ, осуществлением дезактивационных мероприятий;
- соблюдением порядка и правил обращения с радиоактивными отходами.



По сути дела, реализация режима радиационной безопасности обеспечивает выполнение значительной части мероприятий по радиационной защите населения, персонала аварийного объекта, участников ликвидации последствий радиационной аварии.

В качестве **средств индивидуальной защиты** применяются:

- средства защиты органов дыхания;
- средства защиты органов зрения;
- изолирующие средства защиты кожи (защитные комплекты).

В последнем случае могут применяться общевойсковые защитные комплекты, костюмы легкие защитные Л-1, хлопчатобумажные комбинезоны, халаты и другие средства защиты кожи. Для защиты органов дыхания используются ватно-марлевые повязки, различные типы респираторов ("Лепесток", Р-2, "Кама", "Астра-2" и др.), фильтрующие и изолирующие противогазы. Для защиты органов зрения применяются защитные очки, экраны и другие приспособления.

Для защиты щитовидной железы взрослых и детей от воздействия радиоактивных изотопов йода на ранней стадии аварии проводится **йодная профилактика**. Она заключается в приеме препарата стабильного йода, в основном йодистого калия.

Персонал радиационно опасных объектов обеспечивается индивидуальными средствами защиты в зависимости от условий работы и возможных аварий. Имеются запасы средств индивидуальной защиты и для населения, проживающего вблизи этих объектов, но в основном это только фильтрующие противогазы и респираторы. Применение фильтрующих и изолирующих противогазов, средств защиты глаз и кожи является необходимой, но в большинстве случаев недостаточной мерой защиты при радиационном воздействии. Они защищают человека в основном от внутреннего облучения. Защиту от внешнего облучения могут обеспечить только защитные сооружения.

В связи с этим большинство атомных электростанций и близко расположенных к ним населенных пунктов располагают убежищами и противорадиационными укрытиями. Защита работающей смены радиационно опасных объектов предусматривается в убежищах с режимами полной изоляции и дополнительными защитными свойствами от проникающей радиации. Население и персонал предприятий, расположенных в зоне возможной радиационной аварии, укрываются в убежищах с меньшими защитными свойствами и в противорадиационных укрытиях с различной степенью защиты. Эти сооружения должны оснащаться фильтрами-поглотителями радионуклидов йода. Поскольку кратковременную защиту населения способны обеспечить практически любые герметизированные помещения, при новом строительстве и реконструкции жилого и производственного фонда вблизи радиационно опасных объектов в зданиях и сооружениях необходимо предусматривать такие помещения, особенно в детских учреждениях. Они могут сыграть важную роль в качестве временных укрытий до проведения последующей эвакуации.

**Санитарная обработка населения**, персонала радиационно опасных объектов, участников аварийно-спасательных и других неотложных работ в условиях радиационной аварии представляет собой комплекс мероприятий по ликвидации их загрязнения радиоактивными веществами. Она включает частичную или/и полную санитарную обработку. При частичной обработке осуществляется очистка и обработка открытых участков тела, наружных поверхностей одежды, обуви, средств индивидуальной защиты. Полная санитарная обработка - это обеззараживание тела человека водой, помывка людей со сменой белья и одежды. Санитарная обработка проводится на пунктах санитарной обработки (ПСО). Через них должно проходить все движение участников ликвидации аварии из мест

временной дислокации к аварийному объекту и обратно. Санитарная обработка населения также проводится на ПСО при выходе из зоны загрязнения.

Одним из наиболее важных и трудоемких элементов ликвидации последствий радиационных аварий является процесс **дезактивации**. Он представляет собой удаление радиоактивных веществ с загрязненных поверхностей объектов производственного, социального, жилого назначения, территории, сельскохозяйственных угодий, транспорта, других технических средств, средств защиты, одежды и другого имущества. Дезактивация жилых построек, объектов социального назначения, угодий, общественного и личного транспорта, объектов быта проводится с целью снижения уровня воздействия ионизирующего излучения на население и персонал аварийного объекта до допустимых уровней.

Дезактивация проводится различными способами, выбираемыми в зависимости от объекта дезактивации и характера радиоактивного загрязнения. В процессе дезактивации осуществляется контроль ее результатов. **В условиях радиационных аварий могут быть применены:**

- безжидкостные способы дезактивации (обдув струей воздуха, абразивный обдув, пылеотсасывание, снятие загрязненного слоя, изоляция загрязненной поверхности);
- дезактивация струей воды;
- использование дезактивирующих растворов (на основе поверхностно-активных веществ, окислительно-восстановительных растворов и других);
- дезактивация с помощью ультразвука;
- различные способы очистки воды и воздуха;
- пленки и покрытия (изолирующие, дезактивирующие удаляемые, локализирующие).

Поскольку при радиационных авариях в некоторых случаях возможно радиоактивное загрязнение заселенных территорий, предусмотрено зонирование этих территорий. Еще на первоначальной и промежуточной стадиях аварии могут возникнуть зоны радиоактивного загрязнения, в которых годовая эффективная доза облучения будет более 50 мЗв. Население, проживающее в этой зоне, подлежит отселению, а эта территория называется зоной отселения. На этих стадиях аварии могут образовываться также зона добровольного отселения (годовая эквивалентная доза от 20 до 50 мЗв) и зона ограниченного проживания (от 5 до 20 мЗв). В последующем, на восстановительной стадии радиационной аварии зона с годовой эквивалентной дозой более 50 мЗв становится зоной отчуждения, а зона добровольного отселения (от 20 до 50 мЗв) приобретает статус зоны отселения.

В процессе радиационной аварии отселению может предшествовать эвакуация населения в места временного размещения. Вопрос возврата эвакуированных в места постоянного проживания или их дальнейшего отселения решается в зависимости от радиационной обстановки, складывающейся в результате естественного распада радионуклидов, и мероприятий по дезактивации территорий, жилых и общественных строений.

Мероприятия радиационной защиты персонала и населения организуются ведомствами и организациями, которым подведомственны или принадлежат радиационно опасные объекты, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, на территориях которых размещены эти объекты. Мероприятия по радиационной защите осуществляют специальные ведомственные (объектовые) формирования, предназначенные для обеспечения радиационной безопасности, а в аварийных случаях - силы и средства подсистем и звеньев РСЧС. В ликвидации последствий радиационных аварий могут принимать участие подразделения Вооруженных Сил Российской Федерации и других войск, а также МВД России. Мероприятия радиационной защиты, проведенные своевременно и эффективно, существенно снижают опасность радиационного поражения людей, обеспечивают повышение уровня радиационной безопасности.

## Приборы дозиметрического и радиационного контроля

Приборы, предназначенные для обнаружения и измерения радиоактивных излучений, называются **дозиметрическими**. Их основными элементами являются:

- 1.воспринимающее устройство;
- 2.усилитель ионизационного тока;
- 3.измерительный прибор;
- 4.преобразователь напряжения;
- 5.источник тока.

**Дозиметрические приборы подразделяются на:**

- приборы радиационной разведки, предназначенные в основном для измерения мощностей экспозиционных доз излучения;
- приборы дозиметрического контроля, предназначенные для измерения поглощенных доз облучения.

**Классификация дозиметрических приборов представлена следующим образом:**

1.Первая группа. **Рентгенометры-радиометры**, которыми определяют уровни радиации на местности и зараженность различных объектов и поверхностей. Сюда относится измеритель мощности дозы ДП-5В (А, Б) — базовая модель. На смену этому прибору приходит ИМД-5. Для подвижных средств создан бортовой рентгенометр ДП-3Б. Взамен его поступают измерители мощности дозы ИМД-21, ИМД-22. Дозиметр ДРГ-01Т1 - для измерения внешнего гамма-излучения (10 мкР/ч ... 10 Р/ч). **Это основные приборы радиационной разведки.**

2.Вторая группа. **Дозиметры** для определения индивидуальных доз облучения. В эту группу входят: дозиметр ДП-70МП, комплект индивидуальных дозиметров ИД-1, комплект индивидуальных измерителей доз ИД-11, дозиметры-накопители ДПП-03.

3.Третья группа. **Бытовые дозиметрические приборы**. Они дают возможность населению ориентироваться в радиационной обстановке на местности, иметь представление о зараженности различных предметов, воды и продуктов питания.

**Измеритель мощности дозы ДП-5В** предназначен для измерения уровней гамма-радиации и радиоактивной загрязненности различных объектов (предметов) по гамма-излучению. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения определяется в миллирентгенах или рентгенах в час (мР/ч, Р/ч). Этот прибор может обнаружить, кроме того, и бета-излучение. Диапазон измерения по гамма-излучению — от 0,05 мР/ч до 200 Р/ч.

Степень радиоактивного загрязнения объектов измеряется, как правило, на местности или в местах, где внешний гамма-фон не превышает предельно допустимого загрязнения объекта более чем в три раза.

**Измеритель мощности дозы ИМД-5** выполняет те же функции и в том же диапазоне. Прибор практически ничем не отличается от ДП-5В. Питание осуществляется от двух элементов А-343, которые обеспечивают непрерывную работу в течение 100 ч.

**Бортовой рентгенометр ДП-3Б** предназначен для измерения уровней гамма-излучения на местности. Прибор устанавливается на подвижных объектах (автомобиле, локомотиве, дрезине, речном катере и т.д.). Диапазон измерений — от 0,1 до 500 Р/ч. В порядке модернизации был создан прибор **ИМД-21**, на смену которому пришел **ИМД-22**. Измеритель мощности дозы ИМД-22 имеет

две отличительные особенности. Во-первых, он может производить измерения поглощенной дозы не только гамма-, но и нейтронного излучения, а во-вторых, использоваться как на подвижных средствах, так и на стационарных объектах (пунктах управления, защитных сооружениях).

**Дозиметр ДП-70МП** предназначен для измерения дозы гамма- и нейтронного облучения в пределах от 50 до 800 Р. Он представляет собой стеклянную ампулу, содержащую бесцветный раствор. Ампула помещена в пластмассовый (ДП-70МП) или металлический (ДП-70М) футляр. Футляр закрывается крышкой, на внутренней стороне которой находится цветной эталон, соответствующий окраске раствора при дозе облучения 100 Р (рад). По мере облучения раствор меняет свою окраску. Это свойство положено в основу работы химического дозиметра. Он дает возможность определять дозы как при однократном, так и при многократном облучении. Для того чтобы определить полученную дозу облучения, ампулу вынимают из футляра, вставляют в корпус колориметра. Вращая диск с фильтрами, ищут совпадение окраски ампулы с цветом фильтра, на котором и написана доза облучения.

**Комплект индивидуальных измерителей дозы ИД-11** предназначен для индивидуального контроля облучения людей в целях первичной диагностики радиационных поражений. В него входят 500 индивидуальных измерителей доз ИД-11 и измерительное устройство. ИД-11 обеспечивает измерение поглощенной дозы гамма- и смешанного гамма-нейтронного излучения в диапазоне от 10 до 1500 рад (рентген). При многократном облучении дозы суммируются и сохраняются прибором в течение 12 месяцев. Носят его в кармане одежды. Измерительное устройство может работать в полевых и стационарных условиях. Удобно в эксплуатации. Имеет цифровой отсчет показателей на передней панели.

Контроль радиоактивного облучения может быть **индивидуальным и групповым**. При индивидуальном методе дозиметры выдаются каждому человеку. Обычно их получают командиры формирований, разведчики, водители машин и другие лица, выполняющие задачи отдельно от своих основных подразделений. Групповой метод контроля применяется для остального личного состава формирований и населения. В этом случае индивидуальные дозиметры выдаются одному-двум из звена, группы, команды или коменданту убежища, старшему по укрытию. Зарегистрированная доза засчитывается каждому как индивидуальная и записывается в журнал учета.

**Ионизирующее излучение** — излучение, которое создается при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе и образует при взаимодействии со средой ионы разных знаков. По своей природе ядерное излучение может быть электромагнитным (например, гамма-излучение) или представлять поток быстро движущихся элементарных частиц — нейтронов, протонов, бета- и альфа-частиц. Любые ядерные излучения, взаимодействуя с различными материалами, ионизируют их атомы и молекулы. Ионизация среды тем сильнее, чем больше мощность дозы проникающей радиации или радиоактивного излучения и длительнее их воздействие.

Действие ионизирующих излучений на людей и животных заключается в разрушении живых клеток организма, которое может привести к заболеваниям различной степени, а в некоторых случаях и к смерти. Чтобы оценить влияние ионизирующих излучений на человека (животное), надо учитывать две основные характеристики: ионизирующую и проникающую способность. **Альфа-излучение** обладает высокой ионизирующей и слабой проникающей способностью. Обыкновенная одежда полностью защищает человека. Самым опасным является попадание альфа-частиц внутрь организма с воздухом, водой и пищей. **Бета-излучение** имеет меньшую ионизирующую способность, чем альфа-излучение, но большую проникающую способность. Одежда уже не может полностью защитить, нужно использовать любое укрытие.

**Гамма- и нейтронное излучения** обладают очень высокой проникающей способностью, защиту от них могут обеспечить только убежища, противорадиационные укрытия, подвалы.

В результате взаимодействия радиоактивного излучения с внешней средой происходит ионизация и возбуждение ее нейтральных атомов и молекул. Такие процессы изменяют физико-химические свойства облучаемой среды. Взяв за основу эти явления, для регистрации и измерения ионизирующих излучений используют ионизационный, химический и сцинтилляционный методы.

**Ионизационный метод.** Сущность метода заключается в том, что под воздействием ионизирующих излучений в среде (газовом объеме) происходит ионизация молекул, в результате чего электропроводность этой среды увеличивается. Если в нее поместить два электрода, к которым приложено постоянное напряжение, то между электродами возникает направленное движение ионов, т. е. проходит так называемый ионизационный ток, который легко может быть измерен. Такие устройства называют детекторами излучений. В качестве детекторов в дозиметрических приборах используются ионизационные камеры и газоразрядные счетчики различных типов. Ионизационный метод положен в основу работы таких дозиметрических приборов, как ДП-5А(Б,В), ДП-3Б, ДП-22В и ИД-11.

**Химический метод.** Сущность метода состоит в том, что молекулы некоторых веществ в результате ионизирующих излучений распадаются, образуя новые химические соединения. Количество вновь образованных химических веществ можно определить различными способами. Наиболее удобным для этого является способ, основанный на изменении плотности окраски реактива, с которым вновь образованное химическое соединение вступает в реакцию. На этом методе основан принцип работы химического дозиметра гамма- и нейтронного излучения ДП-7 ОМП.

**Сцинтилляционный метод.** Этот метод основывается на том, что некоторые вещества (сернистый цинк, йодистый натрий, вольфрамат кальция и др.) светятся при воздействии на них ионизирующих излучений. Возникновение свечения является следствием возбуждения атомов под действием излучений: при возвращении в основное состояние атомы испускают фотоны видимого света различной яркости (сцинтилляция). Фотоны видимого света улавливаются специальным прибором — фотоэлектронным умножителем, способным регистрировать каждую вспышку. В основу работы индивидуального измерителя дозы ИД-11 положен сцинтилляционный метод обнаружения ионизирующих излучений.