

**КОНСПЕКТ**  
**Для самостоятельной подготовки студентов 2-го курса**  
**факультета клинической психологии по дисциплине «Безопасность**  
**жизнедеятельности»**

**Тема 4 «Идентификация и воздействие на человека вредных и опасных факторов среды обитания»**

## Учебный вопросы

1. Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных вещества
2. Токсичность и токсический процесс
3. Ионизирующее излучение. Виды ионизирующего излучения
4. Биологические негативные факторы. Их воздействие на человека
5. Синдром умственно эмоционального перенапряжения
6. Характеристики природных ЧС

## Вопрос 1 Химические негативные факторы

**Вредным называется вещество**, которое при контакте с организмом человека может вызвать травмы, заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с ними, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

По характеру воздействия вредные вещества делятся на шесть групп:

1. токсические – вызывающие отравление всего организма (окись углерода, циан, свинец, ртуть, мышьяк, бензол и др., а также их соединения);
2. раздражающие – вызывающие раздражение дыхательного центра и слизистых оболочек (хлор, аммиак, ацетон, фтористый водород, циан, окислы азота и др.);
3. сенсibiliзирующие – вызывающие аллергические реакции (формальдегид, растворители и лаки на основе нитросоединений и т.п.);
4. канцерогенные – вызывающие развитие раковых заболеваний (никель и его соединения, хром и его соединения, амины, асбест, бензойная кислота и т.п.);
5. мутагенные – вызывающие изменение наследственных признаков (свинец, марганец, стирол, радиоактивные вещества и т.п.);
6. влияющие на репродуктивную функцию человека (ртуть, свинец, марганец, стирол, радиоактивные вещества и т.п.).

Три последних вида воздействия вредных веществ – мутагенное, канцерогенное и влияющие на репродуктивную функцию, а так же ускорение процесса старения сердечнососудистой системы относят к отдаленным последствиям влияния химических соединений на организм. Это специфическое действие, которое проявляется в отдаленные периоды спустя годы, и даже десятилетия. Отмечается появление различных эффектов и в последующих поколениях.

Химические вещества (органические и неорганические) в зависимости от их практического использования классифицируются также на шесть групп:

1. Промышленные яды: например, органические растворители (дихлорэтан), топливо (пропан, бутан), красители (анилин). Промышленный яд, вызывающий не только интоксикацию, но провоцирующий и другие формы токсического процесса на разных уровнях биологической организации называются токсикантами.
2. Ядохимикаты: пестициды (гексахлорэтан), инсектициды (карбофос).
3. Лекарственные средства.
4. Бытовые химикаты, используемые в виде пищевых добавок (уксусная кислота), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т.д.
5. Биологические растительные и животные яды. Яд биологического происхождения) носят название токсины.
6. Отравляющие вещества (ОВ): зарин, иприт, фосген и др.

В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 (99) вредные вещества делятся на 4 класса опасности:

- 1-й — *чрезвычайно опасные* (ртуть, этиленамин и т.д.);
- 2-й — *высокоопасные* (хлор, фтор, фтористый водород и т.д.);
- 3-й — *умеренно опасные* (пластик, метиловый спирт и т.д.);
- 4-й — *малоопасные* (аммиак, бензин, ацетон, этиловый спирт и т.д.).

Ядовитые свойства могут проявить даже такие вещества, как поваренная соль в больших дозах или кислород при повышенном давлении. Однако к ядам принято относить лишь те, которые свое вредное действие проявляют в обычных условиях и в относительно небольших количествах.

Способность вещества, действуя на организм в определенных дозах и концентрациях, нарушать дееспособность, вызывать заболевание или даже смерть (действуя на биологические системы вызывать их повреждение или гибель) называется токсичностью.

Токсическое действие вредных веществ характеризуется показателями токсикометрии, в соответствии с которыми вещества классифицируют на чрезвычайно-, высоко-, умеренно- и малотоксичные.

Показатели токсикометрии и критерии токсичности вредных веществ – это количественные показатели токсичности и опасности вредных веществ. Токсический эффект при действии различных доз и концентрации ядов может проявиться функциональными и структурными (патоморфологическими) изменениями или гибелью организма. В первом случае токсичность принято выражать в виде действующих, пороговых и недействующих концентраций и доз, а втором – в виде смертельных концентраций.

Предельно допустимая концентрация это такое содержание вредных веществ в атмосферном воздухе, при котором на человека и окружающую среду не оказывается ни прямого, ни косвенного вредного воздействия.

В атмосферу поступает множество примесей от различных промышленных производств и автотранспорта. Для контроля их содержания в воздухе нужны вполне определенные стандартизированные экологические нормативы, поэтому и было введено понятие о предельно допустимой концентрации. Величины ПДК для воздуха измеряются в мг/м<sup>3</sup>. Разработаны ПДК не только для воздуха, но и для пищевых продуктов, воды (питьевая вода, вода водоемов, сточные воды), почвы.

Предельной концентрацией для рабочей зоны считают такую концентрацию вредного вещества, которая при ежедневной работе в течение всего рабочего периода не может вызвать заболевания в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Предельные концентрации для атмосферного воздуха измеряются в населенных пунктах и относятся к определенному периоду времени. Для воздуха различают максимальную разовую дозу и среднесуточную.

В зависимости от значения ПДК химические вещества в воздухе классифицируют по степени опасности. Для чрезвычайно опасных веществ (пары ртути, сероводород, хлор) ПДК в воздухе рабочей зоны не должна превышать

0,1 мг/м<sup>3</sup>. Если ПДК составляет более 10 мг/м<sup>3</sup>, то вещество считается малоопасным. К таким веществам относят, например, аммиак.

Таблица 1

ПДК некоторых газообразных веществ в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений

Вещество	ПДК в атмосферном воздухе (мг/м <sup>3</sup> )	ПДК в воздухе производственных помещений (мг/м <sup>3</sup> )
Диоксид азота: • максимальная разовая • среднесуточная	0.085 0.04	2.0
Диоксид серы: • максимальная разовая • среднесуточная	0.5 0.05	10.0
Моноксид углерода • максимальная разовая • среднесуточная	5.0 3.0	В течение рабочего дня 20.0 В течение 60 минут 50.0 В течение 30 минут 100.0
Фтороводород: • максимальная разовая • среднесуточная	0.02 0.005	0.05

Таблица 2

ПДК некоторых вредных веществ в питьевой воде

Вещество	ПДК, мкг/л
Гидрохинон	200
Дихлорфенол	2
Крезол	4
Пентахлорфенол	10
Трихлорфенол	4
Трихлорэтилен	70
Фенол	1
Хлороформ	60
Четыреххлористый углерод	6

Таблица 3

ПДК некоторых химических элементов в почве

Элементы	ПДК, мг/кг
Кобальт	5
Медь	3
Мышьяк	2
Ртуть	2
Свинец	20
Сурьма	5
Фтор	3
Цинк	20

ПДК устанавливаются для среднестатистического человека, однако ослабленные болезнью и другими факторами люди могут почувствовать себя дискомфортно при концентрациях вредных веществ, меньших ПДК. Это, например, относится к заядлым курильщикам.

Величины предельно допустимых концентраций некоторых веществ в ряде стран существенно различаются. Так, ПДК сероводорода в атмосферном воздухе при 24-часовом воздействии в Испании составляет  $0,004 \text{ мг/м}^3$ , а в Венгрии –  $0,15 \text{ мг/м}^3$  (в России –  $0,008 \text{ мг/м}^3$ ).

В нашей стране нормативы предельно допустимой концентрации разрабатываются и утверждаются органами санитарно-эпидемиологической службы и государственными органами в области охраны окружающей среды. Нормативы качества окружающей среды являются едиными для всей территории РФ. С учетом природноклиматических особенностей, а также повышенной социальной ценности отдельных территорий для них могут быть установлены нормативы предельно допустимой концентрации, отражающие особые условия.

При одновременном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений их концентраций к ПДК не должна превышать единицу, однако это выполняется далеко не всегда. По некоторым оценкам, 67% населения России живут в регионах, где содержание вредных веществ в воздухе выше установленной предельно допустимой концентрации. В 2000 содержание вредных веществ в атмосфере в 40 городах с суммарным населением около 23 млн. человек время от времени превышало предельно допустимую концентрацию более чем в десять раз.

При оценке опасности загрязнения в качестве образца сравнения служат исследования, проводимые в биосферных заповедниках. А вот в крупных городах природная среда далека от идеальной. Так, по содержанию вредных веществ Москву-реку в пределах города считают «грязной рекой» и «очень грязной рекой». На выходе Москвы-реки из Москвы содержание нефтепродуктов в 20 раз больше предельно допустимых концентраций, железа – в 5 раз, фосфатов – в 6 раз, меди – в 40 раз, аммонийного азота – в 10 раз. Содержание серебра, цинка, висмута, ванадия, никеля, бора, ртути и мышьяка в донных отложениях Москвы-реки превышает норму в 10–100 раз. Тяжелые металлы и другие ядовитые вещества из воды попадают в почву (например, при половодьях), растения, рыбу, сельскохозяйственную продукцию, питьевую воду, как в Москве, так и ниже по ее течению в Подмосковье.

Объем загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельным источником за единицу времени, превышение которого ведет к превышению предельно допустимых концентраций в среде, окружающей источник загрязнения.

**Ориентировочный безопасный уровень воздействия** - временный (введенный на время) ориентировочный гигиенический норматив (ГН) содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном

воздухе населенных мест, в водоемах, продуктах питания и других объектах. Определяется путем расчета по параметрам токсикометрии и по физико-химическим свойствам. Утверждается на ограниченный срок (2—3 года), после чего должен быть заменен ПДК, переутвержден на новый срок или отменен в зависимости от перспективы применения вещества и имеющейся информации о его токсичных свойствах

**Типы действия комбинированных ядов (в зависимости от эффектов токсичности):**

- аддитивный – суммарный эффект смеси, равный сумме эффектов действующих компонентов;
- потенцированный – компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого;
- антагонистический – компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого;
- независимый – преобладают эффекты более токсичного вещества.

Существуют разные формы протекания отравления: острая, подострая и хроническая. Острые отравления происходят в результате аварий, поломок оборудования и грубых нарушений правил безопасности. Они чаще всего бывают групповыми.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Что такое ПДК. Единицы его измерения
2. Предельно допустимые концентрации некоторых газообразных веществ в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений
3. Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в питьевой воде
4. Предельно допустимые концентрации некоторых химических элементов в почве
5. Кем разрабатываются и утверждаются ПДК в России?
6. Что такое «ориентировочный безопасный уровень воздействия»?

## Вопрос 2 Токсичность и токсический процесс

Формирование и развитие реакции биосистемы на действие токсиканта называется токсическим процессом, а взаимодействие токсиканта с организмом на молекулярном уровне, приводящее к развитию токсического процесса и к повреждению молекулы (нарушению функций, жизнеспособности) называется механизмом токсического действия.

Механизм формирования и развития токсического процесса, прежде всего, определяется строением вещества, его действующей дозы и путями поступления отравляющего вещества в организм. Проявление токсического процесса (или последствия его токсического действия) исследуются на клеточном, органном, организменном, популяционном уровне.

Если токсический эффект изучают на уровне клетки (как правило в опытах *in vitro*), то судят о цитотоксичности вещества.

Токсический процесс на клеточном уровне проявляется:

- обратимыми структурно-функциональными изменениями клетки (изменение формы, количества органелл, сродства к красителям и т.д.);
- преждевременной гибелью клетки (некроз);
- мутациями.

Проявления токсического процесса на отдельных органах и системах при исследовании позволяет судить об органной токсичности соединений. В результате таких исследований регистрируют проявление гепатотоксичности, гематотоксичности, нефротоксичности и т.д., т.е. способность вещества, действуя на организм, вызывать поражение того или иного органа (системы).

**Резорбция** — это процесс проникновения токсиканта из внешней среды в кровяное или лимфатическое русло.

При ингаляционном поражении всю толщину альвеолярно-капиллярной мембраны проходят только липофильные вещества, гидрофильные действуют местно. Огромная поверхность альвеол (80–90 м<sup>2</sup>), разветвленная капиллярная сеть с непрерывным током крови и высокая проницаемость альвеолярно-капиллярной мембраны обеспечивают быстрое всасывание ОВ в кровь.

Пероральным путем всасываются липофильные и гидрофильные вещества, причем ряд веществ начинают всасываться в полости рта.

Перкутанный путь возможен только для липофильных (жирорастворимых) токсикантов. Водорастворимые (гидрофильные) вещества через кожу не проникают. На участках кожи с истонченным эпидермисом, а также богатых потовыми и сальными железами ОВ всасываются быстрее. Гиперемия и увлажнение кожи также способствуют более легкому проникновению ОВ в кровь.

Большую опасность представляет попадание ОВ в рану. В этом случае вследствие быстрого всасывания в кровь симптомы поражения наступают быстрее, чем при любых других путях проникновения в организм.

Местное действие обнаруживается на месте поступления ОВ и проявляется признаками воспаления и рефлекторными реакциями.

Всосавшееся вещество попадает в кровь и с током крови разносится по организму в свободной и связанной форме (с альбуминами, гликопротеидами и липопротеидами плазмы крови; липофильные вещества проникают через эритроцитарную мембрану и взаимодействуют с гемоглобином).

**Депонирование** — это накопление и длительное сохранение химического вещества в органах (тканях). В основе депонирования лежат два явления:

- высокое физико-химическое сродство ксенобиотика к неким компонентам биосистемы (например, избирательное накопление липофильных веществ в жировой ткани);
- кумуляция благодаря избирательному, активному захвату токсиканта клетками органа (например, печень активно захватывает различные вещества).

**Элиминация** — совокупность процессов, приводящих к снижению содержания токсиканта в организме. Она включает экскрецию (выведение) ксенобиотика из организма и его биотрансформацию.

К основным органам экскреции относятся легкие (для летучих соединений), почки, печень, в меньшей степени слизистая желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), кожа и ее придатки. Многие ксенобиотики в организме подвергаются биотрансформации (метаболическим превращениям), основной биологический смысл которой — превращение исходного токсиканта в форму, удобную для скорейшей экскреции. Биотрансформация — ферментативный процесс.

Выделяют две фазы биотрансформации.

• I фаза — окисление, восстановление, гидролиз, т.е. отщепление или присоединение различных групп — метильной, гидроксильной и пр. По окончании этой фазы образуются промежуточные продукты, обладающие высокой биологической активностью (неполярная молекула приобретает заряд).

• II фаза — синтетические превращения — реакции конъюгации (метилирование, ацетилирование, образование меркаптосоединений). Активное вещество взаимодействует с эндогенным конъюгатом (агентом). Образуется комплекс — конъюгат-яд, который легко выделяется из организма.

Основным органом, метаболизирующим ксенобиотики, является печень.

Токсический процесс со стороны органа или системы проявляются:

- функциональными реакциями (миоз, спазм гортани, одышка, кратковременное падение артериального давления, учащение сердечного ритма и т.д.);
- заболевание органа (как установлено, различные вещества способны инициировать самые разные виды патологических процессов);
- неопластическими процессами.

Формы токсического процесса на уровне целостного организма, характеризующиеся как быстро проходящие состояния, не угрожающие здоровью населения, сопровождающиеся временным нарушением дееспособности носит название «транзиторные токсические реакции».

Токсическое действие веществ, регистрируемое на популяционном и биогеоэкологическом уровнях, может быть обозначено как экотоксическое.

Экотоксичность на уровне популяции проявляется:

- ростом заболеваемости, смертности, числа врожденных дефектов, уменьшением рождаемости;
- нарушением демографических характеристик популяции (соотношение возрастов, полов и т.д.);
- падением средней продолжительности жизни членов популяции, их культурной деградацией.

Особый интерес для врача представляют формы токсического процесса, выявляемые на уровне целостного организма. Они также множественны и могут быть классифицированы следующим образом:

- интоксикации – болезни химической этиологии;
- транзиторные токсические реакции – быстро проходящие, не угрожающие здоровью населения, сопровождающиеся временным нарушением дееспособности (например, раздражение слизистых оболочек);
- аллобиотические состояния – наступающее при воздействии химического фактора изменение чувствительности организма к инфекционным, химическим, лучевым, другим физическим воздействиям и психогенным нагрузкам.
- специальные токсические процессы – беспороговые, имеющие длительный скрытый период, развивающиеся, как правило, в сочетании с дополнительными факторами (например канцерогенез).

#### **Характеристика острых отравлений:**

- кратковременность действия;
- поступают в организм в больших количествах;
- ошибочный приём внутрь;
- сильное загрязнение кожных покровов.

К примеру, быстрое отравление может наступить при воздействии паров бензина, высококонцентрированного сероводорода, что может привести к гибели от паралича дыхательного центра. Этого можно избежать, при условии, что пострадавшего сразу же вынесут на свежий воздух. При длительном поступлении яда в организм в сравнительно небольших количествах, постепенно возникают хронические отравления. Такие отравления развиваются вследствие накопления массы вредного вещества или вызываемых ими нарушений в организме. При повторяющемся воздействии вредных веществ на организм можно наблюдать ослабление эффектов вследствие привыкания. Для развития привыкания к постоянному воздействию яда необходимо, чтобы его концентрация была достаточной для формирования ответной приспособ-

собительной реакции и не преувеличенной, приводящей к серьезному повреждению организма. Оценивая развитие привыкания к токсическому воздействию, учитывают возможное развитие повышенной устойчивости к одним видам вещества после воздействия других. Такое явление называют толерантностью.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Механизм токсического процесса на клеточном уровне
2. Резорбция, депонирование, элиминация
3. Характеристика токсического процесса со стороны органа или системы
4. Характеристика острых отравлений

### Вопрос 3 Ионизирующее излучение. Виды ионизирующего излучения

Ионизирующее излучение — потоки фотонов, элементарных частиц или осколков деления атомов, способные ионизировать вещество.

К ионизирующему излучению не относят видимый свет и ультрафиолетовое излучение, которые в отдельных случаях могут ионизировать вещество. Инфракрасное излучение и излучение радиодиапазонов не являются ионизирующим, поскольку их энергии недостаточно для ионизации атомов и молекул в основном состоянии.

#### 3.1 Виды ионизирующих излучений.

В решении производственных задач имеют место разновидности ионизирующего излучения: корпускулярные (потоки альфа-частиц, электронов (бета-частиц), нейтронов) и электромагнитные (тормозное, рентгеновское и гамма-излучение).

Естественными ионизирующими излучениями являются: альфа-излучение, гамма – излучение, бета-излучение

##### А. Корпускулярные ионизирующие излучения

Ускоренные заряженные частицы – это перемещающиеся в пространстве источники электрического поля (поток электронов -  $\beta$ -частиц, протонов, ядер атома гелия -  $\alpha$ -частиц). Естественными источниками ускоренных заряженных частиц являются некоторые из природных радиоизотопов. К искусственным источникам относятся искусственные радиоизотопы и ускорители заряженных частиц.

При прохождении через вещество заряженные частицы могут взаимодействовать с его атомами. Формы этого взаимодействия:

- *Упругое рассеяние* – изменение траектории заряженной частицы в результате отталкивания от атомных ядер без потери энергии. Чем меньше масса частицы, тем больше её отклонение от прямого направления. Поэтому траектории  $\beta$ -частиц в веществе изломаны, а протонов и  $\alpha$ -частиц – практически прямые.
- *Неупругое торможение*. Электрон при прохождении вблизи атомного ядра теряет скорость и энергию. При этом может испускаться фотон тормозного излучения, летящий в том же направлении, что и электрон.
- *Ионизация и возбуждение атомов* в результате взаимодействия частицы с их электронными оболочками – основной путь потери энергии ускоренных заряженных частиц в веществе. Под действием их электрического поля происходит возмущение электронных оболочек атомов с переходом последних в возбуждённое или ионизированное состояние. Способность ускоренных заряженных частиц непосредственно взаимодействовать с электронными оболочками атомов позволила определить их как первично ионизирующие излучения.

Проникающая способность ускоренных заряженных частиц, как правило, невелика. Она прямо пропорциональна энергии, массе и квадрату скорости частицы.

**а) Альфа-излучение** представляет собой поток ядер гелия, испускаемых главным образом естественным радионуклидом при радиоактивном распаде, имеют массу 4 у.е. и заряд +2. Энергия альфа-частиц составляет 4—7 МэВ.

Пробег альфа-частиц в воздухе достигает 8—10 см, в биологической ткани нескольких десятков микрометров. Так как пробег альфа-частиц в веществе невелик, а энергия очень большая, то плотность ионизации на единицу длины пробега у них очень высока (на 1 см до десятка тысяч пар-ионов).

**б) Бета-излучение** — поток электронов или позитронов при радиоактивном распаде. Бета-частицы имеют массу, равную 1/1838 массы атома водорода, единичный отрицательный (бета-частица) или положительный (позитрон) заряды. Энергия бета-излучения не превышает нескольких МэВ. Пробег в воздухе составляет от 0,5 до 2 м, в живых тканях — 2—3 см. Их ионизирующая способность ниже альфа-частиц (несколько десятков пар-ионов на 1 см пути).

**в) Нейтроны** — нейтральные частицы, имеющие массу атома водорода.

Нейтронное излучение возникает при бомбардировке атомного ядра ускоренной заряженной частицей или фотоном высокой энергии. Помимо лабораторных условий, такой путь реализуется при взрывах атомных боеприпасов, где источником этих частиц служат цепные реакции деления ядер  ${}_{92}\text{U}^{235}$  или  ${}_{94}\text{Pu}^{239}$ . Другой путь образования нейтронов – синтез ядер лёгких элементов – дейтерия ( ${}_1\text{D}^2$ ), трития ( ${}_1\text{T}^3$ ) и лития ( ${}_3\text{Li}^6$ ), происходящий при взрывах термоядерных (водородных) боеприпасов.

Нейтроны могут быть классифицированы по их энергии.

Таблица 4

Классификация нейтронов в зависимости от энергии

Название	Энергия частицы
Тепловые	< 0,1 эВ
Медленные	0,1 – 500,0 эВ
Промежуточные	0,5 – 100,0 кэВ
Быстрые	0,1 – 10,0 МэВ
Очень больших энергий	10 – 1000 МэВ
Сверхбыстрые (релятивистские)	> 1000 МэВ

Большинство нейтронов, образующихся при взрывах атомных боеприпасов, относится к быстрым нейтронам, а при взрывах водородных боеприпасов – к нейтронам очень больших энергий.

Проникающая способность нейтронов несколько меньше, чем у  $\gamma$ -излучения, но существенно больше, чем у ускоренных заряженных частиц. При ядерных и водородных взрывах нейтронный поток распространяется на

сотни метров, легко проникая сквозь стальную броню и железобетон. Энергия нейтронов наиболее эффективно передаётся ядрам лёгких атомов. Поэтому вещества, богатые атомами водорода, бериллия, углерода, находят применение в экранировании от нейтронного излучения. Тяжёлые металлы, плохо задерживающие нейтроны, могут применяться для ослабления вторичного  $\gamma$ -излучения, возникающего в лёгких материалах в результате неупругого рассеяния нейтронов и ядерных перестроек.

### Б. Электромагнитные ионизирующие излучения

В зависимости от источника электромагнитные ионизирующие излучения подразделяются на тормозное, характеристическое и  $\gamma$ -излучение. Тормозное излучение возникает при замедлении в электрическом поле (например, окружающем атомные ядра), ускоренных заряженных частиц. Характеристическое излучение обусловлено энергетическими перестройками внутренних электронных оболочек возбуждённых атомов, а  $\gamma$ -излучение является продуктом ядерных превращений радиоактивных элементов (радиоизотопов).

Совокупность тормозного и характеристического излучения называют рентгеновским излучением (в англоязычной литературе чаще употребляют термин «х-излучение»). В земных условиях оно всегда имеет искусственное происхождение, в то время как  $\gamma$ -излучение может иметь как искусственное, так и естественное происхождение.

Таблица 5

Свойства электромагнитных ионизирующих излучений

Общие со свойствами видимого света	Отличные от свойств видимого света
<ul style="list-style-type: none"> <li>-распространяются прямолинейно;</li> <li>-не отклоняются в магнитом и электрическом полях;</li> <li>-имеют интенсивность, обратно пропорциональную квадрату расстояния до их источника</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-невидимы невооружённым глазом;</li> <li>-проникают сквозь непрозрачные для видимого света материалы;</li> <li>-частично задерживаются различными материалами в прямой зависимости от плотности этих материалов;</li> <li>-не отражаются от зеркальных поверхностей;</li> <li>-не фокусируются оптическими линзами и не преломляются оптическими призмами;</li> <li>-не дают интерференционную картину при пропускании сквозь обычные дифракционные решётки;</li> <li>-ионизируют газы, изменяют цвет стекла, минералов, засвечивают фотопластинки, завёрнутые в светонепроницаемую бумагу.</li> </ul>

Взаимодействие электромагнитного ионизирующего излучения с атомами вещества может протекать в формах фотоэффекта, Комптон-эффекта и образования электрон-позитронных пар.

*Фотоэффект* – поглощение одной из внешних электронных оболочек атома всей энергии фотона с превращением её в кинетическую энергию «выбитого» из атома электрона. Этот эффект преобладает при энергии фотонов до 0,05 МэВ.

*Комптон-эффект* – передача электрону лишь части энергии фотона; остальная энергия передаётся вторичному («рассеянному») фотону, который взаимодействует с атомами по механизму фотоэффекта или комптон-эффекта. При энергиях квантов от 0,1 до 2,0 МэВ (например, в случае проникающей радиации ядерного взрыва) на долю комптон-эффекта приходится до 100% поглощённой веществом энергии  $\gamma$ -излучения.

*Образование электрон-позитронных пар* при прохождении  $\gamma$ -кванта в непосредственной близости от ядра атома. Это основной вид взаимодействия фотонов с веществом при их энергии более 50 МэВ, его удаётся наблюдать лишь в лабораторных условиях.

Таблица 6

Длины волн различных видов электромагнитного излучения

Название электромагнитного излучения		Диапазон длин волн, нм
$\gamma$ -излучение		< 0,01
Рентгеновское излучение		< 10
Ультрафиолетовое излучение		10 – 400
Видимый свет	Фиолетовый	400 – 420
	Синий	420 – 490
	Зелёный	490 – 540
	Жёлтый	540 – 640
	Красный	640 – 800
Инфракрасное излучение		800 – 100000
Радиоволны		> 10 <sup>5</sup>

Образующиеся при поглощении квантов электромагнитного излучения ускоренные заряженные частицы (фотоэлектроны, комптоновские электроны) являются вторичным, но первостепенным по значимости фактором ионизации и возбуждения атомов в облучаемом веществе. Поэтому рентгеновы и гамма-лучи называют косвенно ионизирующими излучениями.

Энергия фотонов определяет не только их ионизирующую, но и проникающую способность. Высокоэнергетические («жёсткие» - по определению В.К. Рентгена) электромагнитные излучения легко проникают вглубь тела человека и животных, вызывая ионизацию во всех клетках организма. Напротив, «мягкие» рентгеновы лучи, которые получают при напряжении на аноде рентгеновской трубки величиной в несколько кВ, задерживаются, в основном, кожей, не оказывая существенного прямого действия на глубоко лежащие ткани.

Коэффициент ослабления электромагнитных ионизирующих излучений растёт с увеличением порядкового номера в таблице Менделеева, а значит, и атомной массы входящих в вещество элементов. Поэтому наиболее эффективно экранируют от электромагнитных ИИ вещества, содержащие тяжёлые металлы («защита экранированием»). Свинец и барий вводят в состав материалов, используемых при сооружении помещений для лучевой ди-

агностики и терапии. «Защита экранированием» дополняется «защитой расстоянием», основанной на зависимости интенсивности потока ИИ от расстояния до его источника, и «защитой временем» - минимизацией времени воздействия ИИ на персонал.

*а) Гамма-излучение* — фотонное излучение, возникающее при изменении энергетического состояния атомных ядер, при ядерных превращениях или при аннигиляции частиц. Источники гамма-излучения, используемые в промышленности, имеют энергию от 0,01 до 3 Мэв. Гамма-излучение обладает высокой проникающей способностью и малым ионизирующим действием (низкая плотность ионизации на единицу длины).

*б) Рентгеновское излучение* — фотонное излучение, состоящее из тормозного и (или) характеристического излучения, возникает в рентгеновских трубах, ускорителях электронов, с энергией фотонов не более 1 Мэв.

*в) Тормозное излучение* — фотонное излучение с непрерывным энергетическим спектром, возникающее при уменьшении кинетической энергии заряженных частиц. Характеристическое излучение — это фотонное излучение с дискретным энергетическим спектром, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома. Рентгеновское излучение, так же как и гамма-излучение, имеет высокую проникающую способность и малую плотность ионизации среды.

### 3.2 Основные источники ионизирующих излучений

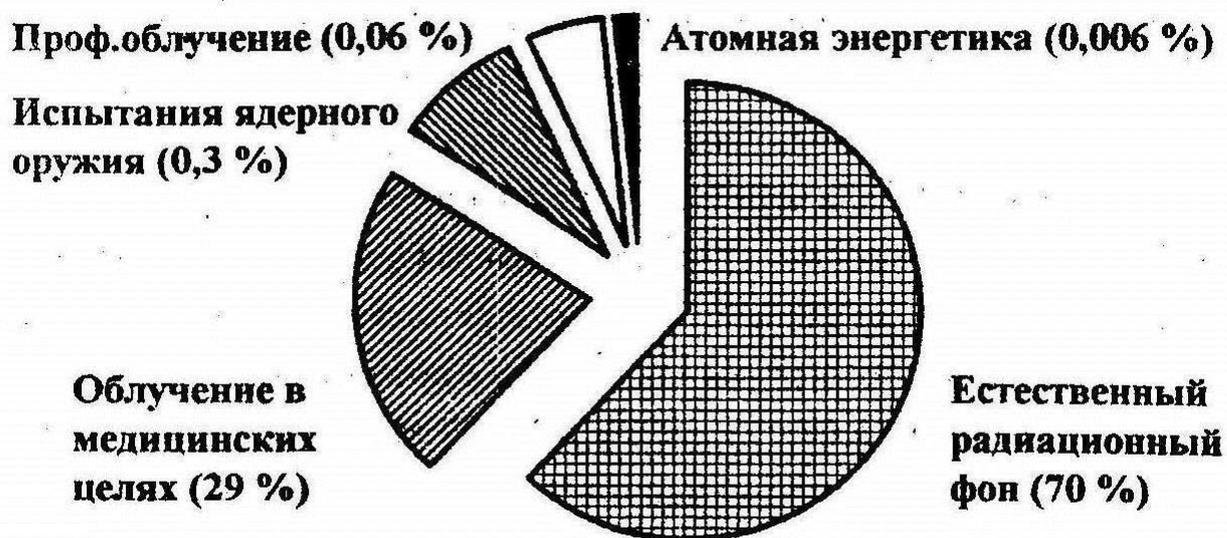


Рис. 1 Вклад основных источников ионизирующих излучений в облучение населения промышленно развитых стран

Источники ионизирующего излучения весьма разнообразны. Но их можно объединить в две большие группы:

- Естественные (природные)
- Искусственные (созданные руками человека)

Большая доля суммарной дозы облучения, получаемой человеком (до 75% годовой эффективной эквивалентной дозы) приходится на естественный фон.

От естественных источников население получает около 2/3 суммарной дозы облучения. медицинские процедуры обуславливают около 1/3 суммарной дозы облучения. около 2/3 дозы человек получает от внутреннего облучения.

Совокупность потоков ионизирующего излучения, происходящих из естественных источников, называется естественным (природным) радиационным фоном Земли. Согласно современным представлениям, последний играет важную роль в качестве движущей силы изменчивости биологических видов, а также одного из факторов поддержания неспецифической резистентности организма.

Естественные источники радиации – естественные радионуклиды, которые делятся на 4 группы:

- долгоживущие (уран – 238, уран – 235, торий 232);
- короткоживущие (радий, радон);
- долгоживущие одиночные, не образующие семейств (калий-40);
- радионуклиды, возникающие в результате воздействия космических частиц с атомными ядрами вещества Земли (углерод – 14)

Извне на организм воздействует, преимущественно,  $\gamma$ -излучение, источником которого являются, преимущественно, радиоактивные вещества, присутствующие в земной коре. В каменных зданиях интенсивность внешнего  $\gamma$ -облучения в несколько раз ниже, чем на открытой местности, что объясняется экранирующими свойствами конструкционных материалов. Используя специальные приёмы экранирования, удаётся практически полностью устранить внешнее  $\gamma$ -облучение организма. По мере увеличения высоты над поверхностью моря роль земных источников внешнего облучения уменьшается. При этом возрастает космическая составляющая природного радиационного фона.

Большинство естественных источников ионизирующего излучения таковы, что избежать их излучения невозможно: это радиоактивные вещества, входящие в состав организма.

Естественный радиационный фон Земли связан с ее историей и эволюцией биосферы. С момента зарождения нашей планеты она находилась под постоянным влиянием космических излучений. Колоссальное количество космогенных радионуклидов было задействовано при формировании земной коры. Ученые полагают, что тектонические процессы, расплавленная магма, образование горных систем обязаны своим появлением радиоактивному распаду и разогреву недр. В местах разломов, сдвигов и растяжений земной коры, океанических впадин радионуклиды выходили на поверхность и появлялись места с мощным ионизирующим излучением. Образования сверхновых звезд также оказывали влияние на Землю – уровень космического излучения повышался на ней в десятки раз. Правда, сверхновые рождались примерно

одни раз в сотни миллионов лет. Постепенно радиоактивность Земли снижалась.

В настоящее время биосфера Земли по-прежнему испытывает воздействие космического излучения, радионуклидов, рассеянных в твердых земных породах, океанах, морях, подземных водах, воздухе и в живых организмов.

Естественная радиоактивность включает несколько компонентов:

- космические излучения;
- радиоактивные вещества в составе земных недр;
- радионуклиды в воде, пище, воздухе и стройматериалах.

Естественная радиация является неотъемлемой составляющей природной среды обитания. Честь ее открытия принадлежит французскому ученому А. Беккерелю, который случайно открыл феномен естественной радиоактивности в 1896 году. А в 1912 году австрийский физик В. Гесс открыл космические лучи, сравнив ионизацию воздуха в горах и на уровне моря.

Естественный радиационный фон Земли составляет 10-20 мкР/ч.

Мощность космического излучения неоднородна. Ближе к поверхности земли она уменьшается за счет экранирующего атмосферного слоя. И, наоборот, в горах она сильнее, поскольку защитный экран атмосферы слабее. Например, в самолете, который летит в небе на высоте 10 000 метров, уровень радиации превышает приземную радиацию почти в 10 раз. Сильнейший источник радиоактивного излучения – Солнце. И здесь атмосфера служит нашим защитным экраном.

Допустимый радиационный фон в разных уголках планеты значительно отличается. Во Франции, например, годовая доза естественного облучения составляет 5 мЗв, в Швеции — 6,3 мЗв, а в нашем Красноярске всего 2,3 мЗв. На золотых пляжах Гуарапари в Бразилии, где ежегодно отдыхает больше 30000 человек, уровень радиации составляет 175 мЗв/год из-за высокого содержания тория в песке. В горячих источниках городка Рам-Сер в Иране уровень радиации достигает 400 мЗв/год. На знаменитом курорте Баден-Бадене также повышенный радиационный фон, как и на некоторых других популярных курортах. Радиационный фон в городах контролируют, но это усредненный показатель.

Эффективная доза облучения природными источниками излучения всех работников, включая персонал радиационно опасных объектов, не должна превышать 5 мЗв в год в производственных условиях (любые профессии и производства). Мощность дозы, которая создается естественным фоном, на поверхности земли колеблется в пределах 0.003-0.025 мр/час (иногда выше). При расчетах естественный фон принимается равным 0.01 мр/час.

Искусственные источники радиационного облучения существенно отличаются от естественных не только происхождением. Во-первых, сильно различаются индивидуальные дозы, полученные разными людьми от искусственных радионуклидов. В большинстве случаев эти дозы невелики, но иногда облучение за счет техногенных источников гораздо более интенсивно,

чем за счет естественных. Во-вторых, для техногенных источников упомянутая переменность выражена гораздо сильнее, чем для естественных. Наконец, загрязнение от искусственных источников радиационного излучения (кроме радиоактивных осадков в результате ядерных взрывов) легче контролировать, чем природно обусловленное загрязнение.

Энергия атома используется человеком в различных целях: в медицине, для производства энергии и обнаружения пожаров, для изготовления светящихся циферблатов часов, для поиска полезных ископаемых и, наконец, для создания атомного оружия.

Основной вклад в загрязнение от искусственных источников вносят различные медицинские процедуры и методы лечения, связанные с применением радиоактивности. Основным прибором, без которого не может обойтись ни одна крупная клиника - рентгеновский аппарат, но существует множество других методов диагностики и лечения, связанных с использованием радиоизотопов.

Неизвестно точное количество людей, подвергающихся подобным обследованиям и лечению, и дозы, получаемые ими, но можно утверждать, что для многих стран использование явления радиоактивности в медицине остается чуть ли не единственным техногенным источником облучения.

Облучение в медицине не опасно, если им не злоупотреблять. Но, к сожалению, часто к пациенту применяются неоправданно большие дозы. Среди методов, способствующих снижению риска, -- уменьшение площади рентгеновского пучка, его фильтрация, убирающая лишнее излучение, правильная экранировка и самое банальное, а именно исправность оборудования и грамотная его эксплуатация.

Из-за отсутствия более полных данных ООН была вынуждена принять за общую оценку годовой коллективной эффективной эквивалентной дозы, по крайней мере, от рентгенологических обследований в развитых странах на основе данных, представленных в комитет Польшей и Японией к 1985 году, значение 1000 чел-Зв на 1 млн. жителей. Скорее всего, для развивающихся стран эта величина окажется ниже, но индивидуальные дозы могут быть значительно выше. Подсчитано также, что коллективная эффективная эквивалентная доза от облучения в медицинских целях в целом (включая использование лучевой терапии для лечения рака) для всего населения Земли равна примерно 1 600 000 чел-Зв в год.

Следующий источник облучения, созданный руками человека - радиоактивные осадки, выпавшие в результате испытания ядерного оружия в атмосфере, и, несмотря на то, что основная часть взрывов была произведена еще в 1950-60е годы, их последствия мы испытываем на себе и сейчас.

В результате взрыва часть радиоактивных веществ выпадает неподалеку от полигона, часть задерживается в тропосфере и затем в течение месяца перемещается ветром на большие расстояния, постепенно оседая на землю, при этом оставаясь примерно на одной и той же широте. Однако большая до-

ля радиоактивного материала выбрасывается в стратосферу и остается там более продолжительное время, также рассеиваясь по земной поверхности.

Радиоактивные осадки содержат большое количество различных радионуклидов, но из них наибольшую роль играют цирконий-95, цезий-137, стронций-90 и углерод-14, периоды полураспада которых составляют соответственно 64 суток, 30 лет (цезий и стронций) и 5730 лет.

По данным ООН, ожидаемая суммарная коллективная эффективная эквивалентная доза от всех ядерных взрывов, произведенных к 1985 году, составляла 30 000 000 чел-Зв. К 1980 году население Земли получило лишь 12% этой дозы, а остальную часть получает до сих пор и будет получать еще миллионы лет.

Один из наиболее обсуждаемых сегодня источников радиационного излучения является атомная энергетика. На самом деле, при нормальной работе ядерных установок ущерб от них незначительный. Дело в том, что процесс производства энергии из ядерного топлива сложен и проходит в несколько стадий от добычи и обогащения урановой руды и до захоронения радиоактивных отходов после их отработки.

На каждом этапе происходит выделение в окружающую среду радиоактивных веществ, причем их объем может сильно варьироваться в зависимости от конструкции реактора и других условий. Кроме того, серьезной проблемой является захоронение радиоактивных отходов, которые еще на протяжении тысяч и миллионов лет будут продолжать служить источником загрязнения.

Дозы облучения различаются в зависимости от времени и расстояния. Чем дальше от станции живет человек, тем меньшую дозу он получает.

Из продуктов деятельности АЭС наибольшую опасность представляет тритий. Благодаря своей способности хорошо растворяться в воде и интенсивно испаряться тритий накапливается в использованной в процессе производства энергии воде и затем поступает в водоем-охладитель, а соответственно в близлежащие бессточные водоемы, подземные воды, приземной слой атмосферы. Период его полураспада равен 3,82 суток. Распад его сопровождается альфа-излучением. Повышенные концентрации этого радиоизотопа зафиксированы в природных средах многих АЭС.

До сих пор речь шла о нормальной работе атомных электростанций, но на примере Чернобыльской трагедии мы можем сделать вывод о чрезвычайно большой потенциальной опасности атомной энергетике: при любом минимальном сбое АЭС, особенно крупная, может оказать непоправимое воздействие на всю экосистему Земли.

Масштабы Чернобыльской аварии не могли не вызвать оживленного интереса со стороны общественности. Но мало кто догадывается о количестве мелких неполадок в работе АЭС в разных странах мира. Так, всего за 14 лет наблюдений с 1971 по 1984 года на АЭС Германии произошла 151 авария, в Японии только за 4 года с 1981 по 1985 год зарегистрировано 390 ава-

рий, в 69% всех этих случаев имела место утечка радиоактивных веществ и т.д.

Имеются несколько искусственных источников радиационного загрязнения, с которыми каждый из нас сталкивается повседневно.

Это, прежде всего, строительные материалы, отличающиеся повышенной радиоактивностью. Среди таких материалов - некоторые разновидности гранитов, пемзы и бетона, при производстве которого использовались глинозем, фосфогипс и кальциево-силикатный шлак. Известны случаи, когда стройматериалы производились из отходов ядерной энергетики, что противоречит всем нормам. К излучению, исходящему от самой постройки, добавляется естественное излучение земного происхождения. Самый простой и доступный способ хотя бы частично защититься от облучения дома или на работе - чаще проветривать помещение.

Повышенная ураноносность некоторых углей может приводить к значительным выбросам в атмосферу урана и других радионуклидов в результате сжигания топлива на ТЭЦ, в котельных, при работе автотранспорта.

Существует огромное количество общепотребительных предметов, являющихся источником облучения. Это, прежде всего, часы со светящимся циферблатом, которые дают годовую ожидаемую эффективную эквивалентную дозу, в 4 раза превышающую ту, что обусловлена утечками на АЭС, а именно 2 000 чел-Зв. Равносильную дозу получают работники предприятий атомной промышленности и экипажи авиалайнеров. При изготовлении таких часов используют радий. Наибольшему риску при этом подвергается, прежде всего, владелец часов.

Таблица 7

Среднегодовые дозы, получаемые от естественного радиационного фона и различных искусственных источников излучения

Источник излучения	Доза, мбэр/год
Природный радиационный фон	200
Стройматериалы	140
Атомная энергетика	0.2
Медицинские исследования	140
Ядерные испытания	2.5
Полеты в самолетах	0.5
Бытовые предметы	4.0
Телевизоры и мониторы ЭВМ	0.1
Общая доза	500.0

Радиоактивные изотопы используются также в других светящихся устройствах: указателях входа-выхода, в компасах, телефонных дисках, прицелах, в дросселях флуоресцентных светильников и других электроприборах и т.д.

При производстве детекторов дыма принцип их действия часто основан на использовании - излучения. При изготовлении особо тонких оптических

линз применяется торий, а для придания искусственного блеска зубам используют уран. Очень незначительны дозы облучения от цветных телевизоров и рентгеновских аппаратов для проверки багажа пассажиров в аэропортах.

В результате деятельности человека во внешней среде появились искусственные радионуклиды и источники излучения. В природную среду стали поступать в больших количествах естественные радионуклиды, извлекаемые из недр Земли вместе с углем, газом, нефтью, минеральными удобрениями, строительными материалами. Сюда относятся геотермические электростанции, создающие в среднем выброс около  $4 \cdot 10^{14}$  Бк изотопа  $^{222}\text{Rn}$  на 1 ГВт выработанной электроэнергии; фосфорные удобрения, содержащие  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{238}\text{U}$  (до 70 Бк/кг в Кольском апатите и 400 Бк/кг в фосфорите); уголь, сжигаемый в жилых домах и электростанциях, содержит естественные радионуклиды  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$  в равновесии с их продуктами распада.

### *А. Медицинские обследования*

За последние несколько десятилетий человек создал несколько тысяч радионуклидов и начал использовать их в научных исследованиях, в технике, медицинских целях и др. Это приводит к увеличению дозы облучения, получаемой как отдельными людьми, так и населением в целом. Иногда облучение за счет источников, созданных человеком, оказывается в тысячи раз интенсивнее, чем от природных источников.

В настоящее время основной вклад в дозу от источников, созданных человеком, вносит внешнее радиоактивное облучение при диагностике и лечении. В развитых странах на каждую тысячу населения приходится от 300 до 900 таких обследований в год не считая массовой флюорографии и рентгенологических обследований зубов.

Таблица 8

Ориентировочные значения поглощенной дозы излучения  
при некоторых медицинских процедурах

Медицинская процедура	Доза излучения, мГр
Рентгенография грудной клетки	1
Флюорография грудной клетки	5
Рентгеноскопия грудной клетки	5 – 10
Рентгеноскопия брюшной полости	10 - 20
Лечение злокачественных опухолей	2000 - 10000

Для исследования различных процессов, протекающих в организме и для диагностики опухолей используются также радиоизотопы, вводимые в организм человека. В промышленно развитых странах ориентировочно проводится 10 - 40 обследований на 1 млн. жителей в год. Коллективные эффек-

тивные эквивалентные дозы составляют 20 чел-Зв на 1 млн. жителей в Австралии и 150 чел-Зв в США.

Средняя эффективная эквивалентная доза, получаемая от всех источников облучения в медицине, в промышленно развитых странах составляет 1 мЗв в год на каждого жителя, т.е. примерно половину средней дозы от естественных источников.

### ***Б. Испытания ядерного оружия***

Радиологические последствия испытаний ядерного оружия определяются количеством испытаний, суммарными энерговыделением и активностью осколков деления, видами взрывов (воздушные, наземные, подводные, надводные, подземные) и геофизическими факторами окружающей среды в период испытаний (район, метеобстановка, миграция радионуклидов и др.). Испытания ядерного оружия, которые особенно интенсивно проводились в период 1954-1958 и 1961-1962 гг. стали одной из основных причин повышения радиационного фона Земли и, как следствие этого, глобального повышения доз внешнего и внутреннего облучения населения.

В США, СССР, Франции, Великобритании и Китае в общей сложности проведено не менее 2060 испытаний атомных и термоядерных зарядов в атмосфере, под водой и в недрах Земли, из них непосредственно в атмосфере 501 испытание. Испытания в атмосфере в СССР были завершены в 1962 г., подземные взрывы на Семипалатинском полигоне - в 1989 г., на Северном полигоне - в 1990 г. Франция и Китай до последнего времени продолжали испытывать ядерное оружие. По оценкам во второй половине 20-го века за счет ядерных испытаний во внешнюю среду поступило  $1.81 \cdot 10^{21}$  Бк продуктов ядерного деления (ПЯД), из них на долю атмосферных испытаний приходится 99.84 %. Распространение радионуклидов приняло планетарные масштабы.

Таблица 9

Дозы облучения населения от глобальных выпадений в год

Зона	Индивидуальная ожидаемая доза, мЗв	Вклады отдельных видов облучения, %		
		внешнее	внутреннее	
			пища	воздух
Умеренный пояс Северного полушария	4.5	24	71	5
Умеренный пояс Южного полушария	3.1	8	90	2
Весь земной шар	3.8	18	79	3

Продукты ядерного деления (ПЯД) представляют собой сложную смесь более чем 200 радиоактивных изотопов 36 элементов. Большую часть активности составляют короткоживущие радионуклиды. Так, через 7, через 49 и через 343 суток после взрыва активность ПЯД снижается соответствен-

но в 10, 100 и 1000 раз по сравнению с активностью через час после взрыва. Кроме ПЯД радиоактивное загрязнение обусловлено радионуклидами наведенной активности ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{28}\text{Al}$ ,  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{56}\text{Mn}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Co}$  и др.) и неразделившейся частью урана и плутония. Особенно велика роль наведенной активности при термоядерных взрывах.

При ядерных взрывах в атмосфере значительная часть осадков (при наземных взрывах до 50%) выпадает вблизи района испытаний. Часть радиоактивных веществ задерживается в нижней части атмосферы и под действием ветра перемещается на большие расстояния, оставаясь примерно на одной и той же широте. Находясь в воздухе примерно месяц, радиоактивные вещества во время этого перемещения постепенно выпадают на Землю. Большая часть радионуклидов выбрасывается в стратосферу (на высоту 10-15 км), где происходит их глобальное рассеивание и в значительной степени распад. Нераспавшиеся радионуклиды выпадают по всей поверхности Земли. Дозы облучения населения от глобальных выпадений незначительны.

Годовые дозы облучения населения коррелируют с частотой испытаний. Так, в 1963 году коллективная среднегодовая доза, связанная с ядерными испытаниями, составила 7% дозы облучения от естественных источников. К 1966 году она снизилась до 2%, а к началу 80-ых годов уменьшилась до 1%.

Суммарная ожидаемая коллективная эффективная доза от всех испытаний, произведенных к настоящему времени, составит в будущем около  $3 \cdot 10^7$  чел-Зв. К 1980г. человечество получило лишь 12% этой дозы

### ***В. Атомная энергетика***

Источником облучения, вокруг которого ведутся наиболее интенсивные споры, являются атомные электростанции. Преимущество атомной энергетики состоит в том, что она требует существенно меньших количеств исходного сырья и земельных площадей, чем тепловые станции, не загрязняет атмосферу дымом и сажей. Опасность состоит в возможности возникновения катастрофических аварий реактора, а также в реально не решенной проблеме утилизации радиоактивных отходов и утечке в окружающую среду небольшого количества радиоактивности.

Таблица 10

Расход природных ресурсов для производства 1 ГВт в год электроэнергии в угольном и ядерном топливных циклах

Ресурс	Ядерный топливный цикл	Угольный топливный цикл
Земля, га	20-60	100-400
Вода, млн. м <sup>3</sup>	32	21
Материалы (без топлива), тыс. т	16	12
Кислород, млн. т	-	8

К 1994 году в мире работало 432 атомных реактора, их суммарная мощность составила 340 ГВт. Прогнозируемые перспективы развития ядерной энергетики мире показаны в таблице.

В условиях нормальной эксплуатации АЭС выбросы радионуклидов во внешнюю среду незначительны и состоят в основном из радионуклидов йода и инертных радиоактивных газов (Xe, Cг), периоды полураспада которых (за исключением изотопа 85Кг) в основном не превышают нескольких суток. Эти нуклиды образуются в процессе деления урана и могут просачиваться через микротрещины в оболочках ТВЭЛов (тепловыделяющие элементы, содержащие внутри себя уран).

Таблица 11

### Перспективы развития ядерной энергетики в мире

Показатели	2000 г.	2100 г.
Прогнозируемый годовой объем производства электроэнергии, ГВт	1000	10000
Годовая коллективная эффективная доза, чел-Зв	10000	200000
Население Земли, млрд.чел	7	10
Годовая доза на человека, мЗв	1	20
Процент от среднего облучения за счет естественных источников	0.05	1

Так, в течении 1992 года максимальные среднесуточные радиоактивные выбросы на АЭС России в процентах от допустимой нормы составили (ИРГ - инертные радиоактивные газы):

Среднесуточный допустимый выброс равен:

- по йоду 0.01 Ки/сут • 1000 МВт,
- по ИРГ 500 Ки/сут • 1000 МВт.

90% всей дозы облучения, возможной в результате выброса на атомной станции и обусловленной короткоживущими изотопами (йод, ИРГ), население получает в течение года после выброса, 98% - в течение 5 лет. Почти вся доза приходится на людей, живущих вблизи АЭС. Дозы облучения обычно значительно ниже установленных пределов для отдельных лиц из населения (0.5 бэр/год).

Долгоживущие продукты выброса ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{85}\text{Kr}$  и др.) распространяются по всему земному шару. Оценка ожидаемой коллективной эквивалентной дозы от облучения такими изотопами составляет 670 чел-Зв на каждый ГигаВатт вырабатываемой электроэнергии.

Приведенные выше оценки получены в предположении, что ядерные реакторы работают нормально. Количество радиоактивных веществ, поступивших в окружающую среду при аварии, существенно больше.

### 3.3 Радиационная обстановка в Российской Федерации

Российская Федерация - крупнейшая страна мира с территорией более 17 млн. кв. км, что составляет около 13% всей суши Земли. Более 10 млн. кв.

км. территории России представляют собой массивы ненарушенных экосистем. Это настраивает на оптимистический лад, но коварство экологических проблем хорошо известно. Уже 10-15 процентов территории РФ не соответствует экологическим требованиям.

Наша страна до сих пор переживает экологические последствия множества радиационных воздействий:

- 714 ядерных взрывов при испытании ядерного оружия (Казахстан, Новая Земля).
- 183 испытания в атмосфере, отразившиеся на экосистеме Крайнего Севера и Алтая (средняя продолжительность жизни населения региона - 42 года).
- 115 подземных ядерных взрывов в различных регионах страны (в т. ч. Ивановской обл. - для создания хранилищ нефти, природного газа, с целью глубинного сейсмического зондирования земной коры и т. д.)

В настоящее время постоянно выделяются дополнительные средства на развитие атомной отрасли. В перспективе, число потенциально опасных источников и объектов будет только возрастать.

Радиационная обстановка на территории Российской Федерации оценивается по результатам радиационно-гигиенической паспортизации и Федеральной службы Роспотребнадзора, проводимой ежегодно.

Так, только в 2009 году выявлено 8 радиоактивно зараженных территорий в 8 субъектах РФ. Это: аварии и инциденты на АЭС и других объектах ЯТЦ, случаи утери контроля над источниками ионизирующего излучения при буровых работах в нефтегазовом и топливно - энергетическом комплексе, факты хищения, выявления источников ионизирующего излучения в почтовых посылках, выявление радиоактивно зараженных продуктов питания (большая часть проб относится к молоку и молочным продуктам получаемых на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской, Белоярской, Ленинградской АЭС и др.).

На территории 22 областей России обнаружены радиоактивные загрязнения чернобыльского и другого происхождения общая площадь которых составила около миллиона тыс. га. с уровнями радиации более 1 Ки/км ( 1 мр/ч) по цезию- 137.(что в 100 раз превышает предельно допустимый.)

Площадь лесов, загрязненных радионуклидами, составляет в России более 2,0 млн. га. Наиболее масштабные загрязнения, охватывающие территории 19 субъектов РФ связаны с чернобыльской катастрофой. Вторым по площади является Восточно-Уральский радиоактивный след в результате аварий и инцидентов на ПО «Маяк».

Практически все загрязненные радионуклидами леса расположены на территориях с высокой плотностью населения, где леса имеют важное экологическое, социальное и экономическое значение. В районах Брянской, Ленинградской и др. областей, древесина не соответствует допустимым

уровням содержания цезия - 137 для жилищного строительства (ДУ- 370 Бк/). Продукты питания выращиваемые на данных территориях также являются радиоактивно зараженными.

Работники лесного хозяйства, проживающие и работающие в зонах более 15 Ки/км<sup>2</sup>, относятся к критической группе профессий. Доза внешнего облучения у них в 2.4 раза выше, чем у других профессиональных групп.

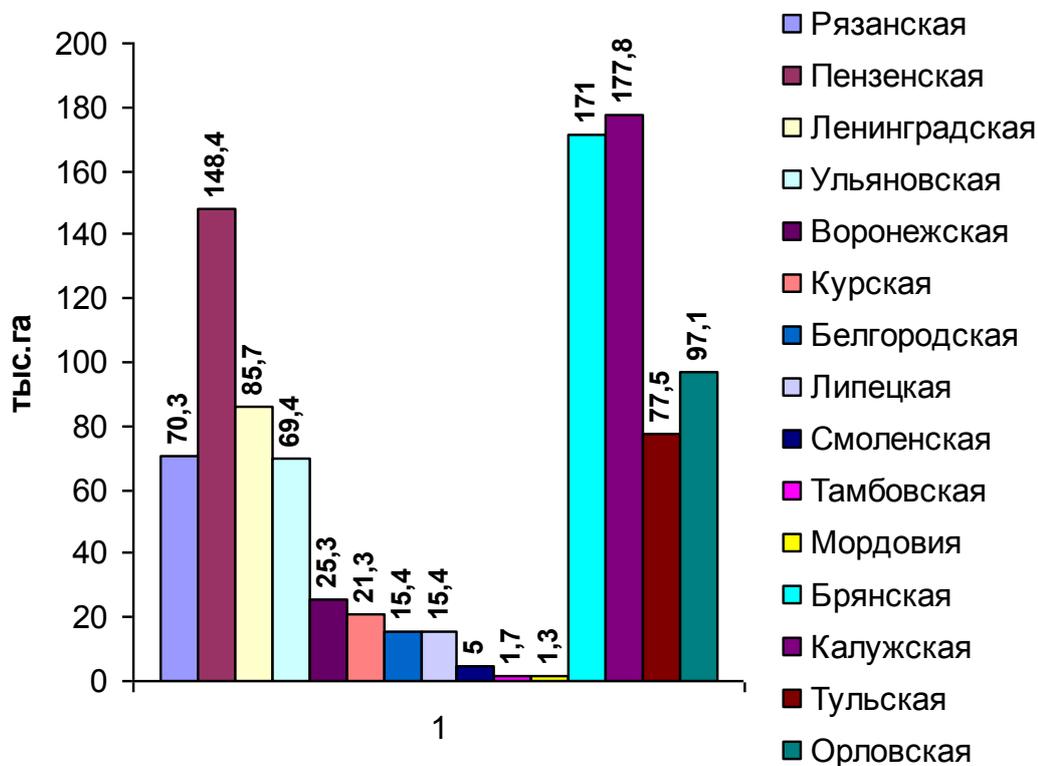


Рис. 2 «Чернобыльский» след (субъекты РФ, 982,6 тыс. га)

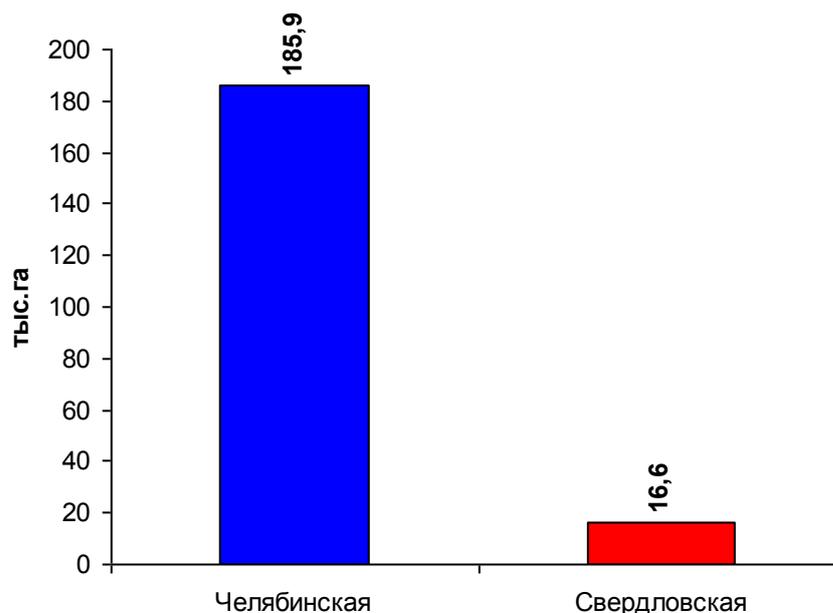


Рис. 3 Восточно-уральский след (субъекты РФ, 202,64 тыс.га)

Общая площадь земель, выведенных из хозяйственного оборота вследствие высокого уровня радиоактивного загрязнения от тяжелых радиационных аварий - Кыштымской и Чернобыльской, составляет 400-450 тыс. га. При этом в России насчитывается более 100 млн га земель, где проблемы землепользования достигли уровня "экологического кризиса" по причине химического загрязнения, захламления, нарушения земель и различных форм деградации почв. Площадь земель, "пострадавших" от радиоактивного загрязнения, не превышает 0,3-0,4% от общей площади земель в стране, находящихся в состоянии "экологического кризиса".

Гибель лесов вследствие сильного облучения за всю историю с начала атомной эры (около 50 лет) отмечалась на следах радиоактивных выпадений от Кыштымской и Чернобыльской радиационных аварий и происходила от воздействия высоких уровней облучения в первые 1-2 года после аварии. В общей сложности площадь полностью погибших лесонасаждений составила не более 10 км<sup>2</sup>. Доля лесов, погибших от радиационного поражения за всю историю атомной промышленности, составляет 0,3-0,4% от масштабов ежегодной гибели лесов в стране (2-3 тыс. км<sup>2</sup>).

Кроме этого ключевым звеном мониторинга радиоактивности окружающей среды является также слежение за изменениями радиоактивности атмосферного воздуха. Атмосфера служит средой переноса источников загрязнения к почве и воде. Далее из почвы и воды радиоактивные элементы вовлекаются в биогеохимический круговорот. Облучение человека так же зависит от содержания радиоактивных элементов в атмосфере.

Согласно ежегоднику Росгидромета "Радиационная обстановка на территории России и сопредельных стран» за все годы после аварии на ЧАЭС не выявлено населенных пунктов с плотностью радиоактивного загрязнения почв цезием-137 выше предельно допустимых величин; по данным аэрогамма-съемок на территории области были зафиксированы только уровни, соизмеримые с глобальным фоном - 60-100 мКи/км.кв. Законодательно установлен порог социальной значимости послечернобыльского радиоактивного загрязнения территории, он составляет 1 Ки/км.кв. для цезия-137. Радиационная обстановка в России в последние годы остается стабильной. Наиболее высокие уровни загрязнения цезием-137 сохраняются после чернобыльской аварии в Брянской области.

Следует особо отметить, что впервые в мировой практике в РФ на государственном уровне с 1998 г. ежегодно проводится оценка состояния радиационной безопасности населения. Эта оценка показала, что во всех субъектах РФ ведущими факторами облучения населения являются природные источники (прежде всего радон в воздухе помещений) и медицинские процедуры. Они дают в сумме более 99% коллективной дозы облучения населения, хотя на загрязненных в результате аварии на ЧАЭС юго-западных районах Брянской области этот вклад уменьшается до 50- 60%.

Данные Росгидромета являются усредненными характеристиками радиационной обстановки в масштабах крупных территорий (субъект Федера-

ции); они не исключают возможности локального неравномерного выпадения радионуклидов. В случае обнаружения очаговых загрязнений территории их медико-гигиеническая оценка требует корректных дополнительных исследований каждого зарегистрированного очага.

### 3.4 Радиоактивность, изотопы, период полураспада

#### 3.4.1 Радиоактивность

Радиоактивность (от лат. *radius* — луч и *activus* — действенный) - самопроизвольное превращение неустойчивых ядер атомов одного элемента в более устойчивые ядра атомов других элементов, сопровождающееся испусканием частиц и жесткого электромагнитного излучения. Такие превращения ядер называются радиоактивными, а сами ядра или соответствующие атомы — радиоактивными ядрами (атомами). При радиоактивных превращениях ядра испускают энергию либо в виде заряженных частиц, либо в виде гамма-квантов электромагнитного излучения или гамма-излучения.

Впервые такое излучение, испускаемое ураном, обнаружил Беккерель, поэтому вначале радиоактивные излучения называли лучами Беккереля. Основной вид радиоактивного распада — выбрасывание из ядра атома альфа-частицы — альфа-распад или бета-частицы — бета-распад.

Весной 1896 французский физик А.Беккерель сделал ряд сообщений об обнаружении им нового вида излучения (впоследствии названном радиоактивным), которое испускается солями урана. Подобно открытым за несколько месяцев до этого рентгеновским лучам, оно обладало проникающей способностью, засвечивало экранированную черной бумагой фотопластинку и ионизировало окружающий воздух.

Гипотеза, которая привела к открытию радиоактивности, возникла у Беккереля под влиянием исследований Рёнтгена. Поскольку при генерации X-лучей наблюдалась фосфоресценция стеклянных стенок рентгеновской трубки, Беккерель предположил, что любое фосфоресцентное свечение сопровождается испусканием рентгеновского излучения. Для проверки этого предположения он поместил различные фосфоресцирующие вещества на завернутые в черную бумагу фотопластинки и получил неожиданный результат: засвеченной оказалась единственная пластинка, с которой соприкасался кристалл соли урана. Многочисленные контрольные опыты показали, что причиной засветки явилась не фосфоресценция, а именно уран, в каком бы химическом соединении он ни находился. Свойство радиоактивного излучения вызывать ионизацию воздуха позволило наряду с фотографическим методом регистрации применять более удобный электрический метод, что значительно ускорило процесс исследований.

В 1902 г. Резерфорд и Содди объяснили явление радиоактивности самопроизвольным превращением атомов одного элемента в атомы другого

элемента, происходящим по законам случайности и сопровождающимся выделением энергии в виде альфа-, бета-и гамма-лучей.

При радиоактивном распаде исходный атом превращается в атом другого элемента. В результате выбрасывания из ядра атома альфа-частицы, представляющей собой совокупность двух протонов и двух нейтронов, массовое число образующегося атома уменьшается на четыре единицы, и он оказывается сдвинутым в таблице Д. И. Менделеева на две клетки влево, так как порядковый номер элемента в таблице равен числу протонов в ядре атома. При выбрасывании бета-частицы (электрон) происходит превращение в ядре одного нейтрона в протон, вследствие чего образующийся атом оказывается сдвинутым в таблице Д. И. Менделеева на одну клетку вправо. Масса его при этом почти не изменяется. Выбрасывание бета-частицы сопряжено обычно с гамма-излучением.

Число атомов элемента, распадающихся в единицу времени называют активностью изотопа. В качестве единицы активности в системе СИ принят беккерель (*Бк*). 1 Бк – это 1 распад в 1 секунду. На практике используют внесистемную единицу *кюри (Ки)*.  $1 \text{ Ки} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Бк}$ .

### 3.4.2 Изотопы. Периоды полураспада

Изучение превращений радиоактивных элементов привело к открытию изотопов.

Атомы, имеющие одинаковое число протонов в ядре (относящиеся к одному химическому элементу), но разное число нейтронов по отношению друг к другу являются изотопами (от греческого «*isos*» - «равный» и «*topos*» - «место»). Термин предложен Фредериком Содди в 1910 году.

Из всех известных изотопов только изотопы водорода имеют собственные названия. Дейтерий и тритий обозначаются соответственно D и T. Свойства этих изотопов заметно отличаются. В обычном водороде количество дейтерия составляет около 0,017%. Тритий получают искусственно при ядерных реакциях.

В природе встречаются как стабильные изотопы, так и нестабильные — радиоактивные, ядра атомов которых подвержены самопроизвольному превращению в другие ядра с испусканием различных частиц (или процессам так называемого радиоактивного распада) – радионуклиды.

Свойство изотопов самопроизвольно испускать невидимое излучение супруги Кюри назвали радиоактивностью.

Известно свыше 40 естественных радиоактивных изотопов. В природе встречаются как стабильные изотопы, так и нестабильные — радиоактивные, ядра атомов которых подвержены самопроизвольному превращению в другие ядра с испусканием различных частиц (или процессам так называемого радиоактивного распада). Большая часть их расположена в трех радиоактивных рядах (семействах): урана-радия, тория и актиния. Все указанные радиоактивные изотопы широко распространены в природе. Присутствие их в гор-

ных породах, водах, атмосфере, растительных и живых организмах обуславливает естественную или природную радиоактивность.

Кроме естественных радиоактивных изотопов, сейчас известно около тысячи искусственно радиоактивных. Получают их путем ядерных реакций, в основном в ядерных реакторах. Между естественно и искусственно радиоактивными изотопами нет принципиальной разницы, так как свойства ядер атомов и самих атомов определяются только составом и структурой ядра и не зависят от способа их образования. Многие естественные и искусственно радиоактивные изотопы широко используются в медицине для лечения и особенно для диагностики заболеваний.

После открытия радиоактивных элементов ряд авторов (Беккерель, супруги Кюри, Резерфорд и др.) установил, что эти элементы могут испускать три вида лучей, которые по-разному ведут себя в магнитном поле. По предложению Резерфорда (E. Rutherford, 1902) эти лучи были названы альфа-, бета- и гамма-лучами.

После открытия Резерфордом ядерной структуры атомов и доказательства, что именно ядро определяет все свойства атома, в частности структуру его электронных оболочек и его химические свойства, стало ясно, что радиоактивные превращения связаны с превращением атомных ядер. Дальнейшее изучение строения атомных ядер позволило полностью расшифровать механизм радиоактивных превращений.

Супруги Жолио-Кюри высказали мысль о том, что все быстрые частицы (протоны, нейтроны и т.д.) вызывают ядерные реакции и могут быть использованы для получения естественно радиоактивных изотопов. Ферми, бомбардируя нейтронами различные элементы, получил радиоактивные изотопы почти всех химических элементов. В настоящее время при помощи ускоренных заряженных частиц и нейтронов осуществлено большое разнообразие ядерных реакций, в результате которых стало возможным получать любые радиоактивные изотопы.

В 1937 г. Альварес открыл новый вид радиоактивного превращения — электронный захват. При электронном захвате ядро атома захватывает электрон с оболочки атома и превращается в ядро другого элемента. В 1939 г. Ган и Штрассманн открыли деление ядра урана на более легкие ядра (осколки деления) при бомбардировке его нейтронами. В том же году Флеров и Петряков показали, что процесс деления ядер урана осуществляется и без внешнего воздействия, самопроизвольно. Тем самым они открыли новый вид радиоактивного превращения — самопроизвольное деление тяжелых ядер.

В настоящее время известны различные виды радиоактивных превращений, совершающихся без внешних воздействий, самопроизвольно, в силу только внутренних причин, обусловленных структурой атомных ядер: альфа-распад, бета-распад, электронный захват (прежнее название К-захват), изомерный переход, самопроизвольное деление ядер.

В результате любых радиоактивных превращений количество атомов данного изотопа непрерывно уменьшается. Закон убывания с течением вре-

мени количества активных атомов (закон радиоактивного распада) является общим для всех видов превращений и всех изотопов. Он носит статистический характер (применим только для большого количества радиоактивных атомов). Время, в течение которого количество активных атомов или активность данного изотопа уменьшается в два раза, называется периодом полураспада ( $T$ ) данного изотопа.

Периоды полураспада измеряются в сек., мин. и т. п. и для различных изотопов изменяются в очень широких пределах от малых долей секунды до  $10^{21}$  лет. Изотопы, обладающие малыми  $T$ , называются короткоживущими, изотопы с большими  $T$  называются долгоживущими.

### 3.4.3 Характеристика наиболее значимых для человека радионуклидов

В связи с широким распространением в природе радиоактивных изотопов естественного и искусственного происхождения, в связи с постоянно увеличивающимся применением их в отраслях экономики и науки необходимо иметь возможно более полное представление о свойствах хотя бы некоторых наиболее опасных при попадании внутрь организма радиоактивных элементов.

Все изотопы при соблюдении мер безопасности не могут оказать неблагоприятного влияния ни на человека, ни на окружающую среду. При грубом нарушении норм радиационной безопасности возможно внешнее или внутренне облучение в повышенной дозе. Тяжесть клинического течения лучевой болезни, обусловленной внешним и внутренним радиоактивным заражением, определяется дозой облучения, растворимостью и всасываемостью поступивших внутрь радионуклидов, характером их распределения в органах, тканях, путями поступления в организм и скоростью распада и выведения из организма. Как всасывание, так и распределение и выведение радионуклидов зависят от их физико-химической природы.

Выделены 4 группы опасных радионуклидов – А, Б, В и Г.

1. Группа А – радионуклиды особо высокой токсичности (свинец-210, торий-230);
2. Группа Б – радионуклиды с высокой токсичностью (йод-131, стронций-90, уран-235);
3. Группа В – радионуклиды со средней токсичностью (цезий-137, натрий-22, кальций-45);
4. Группа Г – радионуклиды с наименьшей токсичностью (углерод-14, железо-55, хром-51).

Токсичность зависит от вида и энергии излучения, периода полураспада, физико-химических свойств вещества. Рассмотрим более подробно некоторые наиболее важные для человека изотопы.

1. Стронций 90 – двухвалентный металл, бета-излучатель с периодом полураспада 30 лет. Поступает в организма ингаляционно или перораль-

но. Депонируется (высокое химическое родство) в костной ткани. Вызывает поражение, прежде всего, кровеносной и костной систем.

2. Цезий 137 – одновалентный металл, гамма-излучатель с периодом полураспада 27.4 лет. Высокое химическое родство с калием. Распределяется в организме равномерно. Поражения носят диффузный характер: лимфоидная ткань, мышцы. На более поздних сроках – поражение молочных желез, кишечника, почек.

1. **Йод 131** – бета- и гамма-излучатель с периодом полураспада 8.05 суток. депонирует в щитовидной железе. Угнетает ее функции. Природный йод состоит из одного стабильного изотопа с массовым числом 127. Из искусственных радиоактивных изотопов йода важнейшими являются йод-131 ( $T_{1/2}$  – 8 суток) и йод-133 ( $T_{1/2}$  – 22 часа). При ядерных взрывах и авариях на АЭС радиоактивные изотопы йода составляют значительную часть активности «молодых» продуктов деления, и они являются одним из основных компонентов заражения внешней среды. Йод в основном представлен органическими соединениями. В форме элементарного йода находится лишь 5%. Примерно 90% активности представляют короткоживущие изотопы. Поступая во внешнюю среду, йод-131 становится источником внешнего и внутреннего облучения, так как он бета-активен.

Поступление в организм человека радиоактивных изотопов йода происходит через органы пищеварения, дыхания, кожу, раневые и ожоговые поверхности. Практическое значение имеет пищевой и ингаляционный путь. Основными цепочками являются: растения – человек, растения – животное – человек и т.д. Особое значение, как источники поступления йода в организм человека, могут иметь продукты питания растительного и животного происхождения, особенно молоко, свежие молочные продукты и листовые овощи. Так, у коров с молоком йод-131 выводится в количестве до 1% в литре и при длительном поступлении – 0,5–1,1%.

Поступивший в организм радиоактивный йод быстро всасывается в кровь и лимфу. В течение первого часа всасывается 80–90%. Органы и ткани по концентрации йода образуют убывающий ряд: щитовидная железа, почки, мышцы, кости. Накопление йода-131 в щитовидной железе протекает быстро: через 2–6 ч после поступления содержание его составляет 5–10 и 15–20% соответственно, через сутки – 25–30% введенного количества. При поступлении малых количеств йода-131 уже отмечаются нарушение функции щитовидной железы, а также незначительные изменения крови и некоторых показателей обмена и иммунитета. Облучение щитовидной железы в дозах порядка десятков Грей (Гр) вызывает снижение ее функциональной активности. При дозе несколько Грей выявлено повышение активности железы, которое может смениться состоянием гипофункции. Статистически значимое учащение возникновения опухолей железы отмечено при дозе облучения 0,5 Гр.

Общий характер действия йода на организм: при действии паров появляется кашель, насморк, слезотечение, конъюнктивит, опухание околоушных желез, головные боли. В тяжелых случаях – рвота, понос, белок и эритроци-

ты в моче, задержка мочи, одышка. При хроническом отравлении – катар слизистых носа (типичный насморк), зева, исхудание, наблюдается желтоватая окраска зубов.

Основным путем выведения йода-131 из организма являются почки, также он выводится с калом, потом, прочими жидкостями и через органы дыхания, однако доля этого выведения не установлена.

2. **Фосфор (P).** Природный фосфор состоит из одного стабильного изотопа – фосфора-31. Известны шесть искусственных радионуклидов с массовыми числами: 28–30, 32–34.

Одним из основных источников поступления радиоактивного фосфора-32 в окружающую среду являются атомные предприятия по производству плутония. Фосфор-32 – доминирующий радионуклид в большинстве форм водных организмов и водоплавающих птиц. Основной путь поступления радионуклидов из водных сбросов в организм человека – использование питьевой воды, а также потребление рыбы и других пищевых продуктов из водоемов. Наиболее интенсивное накопление фосфора-32 ( $T_{1/2} = 14,22$  суток) происходит в растущих тканях с повышенным обменом. Так, при раковых поражениях желудка, кишечника, матки накопление фосфора-32 по отношению к нормальным тканям происходит быстрее и увеличивается в 2–6 раз в зависимости от опухоли. Выводится из организма через почки и желудочно-кишечный тракт (ЖКТ). Специфичность действия связана с избирательным накоплением в костной ткани, большую опасность представляет поступление нерастворимых соединений радиоактивного фосфора в органы дыхания. При поражении такими соединениями наблюдается лучевой ожог кишечника, сопровождающийся кровавым поносом, резким исхуданием, лейкоцитозом, наблюдается сгущение крови, т.е. происходит угнетение функции костного мозга и других органов кроветворения.

3. **Стронций-90 (Sr).** Это бета-излучающий изотоп. Среди искусственных изотопов стронция это долгоживущий радионуклид. Стронций-90 ( $T_{1/2} = 29,1$  лет) – один из важнейших компонентов радиоактивного заражения биосферы. Попадая в окружающую среду, стронций-90 характеризуется способностью включаться в процессы обмена веществ у растений, животных и человека. В растения стронций-90 может поступать непосредственно при прямом заражении листьев и из почвы через корни. Относительно больше накапливают его бобовые растения, корнеплоды, меньше – злаки, в том числе зерно, лен. У животных и человека стронций-90 накапливается главным образом в костях.

Величина отложения его в организме животных и человека зависит от возраста особи и количества поступающего радионуклида, интенсивности роста новой костной ткани и др. Большую опасность стронций-90 представляет для детей, в организм которых он поступает с молоком и накапливается в быстрорастущей костной ткани.

Биологическое действие стронция-90 связано с характером его распределения в организме и зависит от дозы бета-излучения, создаваемого им и

его дочерним изотопом иттрием-90. При длительном поступлении стронция-90 в организм даже в относительно небольших количествах в результате непрерывного облучения бета-излучением костной ткани могут развиваться лейкемия и рак костей. Существенные изменения в костной ткани наблюдаются при содержании стронция-90 в рационе около 1 мккюри на 1 г кальция, предельно допустимая концентрация (ПДК) для вод открытых водоемов (в кюри/л) для стронция-90 равна  $3,7 \cdot 10^{-13}$ .

4. **Цезий-137 (Cs)** – бета-гамма-излучающий изотоп цезия, один из главных компонентов радиоактивного заражения биосферы.  $T_{1/2} = 30,2$  года. Это один из 15 долго живущих изотопов, остальные искусственные радионуклиды цезия короткоживущие, если не считать цезий-134, период полураспада которого равен 2 годам. Указанные два радионуклида содержатся в радиоактивных выпадениях, радиоактивных отходах, сбросах заводов, перерабатывающих отходы АЭС. Цезий-137 интенсивно сорбируется почвой и донными отложениями; в воде находится преимущественно в виде ионов. Содержится в растениях и организме животных и человека. Коэффициент накопления цезия-137 наиболее высок у пресноводных водорослей и арктических наземных растений, особенно лишайников. В организме животных цезий-137 накапливается главным образом в мышцах и печени. Наибольший коэффициент его накопления отмечен у северных оленей и североамериканских водоплавающих птиц. В организме человека он распределен относительно равномерно и не оказывает значительного вредного действия при поступлении в небольших количествах. Однако критическими органами являются печень, легкие и особенно селезенка, для селезенки предельно-допустимое поступление (ПДП) составляет 0,34 мккюри, а для всего организма ПДП=33 мккюри. Цезий-137 используют в медицине (радиотерапия).

Территория с плотностью радиоактивного загрязнения почвы цезием-137, превышающей 1 Ки/км<sup>2</sup>, является зоной радиоактивного загрязнения.

5. **Уран (U)**. Уран и его соединения радиационно и химически токсичны. Предельно допустимая доза облучения профессиональных работников – 5 бэр в год, а населения – 0,5 бэр в год, металлический уран или его соединения используются в основном в качестве ядерного горючего в ядерных реакторах. Уран-235 является источником ядерной энергии в ядерном оружии. Уран-238 служит источником вторичного ядерного горючего – плутония-239.

При попадании в организм уран действует на все органы и ткани, являясь обще клеточным ядом. Преимущественно поражает почки, печень и желудочно-кишечный тракт.

6. **Радий (Ra)**. Радий-226 –  $\alpha$ -активен ( $T_{1/2} = 1590$  лет). Радий и его соединения широко распространены в природе и являются одним из основных источников естественного фона. В организм человека может попадать с пищей, питьевой водой, вдыхаемым воздухом и через неповрежденную кожу. Около 90% радия поступает в организм с пищей и около 10% с водой. Установлено, что продолжительное облучение значительными уровнями радия в питьевой воде влечет за собой «высокий риск» рака костей для облученных.

По оценкам Агентства по защите окружающей среды США (EPA), долговременное потребление воды, содержащей 5 пКи (пикокюри) на литр (0,185 Бк/л), влечет за собой 44 случая дополнительных смертей от рака на каждый миллион облученных. Риск удваивается до 88 случаев (10 пКи/л) и утраивается до 132 случаев (15 пКи/л) и т.д. Токсичность радия обусловлена его радиоактивностью. Накапливается в основном в костной ткани. Одним из признаков радиевой интоксикации является лучевое поражение костей – их деструкция, развитие радиационного остеита, который приводит к повышенной хрупкости и патологическим переломам костей. Радиационный остеит челюстных костей, как правило, осложняется инфекцией и протекает как хронический остеомиелит.

**7. Радон (Rn).** Радон-222 –  $\alpha$ -активен ( $T_{1/2} = 3,8$  дня). Газ, который образуется в радиоактивных минералах, постоянно поступает в атмосферу и гидросферу. Он бесцветный, не имеет ни запаха, ни вкуса, в 7,5 раз тяжелее воздуха. Наибольшее содержание радона наблюдается в приземных слоях атмосферы. С увеличением высоты оно уменьшается. В атмосферу и гидросферу радон поступает из почвы, а в воздух помещений – через неплотные строительные конструкции и из самих строительных конструкций, а также из водопроводной воды и природного газа. Радон на 50–70% формирует дозу, получаемую человеком от естественных источников радиации. В организм человека он попадает в основном с вдыхаемым воздухом и в значительно меньшей степени, с питьевой водой.

Токсическое действие радона связано с его радиоактивностью. Скапливаясь в альвеолах легких, он поражает легочную ткань, вызывая ее злокачественное перерождение. До 20% смертей от рака легких напрямую связано с радоном.

**8. Калий (K).** Калий-40. Вторым после радона по значимости дозообразования является природный калий, который содержит 0,012% калия-40.  $T_{1/2} = 2,5 \cdot 10^{10}$  лет. Этот изотоп повсеместно встречается в минералах и живых организмах и своим  $\beta$ -излучением создает естественное (фоновое) облучение. Других естественных радиоактивных изотопов калия не обнаружено. Калий-40 как токсический элемент не рассматривается, он ответственен только за внешнее облучение, годовая доза от него составляет 16–20% от общей.

**9. Плутоний (Pu).** Плутоний - 239 ( $T_{1/2} = 24065$  лет) – один из наиболее токсичных радионуклидов, характеризующийся высокой удельной  $\alpha$  – активностью. В состав оружейного плутония кроме Pu-239, входят и другие его радиоактивные изотопы (236, 237, 238, 241, 247 Pu).

При неядерном взрыве (нарушении герметичности боеприпаса, пожаре) плутоний может поступить во внешнюю среду в форме мелкодисперсных аэрозолей и интенсивно окисляется до двуокиси ( $PuO_2$ ), а при температуре свыше 1500 °С до окиси ( $PuO$ ), которые характеризуются низкой растворимостью и всасываемостью.

Основную опасность плутоний представляет как внутренний альфа-облучатель. В организм человека нуклид может поступать ингаляционно, пе-

рорально и через раневые и ожоговые поверхности. В лёгких нуклид оседает неравномерно, что приводит к неравномерному облучению. Всосавшийся в кровь нуклид депонируется в основном в скелете и печени и в небольших количествах в других органах. Из организма плутонии выводится медленно. Время уменьшения вдвое воздействия радионуклида на организм (за счёт физического снижения активности радионуклида и биологического выведения его из организма (Тэфф) из печени и скелета) оценивается в 40 и 100 лет. Дозы, таким образом, формируются в течение всей жизни человека. Пожизненные эффективные дозы при поступлении нуклида с рационом и через органы дыхания в зависимости от возраста человека (20–30–50–70) равны соответственно  $4,2-2,5 \cdot 10^{-7}$  и  $4,1-1,6 \cdot 10^{-5}$  Зв/Бк.

Ингаляционное воздействие плутония на человека наиболее опасно и может привести, даже при поступлении небольшого количества, к развитию острой пневмонии и пневмосклерозу. Распространённость процесса в лёгких и тяжесть поражения возрастают с увеличением поглощённой дозы. Развитие пневмосклероза является главной неопухоловой формой отдалённой патологии. Минимальная пневмосклеротическая доза находится в пределах 0,8–1,2 Зв. Лёгочная патология сопровождается соответствующим нарушением функции сердечнососудистой системы. Развитие дистрофических и склеротических процессов в печени приводит к нарушению её функции. Накопление плутония в гонадах проявляется в снижении их функциональной активности.

Наиболее опасным является канцерогенное действие плутония. Опухоли лёгких у облучённых регистрировали в широком диапазоне доз. Минимальная канцерогенная доза составляет около 0,8 Зв. Доза, не вызывающая опухоли менее 0,4 Зв. Минимальная доза для индукции остеосарком  $\sim 1,4$  Зв. Увеличение частоты рака лёгкого у персонала плутониевого завода зарегистрировано через 18 лет после начала работы.

**10. Полоний (Po).** Металл легкоплавкий и сравнительно ненизкокипящий. Температура его плавления и кипения соответственно 254 °С и 962 °С. Чистый полоний – металл серебристо-белого цвета. Его плотность 9,4 – чуть меньше, чем у свинца.

В урановых рудах его очень мало, почти в 20 млрд раз меньше, чем урана. Получить его из руды действительно сложно, но есть другой путь – синтез. В атомных реакторах висмут-209 облучают потоками нейтронов, и тогда по сравнительно несложной цепочке ядерных превращений образуется самый важный на сегодня изотоп – полоний- 210.

При работе с полонием приходится соблюдать особую осторожность. Пожалуй, это один из самых опасных радиоэлементов. Его активность настолько велика, что, хотя он излучает только альфа-частицы, брать его руками нельзя, результатом будет лучевое поражение кожи и, возможно, всего организма: полоний довольно легко проникает внутрь сквозь кожные покровы. Он опасен и на расстоянии, превышающем длину пробега  $\alpha$ -частиц. Он

способен быстро переходить в аэрозольное состояние и заражать воздух. Поэтому работают с полонием лишь в герметичных боксах.

Всего известны 27 изотопов полония с массовыми числами от 192 до 218. Это один из самых многоизотопных, если можно так выразиться, элементов. Период полураспада самого долгоживущего изотопа – полония-209 – 103 года. Поэтому, естественно, в земной коре есть только радиогенный полоний, и его там исключительно мало –  $2 \cdot 10^{-14}$ . Наиболее важный изотоп полоний-210 – чистый  $\alpha$ -излучатель. Испускаемые им частицы тормозятся в металле и, пробегая в нем всего несколько микрон, растрачивают при этом свою энергию. Энергия альфа-частиц полония превращается в тепло, которое можно использовать, скажем, для обогрева и которое не так уж сложно превратить в электричество.

Эту энергию уже используют и на Земле, и в космосе. Изотоп Po-210 применен в энергетических установках некоторых искусственных спутников. Чистые  $\alpha$ -излучатели, и полоний-210 в первую очередь, имеют перед другими источниками излучения несколько очевидных преимуществ. Во-первых,  $\alpha$ - частица достаточно массивна, следовательно, несет много энергии. Во-вторых, такие излучатели практически не требуют специальных мер защиты: проникающая способность и длина пробега частицы минимальны.

Характер распределения радиоизотопов в организме:

- накопление в скелете (кальций, стронций, радий, плутоний);
- концентрируется в печени, селезенке (цезий, полоний, плутоний, кобальт);
- равномерно распределяются по органам и системам (третий, цезий, углерод, калий);
- йод-131 избирательно накапливается в щитовидной железе (около 30-40%).

### **3.5 Стадии действия ионизирующего излучения на организм**

Изменения, возникающие в биологических системах при действии на них ионизирующего излучения носят название «радиобиологические эффекты»

В действии ионизирующих излучений на биологический объект выделяют четыре стадии.

1. В *физической стадии* образуются ионизированные и возбужденные атомы и молекулы, случайным образом распределенные в веществе, поскольку вероятность поглощения энергии тем или иным атомом, из которых построены биологические молекулы, практически одинакова.
2. В *физико-химической стадии* поглощенная энергия мигрирует по макромолекулярным структурам и распределяется между отдельными биомолекулами, что сопровождается разрывами химических связей там, где эти связи менее прочны. Разрывы химических связей приводят к образованию свободных радикалов, отличающихся очень высокой химической активностью. Образование свободных радикалов называют прямым действием ионизирующего излучения.

3. В *химической стадии* образовавшиеся свободные радикалы вступают в химические реакции как между собой, так и с другими молекулами. Повреждение биомолекул химически высокоактивными свободными радикалами, в том числе продуктами радиолиза воды, называют *непрямым действием излучения*.

Указанные выше стадии называют первичными. Они являются общими для действия излучений как на живую, так и на неживую материю и осуществляются в пределах 1 миллисекунды.

4. Сущность заключительной, *биологической стадии* составляют вторичные (радиобиологические) эффекты, которые прослеживаются на всех уровнях организации живого. Эта стадия занимает значительно большее время и продолжается в течение всей жизни

### 3.6 Острая лучевая болезнь

#### 3.6.1 Характеристика ОЛБ

Острая лучевая болезнь (ОЛБ) - это самостоятельное заболевание, возникающее в результате кратковременного (до нескольких суток) воздействия проникающей радиации (гамма-лучи, нейтроны, рентгеновские лучи) в дозе более 1 Грей (Гр) на значительные области тела. ОЛБ развивается вследствие гибели в основном делящихся клеток организма и характеризуется определенной периодичностью течения и полисиндромностью клинических проявлений, среди которых ведущими являются симптомы поражения гемopoэтической системы, желудочно-кишечного тракта и нервной системы.

Для лучевого повреждения характерны две особенности: с одной стороны, биологический и клинический эффект определяется дозой облучения (доза-эффект), с другой - мощностью дозы (мощность дозы-эффект). Обнаружение этих закономерностей определяет подход к проблеме диагностики и прогнозирования ОЛБ. В этой связи следует подчеркнуть, что непосредственно после облучения вся последующая цепь событий уже предопределена! Никакие сколько-нибудь серьезные отклонения в течении ОЛБ, связанные с индивидуальной устойчивостью к действию радиации, невозможны. Человек, как и весь животный мир, ранее не испытывал воздействия высоких доз радиации, не мог приспособиться к ее повреждающему эффекту, следовательно, не смог и обрести индивидуальных защитных свойств (как, например, к ультрафиолетовому облучению). Именно поэтому знание дозы облучения играет решающую роль в диагностике ОЛБ, в определении терапевтической тактики до развития основных симптомов заболевания.

Облучение в дозе менее 1 Гр не сопровождается развитием характерной клинической картины ОЛБ, но может вызывать моносиндромные проявления (преходящие лейкопения, тромбоцитопения, нейроциркуляторная дистония, астеновегетативные расстройства), которые следует трактовать как "лучевую реакцию".

По степени радиопоражаемости ткани располагаются в следующем порядке: лимфоидная ткань, костный мозг, эпителий половых желез, кишечные железы, эпителий кожи, хрусталик, эндотелий, серозные оболочки, паренхиматозные орга-

ны, мышцы, соединительная ткань, кости, хрящи, нервная ткань

Таблица 12

Тяжесть острой лучевой болезни в зависимости от дозы облучения

Доза (Гр)	Степень тяжести
1-2	Легкая
2-4	Средняя
4-6	Тяжелая
Более 6	Крайне тяжелая

Уже при дозе 1 Гр в течение первых нескольких суток только в костном мозге погибает около 20% клеточной массы. Распадом клеток костного мозга обусловлено появление ряда клинических синдромов:

- Гематологический синдром - изменения костного мозга, лимфатических узлов и состава периферической крови.
- Геморрагический синдром. - повышенная кровоточивость и кровотечения связанные с уменьшением белков крови, участвующих в свертывании, повышением сосудистой проницаемости.
- Синдром инфекционных осложнений - снижение естественного и приобретенного иммунитета.

### 3.6.2 Клиническая картина острой лучевой болезни

#### А) Период первичной реакции

Таблица 13

Критерии степени тяжести острой лучевой болезни в период первичной реакции

Степень тяжести	Ведущий признак – рвота (время и кратность)	Косвенные признаки				Продолжительность периода
		Общая слабость	Головная боль и состояние сознания	Температура тела	Гиперемия кожи, инъекция склер	
Легкая	Через 3 часа однократно	Легкая	Кратковременная головная боль, сознание ясное	Нормальная	Легкая инъекция склер	3 часа
Средняя	Через 1-2 часа, 2 раза и более (повторно)	Умеренная	Головная боль, сознание ясное	37-37,5°C	Гиперемия кожи лица и инъекция склер	1 сутки
Тяжелая	Через 30-60 мин, многократная	Выраженная	Временами сильная головная боль, сознание ясное	37,5-38°C	Выраженная гиперемия кожи верхней половины тела и инъекция	2 суток

					склер	
Крайне тяжелая	Через 10-30 мин неукротимая	Резчайшая (адинамия)	Упорная, сильная головная боль, сознание может быть спутанным	38-39°C	Резкая гиперемия всей кожи и инъекция склер	3 суток

#### Б) Период относительного благополучия (скрытый период ОЛБ)

Явления первичной реакции в ближайшие дни проходят: исчезает рвота, уменьшается головная боль, гаснет гиперемия кожи и слизистых. Самочувствие больных улучшается, хотя остаются выраженная астения и очень быстрая утомляемость.

В скрытом периоде, несмотря на улучшение самочувствия больных, при специальном обследовании выявляются признаки прогрессирующих нарушений функционального состояния нервной и эндокринной систем, дистонические и обменные расстройства.

Продолжительность скрытого периода различна: в крайне тяжелых случаях он может отсутствовать, в более легких достигает 3-4 недель. Установлена закономерность: чем выше физическая активность в скрытый период, тем он короче.

#### В) Период разгара острой лучевой болезни

Наступление периода разгара совпадает с началом падения числа лейкоцитов менее 1 Г/л.

Клиника характеризуется внезапным появлением тяжелой инфекцией, прежде всего на слизистой оболочке рта, глотки (ангина, стоматит), пневмонией, сепсисом. Инфекционные процессы склонны давать некротические очаги. Часто бывает грамотрицательный сепсис, обусловленный кишечной палочкой, протеем, синегнойной палочкой. Сепсис вызывает тяжелую интоксикацию, гипертермию до 40-41°C с проливными потами, артериальную гипотонию. Пневмония характеризуется скудной симптоматикой: сухим кашлем, одышкой, цианозом, физикальные признаки выявляются с трудом (бронхиальное дыхание, крепитация). Иногда очаг воспаления в легких не удается определить и рентгенологически.

Геморрагический синдром обусловлен, прежде всего, глубокой тромбоцитопенией, повышением проницаемости сосудистой стенки. Критическим уровнем тромбоцитов, выше которого опасного геморрагического синдрома не развивается, считается  $40 \times 10^9$  /л. Тромбоцитопенический геморрагический синдром характеризуется кожными кровоизлияниями в виде экхимозов и петехий, кровотечениями из слизистых оболочек. Часто бывают кровоизлияния в местах инъекций, реже - кровотечения из желудочно-кишечного тракта, гематурия, кровохарканье. Появление кровоизлияний на лице, конъюнктиве, сетчатке глаза считается серьезным симптомом, свидетельствующем об угрозе кровоизлияния в мозг. Период глубокой тромбоцитопении обычно продолжается не более 1,5-2 недель.

Поражение эпителиальных покровов ведет к соответствующим нарушениям:

выпадают волосы, возникают стоматит, энтерит, гастрит, проктит. Для перечисленных поражений изучены дозы облучения, вызывающие их. Знание этих соотношений позволяет ретроспективно восстановить дозу, полученную пострадавшим в момент лучевой вспышки, и предусмотреть возможность будущей, часто весьма отсроченной патологии того или иного органа.

Таблица 14

Клинические проявления острой лучевой болезни в зависимости от дозы облучения

Клинический синдром		Минимальная доза, Гр
Гематологический синдром	Первые признаки цитопении (тромбоцитопения до 100 Г/л на 29-30 сутки)	0.5-1
	Агранулоцитоз (лейкопения ниже 1 Г/л), Выраженная тромбоцитопения (ниже 30 Г/л)	Более 2
Эпиляция	Начальная	2.5 – 3
	Постоянная	Более 12
Язвенно-некротические изменения слизистой полости рта, носоглотки		Более 5
Поражения кожи	эритема (начальная и поздняя)	8-10
	сухой радиоэпидермит	10-16
	экссудативный радиоэпидермит	16-25
	язвенно-некротический дерматит	Более 25

Период разгара продолжается от 1 до 4 недель.

Таблица 15

Диагностика степени тяжести костно-мозговой формы ОЛБ в период разгара

Показатели	Степень тяжести			
	I	II	III	IV
Длительность скрытого периода	до 4 нед.	до 3 нед.	1-2 нед.	нет или до 1 нед.
Клинические синдромы	астено-вегетативный	гематологический геморрагический, некротическая ангина, пневмония	то же + язвенно-некротический, инфекционный и геморрагический энтероколит, сепсис	то же + орорфаренгиальный прогрессирующее нарушение функции ЦНС, сердечно-сосудистой системы, почек
Число лейкоцитов Г/л	3-1,5	1,5-1,0	0,5-0,1	менее 0,5
Число тромбоцитов, Г/л	100-60	50-30	Менее 3.0	
Костный мозг	гипоплазия	гипоплазия или аплазия	Аплазия	
Длительность	7-10 дней	10-15 дней	15-20 дней	Погибают в конце 2 недели

Г) Период восстановления

Период агранулоцитоза завершается восстановлением уровня лейкоцитов и тромбоцитов. Выход из агранулоцитоза бывает быстрым - в течение 1-3 дней. Часто ему предшествует падение температуры тела, подъем числа тромбоцитов и ретикулоцитов.

Все описанные патологические процессы, возникающие под воздействием доз облучения менее 6 Гр, исчезают, функция органов восстанавливается. Однако процесс восстановления функций нервной системы, желудочно-кишечного тракта, эндокринной систем происходит медленно (от 2-х месяцев при легкой степени до 12 - при тяжелой).

После ОЛБ на всю жизнь остаются астенический синдром, недостаточность костного мозга (колеблющаяся, но выраженная лейкопения). У таких больных рано развиваются склеротические процессы, чаще, чем в популяции, встречаются острые лейкозы, хронический миелолейкоз, миеломная болезнь, опухоли желудка, легких, молочной железы, щитовидной железы. Возможны генетические отдаленные последствия: увеличение в потомстве числа рожденных с пороками развития, увеличение детской смертности, увеличение числа мертворождений.

### 3.6.3 Особенности острейших форм острой лучевой болезни

**Кишечная форма ОЛБ.** В клинической картине с самого начала преобладают симптомы острых желудочно-кишечных расстройств: в первые часы в виде проявлений первичной реакции на облучение, затем - обусловленные развитием радиационного энтерита. Отмечаются тошнота, повторная рвота, понос, боли в животе на фоне выраженной токсемии (лихорадка, боли в мышцах и суставах, головная боль). Объективно выявляются тахикардия, снижение АД (коллапс), гиперемия кожи лица и слизистых, иктеричность склер, болезненность живота при пальпации. Характерны ранние прогрессирующие нарушения кроветворения: агранулоцитоз с полным исчезновением лейкоцитов на 1-й неделе, с 3-го дня исчезают лимфоциты и ретикулоциты, уже в первые дни развивается глубокая тромбоцитопения, а с 4-5-го дня - аплазия костного мозга.

**Сосудисто-токсемическая форма.** Клиническая картина складывается из нарастающих проявлений астено-гиподинамического синдрома и острой сердечно-сосудистой недостаточности (коллапс, шок). Сразу после облучения появляются неукротимая рвота, жидкий стул, адинамия, головные боли, головокружение, артралгия, гипертермия. Характерны выраженная первичная эритема, иктеричность склер, тахикардия, прогрессирующая артериальная гипотония, олигоанурия. На 2-3 сутки исчезают лимфоциты, развиваются агранулоцитоз, критическая тромбоцитопения, аплазия костного мозга.

**Церебральная форма.** Сразу после облучения, наряду с появлением повторной рвоты и поноса, отмечается ранняя преходящая недееспособность. Ранняя преходящая недееспособность - это временная (на 20-30 мин) потеря сознания, обусловленная острым нарушением функций ЦНС. В дальнейшем развиваются психомоторное возбуждение, дезориентация, атаксия, клонические и тонические судороги, гиперкинезы, расстройства дыхания, коллапс, сопор, кома. В первые часы

имеется глубокая лимфоцитопения, к концу первых - началу вторых суток наблюдается агранулоцитоз с исчезновением лимфоцитов. Смерть наступает от паралича дыхания в первые часы или в первые 2-3 суток.

### 3.7 Предельно допустимые дозы облучения

По отношению к облучению население делится на 3 категории:

**Категория А** облучаемых лиц или персонал (профессиональные работники) - лица, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений.

**Категория Б** облучаемых лиц или ограниченная часть населения - лица, которые не работают непосредственно с источниками ионизирующего излучения, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию ионизирующих излучений.

**Категория В** облучаемых лиц или население - население страны, республики, края или области.

Для категории А вводятся предельно допустимые дозы - наибольшие значения индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год, при которой равномерное облучение в течение 50 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами. Для категории Б определяется предел дозы.

Устанавливается три группы критических органов:

1 группа - все тело, гонады и красный костный мозг;

2 группа - мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталики глаз и другие органы, за исключением тех, которые относятся к 1 и 3 группам;

3 группа - кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы.

Дозовые пределы облучения для разных категорий лиц даны в таблице 12.

Таблица 16

Дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения (бэр/год)

Категории лиц	Группы критических органов		
	1	2	3
Категория А, предельно допустимая доза (ПДД)	5	15	30
Категория Б, предел дозы(ПД)	0.5	1.5	3

Помимо основных дозовых пределов для оценки влияния излучения используют производные нормативы и контрольные уровни. Нормативы рассчитаны с учетом неперевышения дозовых пределов ПДД (предельно допустимая доза) и ПД (предел дозы).

Расчет допустимого содержания радионуклида в организме проводят с учетом его радиотоксичности и неперевышения ПДД в критическом органе.

Контрольные уровни должны обеспечивать такие низкие уровни облучения, какие можно достичь при соблюдении основных дозовых пределов.

Для категории А (персонала) установлены:

- предельно допустимое годовое поступление ПДП радионуклида через органы дыхания;
- допустимое содержание радионуклида в критическом органе ДС;
- допустимая мощность дозы излучения ДМД;
- допустимая плотность потока частиц ДПП;
- допустимая объемная активность (концентрация) радионуклида в воздухе
- допустимое загрязнение кожных покровов, спецодежды и рабочих поверхностей ДЗ.

Для категории Б (ограниченной части населения) установлены:

- предел годового поступления ППП радионуклида через органы дыхания или пищеварения; допустимая объемная активность (концентрация) радионуклида ДК в атмосферном воздухе и воде;
- допустимая мощность дозы ДМД;
- допустимая плотность потока частиц ДПП;
- допустимое загрязнение кожных покровов, одежды и поверхностей ДЗ.

Численные значения допустимых уровней в полном объеме содержатся в НРБ-99/2009.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Виды ионизирующих излучений
2. Корпускулярные ионизирующие излучения. Их краткая характеристика
3. Электромагнитные ионизирующие излучения. Их краткая характеристика
4. Характер взаимодействия электромагнитного ионизирующего излучения с атомами вещества
5. Основные источники ионизирующих излучений
6. Естественная радиоактивность. Ее характеристика
7. Искусственные источники радиационного загрязнения
8. Среднегодовые дозы, получаемые от естественного радиационного фона и различных искусственных источников излучения
9. Источники ионизирующих излучений при медицинских обследованиях.
10. Радиологические последствия испытаний ядерного оружия
11. Атомная энергетика
12. Радиационная обстановка в Российской Федерации
13. Радиоактивность, изотопы, период полураспада
14. Характеристика наиболее значимых для человека радионуклидов
15. Предельно допустимые дозы облучения

#### **4. Параметрическое воздействие на среду обитания и человека**

## 4.1 Освещенность

Освещенность прямо пропорциональна силе света и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника света до освещаемой поверхности. Освещенность — основной параметр при расчете величины экспонирования. Для ее определения применяют приборы, называемые люксметрами.

К оптической области излучений принято относить электромагнитные колебания с длиной волны от 10 до 340 000 нм, причем диапазон длин волн от 10 до 380 нм относят к области ультрафиолетового излучения (УФО), от 380 до 770 нм — к видимой области спектра и от 770 до 340 000 нм — к области инфракрасного излучения. Глаз человека воспринимает наибольшую чувствительность к излучению с длиной волны 540–550 нм (желто-зеленый цвет).

Переход от одной яркости поля зрения к другой требует определенного времени на так называемую адаптацию зрения, которая может составлять при переходе из темного в ярко освещенное помещение 1,5–2 мин, а при обратном переходе — до 5–6 мин, в течение которых человек плохо различает окружающие предметы, что может послужить причиной несчастного случая.

При пульсации светового потока возникает стробоскопический эффект, вследствие чего вращающиеся предметы могут казаться неподвижными или имеющими другое направление вращения, что также может привести к травмам.

Различают искусственное, естественное и совмещенное освещение помещений, т.е. такое, при котором недостаточная естественная освещенность компенсируется искусственными источниками света. Если освещенность на улице ниже 5000 лк, включают искусственное освещение.

Типичные значения освещенности:

- дневное естественное освещение на улице (солнечная погода): 100 000–5000 лк;
- дневное естественное освещение на улице в облачную погоду: около 5000 лк;
- ночное естественное освещение на улице при полнолунии: 0,3–0,1 лк;
- безлунная ночь: 0,01 лк;
- ночное естественное освещение на улице при свете звезд: 0,1–0,003 лк.

Использовать в качестве рабочих помещения, в которых отсутствует естественное освещение, разрешается только в особых случаях, когда это диктуется особенностями производства.

Насколько хорошо или плохо естественное освещение, можно узнать с помощью коэффициента естественной освещенности (КЕО).

Естественное освещение осуществляется за счет прямого и отраженного света неба. Для характеристики естественного освещения используется КЕО.

## 4.2 Механические колебания

**Механические колебания** — это движения, которые точно или приблизительно повторяются через одинаковые промежутки времени.

Существует несколько видов колебаний.

*Вынужденные* колебания возникают под действием внешних сил.. В жизни наиболее распространены вынужденные колебания.

*Собственные* (свободные) колебания совершаются при отсутствии воздействия на колеблющуюся систему из внешней среды и возникают при появлении какого-либо отклонения этой системы от равновесного состояния (в реальных условиях свободные колебания всегда затухающие). Затухание происходит быстрее при большем сопротивлении.

*Автоколебания* возникают в системе, которая имеет запас потенциальной энергии, расходуемый на совершение колебаний (примером такой системы служат механические часы). Характерное отличие автоколебаний от вынужденных колебаний в том, что их амплитуда определяется свойствами самой системы, а не начальными условиями.

**Вибрация** (лат. *vibratio* — колебание, дрожание) — механические колебания твердых тел, оказывающие ощутимое влияние на человека.

В зависимости от способа передачи колебаний человеку вибрацию подразделяют на:

- *общую*, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека;
- *локальную*, передающуюся через руки человека.

Общей вибрации подвергаются транспортные рабочие, операторы мощных штампов, грузоподъемных кранов и некоторых других видов оборудования. Локальной вибрации подвергаются работающие с ручным электрическим и пневматическим механизированным инструментом. В некоторых случаях при работе на строительно-дорожных машинах и транспорте работник может быть подвергнутым общей и локальной вибрации.

Вибрационная болезнь относится к группе профессиональных заболеваний, и эффективное ее лечение возможно лишь на ранних стадиях. Восстановление нарушенных функций протекает очень медленно, а в особо тяжелых случаях в организме наступают необратимые изменения, приводящие к инвалидности. Нервная система и анализаторы (вестибулярный, зрительный, тактильный) страдают в первую очередь при действии на организм общей вибрации. Наиболее значительный источник вибрации в городах — рельсовый транспорт.

### 4.3 Шум

Слышимый звук — это упругие колебания волны, распространяющиеся в твердой, жидкой или газообразной среде в диапазоне частот от 16–20 Гц до 20 кГц. Колебания с частотой ниже 16–20 Гц, называемые *инфразвуком*, и колебания с частотой выше 20 кГц, называемые *ультразвуком*, не слышимы для человека

Инфразвук возникает при землетрясениях, ударах молний, при сильном ветре во время бурь и ураганов. Основные техногенные источники инфразвука: тяжелые станки, ветряные электростанции, вентиляторы, электродуговые печи, поршневые компрессоры, турбины, судовые двигатели, взрывы.

В природе ультразвук встречается в качестве компонентов многих естественных шумов (в шуме ветра, дождя, в шуме гальки, грозовых разрядов).

**Шум** — это нежелательный звук, не несущий полезной информации.

Уровень шума чаще всего измеряют в децибелах (дБ). Человек в дневное время суток может слышать звуки громкостью от 10–15 дБ и выше (сила звука в дБ):

- тихий шелест листьев: 10;
- разговор: шепот — 30; обычный — 40–45; крик, смех — 75;
- шум в офисе: обычно — 50–55; пишущая машинка — 50;
- улица: мотоцикл — 80–85; вагон метро — 95;
- фабрика: тяжелая промышленность — 70–110; цепная пила — 100;
- военная техника: вертолет — 110;
- старт реактивного самолета — 120–140.

Самый большой вклад в общий шумовой фон вносится движением транспорта.

При воздействии шума более 140 дБ возможны разрыв барабанных перепонки, контузия, а при более 160 дБ — смерть.

Шум замедляет реакцию человека на поступающие от технических устройств сигналы, что приводит к снижению внимания и увеличению ошибок при выполнении работ. Шум угнетает ЦНС, вызывает изменения скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, язвы желудка, гипертонической болезни. Шум в бытовых условиях, особенно в ночное время, мешает нормальному отдыху.

Воздействие на человека инфразвука вызывает чувство тревоги, стремление покинуть помещение; ультразвука — головные боли, быструю утомляемость.

Шум в жилых помещениях нормируется ГОСТ 12.1.036-81 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях» на уровне 40 дБ днем и 30 дБ в ночное время. Максимальный допустимый уровень шума в жилой зоне в дневное время и в офисах с программистами — 55 дБ. Максимальный уровень непостоянного шума на рабочих местах не должен превышать 110 дБ, а максимальный уровень звука импульсного шума — 125 дБ. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе. Зоны с уровнем звука более 85 дБ должны быть отмечены соответствующими знаками опасности, а работающие в этих зонах обеспечены средствами индивидуальной защиты.

## 4.4 Электромагнитное поле

**Электромагнитное поле** — особая форма материи, посредством которой осуществляется воздействие между электрическими заряженными частицами. Физические причины существования электромагнитного поля связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле порождает магнитное поле, а изменяющееся магнитное поле — вихревое электрическое поле: обе компоненты  $E$  и  $H$ , непрерывно изменяясь, возбуждают друг друга.

Нервная система одна из самых чувствительных систем в организме человека к воздействию электромагнитного излучения. На уровне нервной клетки, структурных образований по передаче нервных импульсов, на уровне изолированных нервных структур возникают серьезные отклонения при слабом воздействии электромагнитного излучения. Особую высокую чувствительность к электромагнитному излучению проявляет нервная система эмбриона.

**Инфракрасное излучение**, или **инфракрасные лучи** — это электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между красным концом видимого света (с длиной волны  $0,74$  мкм) и коротковолновым радиоизлучением ( $1$ – $2$  мм). Инфракрасную область спектра условно разделяют на ближнюю (от  $0,74$  до  $2,5$  мкм), среднюю ( $2,5$ – $50$  мкм) и далекую ( $50$ – $2000$  мкм)

Для защиты от инфракрасных излучений используют изоляцию горячих поверхностей; охлаждают их или применяют способ «защита расстоянием».

К **лазерному излучению** относится электромагнитное излучение, которое имеет длины волн от  $0,2$  до  $1000$  мкм..

При работе с лазерным излучением различают санитарно-гигиенические, организационно-технические и планировочные меры безопасности. Кроме того, существует лазерно-опасная зона, размеры которой зависят от лазерной установки. Эти зоны ограждаются специальными знаками или экранируются (наиболее эффективный способ). Для индивидуальной защиты применяют очки со специальными светофильтрами.

После того как было обнаружено инфракрасное излучение, немецкий физик Иоганн Вильгельм Риттер начал поиски излучения и в противоположном конце спектра, с длиной волны короче, чем у фиолетового цвета. Многие ученые пришли к соглашению, что свет состоит из трех отдельных компонентов: окислительного или теплового (инфракрасного), осветительного (видимого света) и восстановительного (ультрафиолетового).

Воздействие УФО на кожу, превышающее естественную защитную способность кожи к загару, приводит к ожогам. УФО может приводить к образованию мутаций (ультрафиолетовый мутагенез). Образование мутаций, в свою очередь, вызывает рак кожи (меланому) и преждевременное старение.

УФО практически неощутимо для глаз человека, но при интенсивном облучении вызывает типично радиационное поражение (ожог сетчатки). Для защиты глаз от вредного воздействия УФО используются специальные за-

щитные очки, задерживающие до 100% УФО и прозрачные в видимом спектре.

Основной источник УФО на Земле — Солнце. В настоящее время созданы искусственные источники УФО. Бактерицидное УФО вызывает замедление темпов размножения и вымирание микроорганизмов, так как они теряют способность воспроизводства. Данный механизм распространяется на живые клетки любого организма в целом, именно этим обусловлена опасность жесткого ультрафиолетового излучения.

УФО поставляет энергию для фотохимических реакций в организме. В нормальных условиях солнечный свет вызывает образование небольшого количества активных продуктов фотолиза, которые оказывают на организм благотворное действие. Ультрафиолетовые лучи в дозах, вызывающих образование эритемы, усиливают работу кроветворных органов, ретикуло-эндотелиальную систему. Под действием УФО в коже человека из стероидных веществ образуется жирорастворимый витамин D, физиологическая роль которого заключается в том, что он способствует усвоению кальция.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Освещенность. Ее качественные и количественные показатели. КЕО.
2. Механические колебания. Их разновидности.
3. Основные характеристики и классификация вибрации. Понятие о вибрационной болезни.
4. Звук. Шум и его характеристики. Мероприятия по борьбе с шумом.
5. Электромагнитные поля. Нормирования и мероприятия по защите от воздействия электромагнитных полей.
6. Инфракрасное излучение. Его влияние на организм человека.
7. Ультрафиолетовое излучение. Его влияние на человека и использование в промышленности.
8. ИИ. Его виды и источники. Применение в промышленности и медицине.

### **Вопрос 5 Биологические негативные факторы. Их воздействие на человека**

Следствием биологических опасностей являются различные болезни, травмы разной тяжести, в том числе смертельные.

Исходя из принципа целесообразности, господствующего в природе, можно утверждать, что все живые существа выполняют определенную предназначенную им роль. Но по отношению к человеку некоторые из них являются опасностями.

Знание биологических опасностей — одно из условий успешной защиты человека от опасностей вообще и биологических, в частности. Некоторые виды микроорганизмов являются болезнетворными, или патогенными. Они вызывают болезни растений, животных и человека. Такие болезни, как проказа, чума, тиф, холера, малярия, туберкулез, оспа, бактериальная дизентерия и многие другие, в отдаленные времена уносили тысячи жизней, сея суеверия и страх среди населения. Человечество долгое время не знало, что эти болезни вызываются микроорганизмами. Не было и средств борьбы с заразными болезнями. Поэтому инфекционные заболевания человека иногда приобретали массовое распространение, которое называется эпидемией.

Широкое распространение заразных болезней животных называется *эпизоотией*, а растений — *эпифитотией*.

Среди **патогенных микроорганизмов** различают бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, простейшие.

Простейшие состоят из одной клетки. Чаще всего они обитают в водоемах. Примеры простейших животных: амеба, радиолярия, грегарина, эвглена, трипаносома, миксоспоридия, парамеция.

Бактерии — типичные представители микроорганизмов.

Бактерии вездесущи и выносливы. Их находили в воде гейзеров с температурой около 100 °С, в вечной мерзлоте Арктики, где они пробыли более 2 млн лет, не погибли в открытом космосе, а также под воздействием смертельной для человека дозы радиации.

Есть среди них бактерии-хищники, которые ловят простейших. Некоторые бактерии питаются аммиаком, метаном. Их пытались использовать для «поедания» метана в шахтах. Размножаются бактерии простейшим делением надвое, в благоприятных условиях через каждые 20 мин.

**Бактериальными заболеваниями** являются чума, туберкулез, холера, столбняк, проказа, дизентерия, менингит и др.

**Вирусы** (от лат. *vīrus* — яд) — *мельчайшие неклеточные частицы, состоящие из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки (капсида)*. Форма палочковидная, сферическая и др., размер от 20 до 300 нм и более.

Вирусы — внутриклеточные паразиты; размножаясь только в живых клетках, они используют их ферментативный аппарат и переключают клетку на синтез зрелых вирусных частиц — вирионов. Вирусы мельче бактерий в 50 раз. Они не видны в световом микроскопе. Их не задерживают тончайшие фарфоровые фильтры. Вирусы распространены повсеместно. Вызывают бо-

лезни растений, животных и человека. Изучением вирусов занимается наука вирусология.

Вирусы заражают клетку и заставляют ее помогать их размножению, что, как правило, кончается гибелью клетки. Вирусы в отличие от бактерий размножаются лишь в живых клетках. Поэтому вирусы изучают на уровне организма подопытного животного или культуры клетки.

**Вирусными заболеваниями** являются *оспа, бешенство, грипп, энцефалит, корь, свинка, краснуха, гепатит и др.*

**Бешенство, или водобоязнь**, — смертельная болезнь человека и животных, известная с глубокой древности. Чаще всего бешенство бывает у собак. Болеют бешенством также волки, кошки, крысы, вороны и другие животные.

В 1981 г. в Сан-Франциско (США) были обнаружены люди, больные необычными формами воспаления легких и опухолей. Заболевание заканчивалось смертью. Как выяснилось, у этих больных был резко ослаблен иммунитет организма. Эти люди стали погибать от микробов, которые вызывают в обычных условиях лишь легкое недомогание. Болезнь назвали СПИД — синдромом приобретенного иммунодефицита.

Вирусы СПИДа были одновременно открыты в 1983 г. биологами во Франции и США. Установлено, что вирус СПИДа передается при переливании крови нестерильными шприцами, половым путем, а также при вскармливании ребенка грудным молоком.

Первые полгода — год, а иногда и в течение нескольких лет после заражения у человека незаметно никаких признаков болезни, но он является источником вируса и может заразить окружающих. До сих пор лекарства против СПИДа не найдено. СПИД называют «чумой XX века».

**Эпидемия гриппа** описана Гиппократом еще в 412 г. до н.э. В XX в. были отмечены 3 пандемии гриппа. В январе 1918 г. в Испании появились сообщения об эпидемии гриппа, получившей название «испанка». «Испанка» обошла весь мир, заразив около 1,5 млрд людей, миновала лишь несколько затерянных в океане островков и унесла 20 млн жизней — больше, чем первая мировая война.

В 1957 г. около 1 млрд людей заболели «азиатским гриппом», погибло более 1 млн человек. В 1968-1969 гг. по планете Земля свирепствовал «гонконгский грипп».

Число эпидемий гриппа, как ни странно, с каждым столетием возрастает.

В XV в. было 4 эпидемии, в XVII в. — 7, в XIX в. — уже 45!

**Риккетсии** (от имени американского ученого Ricketts) — мелкие болезнетворные бактерии, размножаются в клетках хозяина (так же, как вирусы). Возбуждают риккетсиозы (сыпной тиф, ку-лихорадку и др.) у человека и животных.

**Риккетсиоз (ку-лихорадка)** — острая инфекционная болезнь человека и животных, вызываемая риккетсиями. Признаки заболевания: головная

боль, слабость, бессонница, боль в мышцах. У животных протекает бессимптомно. Человек заражается от животных.

**Спирохеты** — микроорганизмы, клетки которых имеют форму тонких извитых нитей. Обитают в почве, стоячих и сточных водах. Патогенные спирохеты — возбудители сифилиса, возвратного тифа, лептоспироза и других болезней. Спирохеты — заболевания человека и животных, вызываемые патогенными спирохетами.

**Субстратами биологических опасностей** могут быть элементы среды обитания (воздух, вода, почва), растения, животные, люди, оборудование, инструменты, сырье, перерабатываемые материалы и т. п.

Бактерии живут в воде, в том числе и в горячих источниках, во льдах, в воздухе на различной высоте от земли. Особенно много бактерий в почвах. В одном грамме пахотной почвы находится от 1 до 20 миллиардов микробов.

Микробы сопровождают человека всю жизнь. Без микробов жизнь невозможна. Но патогенные микробы для человека опасны.

Микробы проникают в организм человека в основном тремя путями: через дыхательные органы, пищеварительный тракт и кожу. Заражение через дыхательные пути называется капельной инфекцией.

Переносчиками болезнетворных микробов являются животные и насекомые.

Местом размножения микробов, вырабатывающих токсины, могут быть продукты питания. *Clostridium botulinum* размножается в мясной пище и выделяет ботулинический токсин, очень сильный яд. Болезнетворные микробы сохраняют жизнеспособность в воде очень долго. Но человек не может долго обходиться без воды. Отсюда постоянная угроза инфекции. Сильная эпидемия холеры разразилась в Петербурге в 1908—1909 гг. Причина — попадание сточных вод из канала в водопроводную сеть.

Грибы — обособленная группа низших растений, лишенных хлорофилла и питающихся готовыми органическими веществами. Грибы выделяют в особое царство органического мира. Существует свыше 100 тысяч видов грибов. От бактерий грибы отличает наличие ядра в клетке.

Патогенные грибы вызывают болезни растений, животных и человека. Наука о грибах — микология.

Издавна люди подмечали, что некоторые растения обладают лечебными и ядовитыми свойствами. Но, как утверждал Парацельс, только одна доза делает вещество ядом или лекарством.

**Чибалиха.** Туземцы Южной Америки смазывали свои стрелы ядом кураре. Его получали из растений семейства логаниевых, содержащих стрихнин. Попадая в кровь, стрихнин вызывает паралич спинного мозга и смерть. Наиболее известный представитель этого семейства — чибалиха (рвотный орех), растущая в тропиках. Это небольшое дерево высотой не более 15 м. Но кураре используют и в лечебных целях, например, при укусах змей. Введение кураре в организм в качестве лекарства называется кураризацией.

**Анчар.** В Южной Азии растет анчар ядовитый. Млечный сок его ядовит, но не смертелен.

Такие растения, как наперстянка, олеандр, кокаиновый лист, ядовиты и в то же время из них получают лекарства.

**Белена.** Плоды белены черной представляют опасность. Они содержат алкалоиды, вызывающие помутнение рассудка. Отсюда выражение «белены объелся».

**Табак.** Появление в XV в. табака в Европе связывают с именем француза Жана Нико, который как будто привез семена этого растения с острова Тобаго. Отсюда латинское название табака — *Nicotiana tabacum*. В табаке содержится ядовитый алкалоид никотин.

Смертельная доза никотина содержится примерно в 20 папиросах, но так как она поступает в организм постепенно, смерть курильщика не наступает. Никотин очень быстро разносится по телу курящего. В мозг он попадает через 5—7 с после первой затяжки. Смола, образующаяся при сгорании табака, вызывает опухоли.

Среди курящих рак легких встречается в несколько раз чаще, чем среди некурящих. Один из английских королей так охарактеризовал курение: «Обычай, отвратительный для глаз, ненавистный для носа, вредный для груди, опасный для легких». Было время, когда в России за курение наказывали плетью. Существовал обычай нюхать и жевать табак. Из Америки в Европу завезены многие культуры — картофель, томаты, подсолнечник и др. Табак — самое ненужное из них. Правда, табачную пыль используют с пользой в сельском хозяйстве для борьбы с вредными насекомыми.

**Конопля.** Из смолистых выделений конопли получают опасные наркотики, известные как гашиш, марихуана, анаша, употребление которых приводит к развитию тяжелейшего заболевания — наркомании.

**Крапива.** Весной зеленые щи из молодой крапивы помогают восполнить образовавшийся за зиму недостаток витаминов в организме. Листья крапивы усажены волосками с едким соком. Волоски пропитаны кремнеземом и очень хрупки. При малейшем прикосновении головки волосков обламываются, едкий сок попадает в ранки, вызывая ожоги и раздражения кожи.

**Мак.** Человек начал разводить мак ради съедобных семян, в которых более 50 % отличного масла. Но уже в древности люди делали надрезы на незрелых коробочках мака, из которых выступал белый сок (опий, или опиум). С давних пор, к сожалению, опий используется не только как лекарство, но и как наркотик. Курение опиума унесло тысячи жизней курильщиков и даже послужило причиной опиумных войн. Сейчас посев опийных сортов мака запрещен решением ООН.

Существует ряд садовых растений и цветов, которые ядовиты или настолько токсичны, что вызывают отравление. Большая часть пострадавших — дети, чьи родители не знают об этом.

**Дурман.** Все части этого растения содержат алкалоид с наркотическим эффектом: лучше выдернуть его с корнем, благо его легко отличить по большим воронкообразным цветкам.

**Клещевина.** Семена этого кустарника в крапинку белого и коричневого цвета так красивы, что могут использоваться для ожерелья, пояса и т. д. Однако достаточно прожевать одно семечко, чтобы получить смертельное отравление.

**Олеандр.** Ветки, листья и цветы этого растения содержат смертельный яд.

**Белладонна (сонная дурь).** Содержит соланин — очень ядовитый даже в небольшом количестве.

**Ревень.** Некоторые части этого растения содержат щавелевую кислоту, которая может вызвать нарушение работы почек.

**Бузина.** Неспелые ягоды, ветки, листья вызывают тошноту, рвоту и понос. Из спелых ягод можно делать варенье, а высушенные цветы используют для приготовления отвара.

**Дигиталис (наперстянка).** Из этого растения добывается вещество для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Цветки, листья и семена могут вызывать отравление и нарушение работы сердца.

**Ландыш.** Те же эффекты и свойства, что у дигиталиса.

**Плющ, волчья ягода, лавр, рододендрон, азалия** — растения частично ядовитые.

Рассмотрим некоторые виды животных, которые представляют потенциальную опасность для человека.

**Скорпионы.** Зловещая слава скорпиона связана с его ядовитостью. Для мелких зверьков укус скорпиона смертелен. Для человека укол скорпионьего жала очень болезнен (возникают опухоль, озноб, повышается температура), но жизни не угрожает. Достоверно известно лишь несколько случаев гибели детей, укушенных крупными тропическими скорпионами.

**Пауки.** Паук *каракурт* (в переводе — черная смерть), длиной чуть больше 1 см, один из самых опасных. Смертность от его укусов около 4 %. Укус каракурта вызывает психическое возбуждение укушенного, боли во всем теле, нарушение работы сердца и затрудненное дыхание. Специальная противокаракуртовая сыворотка не всегда доступна. В полевых условиях рекомендуется сразу после укуса прижигать ранку спичкой. Яд паука при нагревании разрушается.

Другие опасные пауки (например, *тарантул*) серьезной угрозы для человека не представляют, хотя укус их болезнен.

**Клещи.** Мало кто испытывает симпатию к этим маленьким существам. Ведь они питаются кровью крупных зверей и человека. Присосавшегося клеща нельзя вытаскивать. Его головка останется в коже и вызовет воспаление, более опасное, чем сам укус. Лучше обильно смочить клеща спиртом или одеколоном и клещ сам отпадет.

Весьма зловредны крошечные чесоточные клещи, вызывающие болезнь — чесотку.

Главный вред клещей — не в их укусах, а в переносимых ими болезнях, например клещевом энцефалите. Надежной защитой от этой болезни являются прививки.

**Змеи.** Самой ядовитой змеей на свете долгое время считался австралийский *тайпан*.

Все известные случаи укуса человека тайпаном заканчивались гибелью укушенного. По новым исследованиям, более ядовитыми считаются *тигровые* и *морские змеи*.

**Гюрза** — большая гадюка, длиной до 2 м, эта змея опасна для человека.

**Королевская кобра**, или гамадриад, самая длинная ядовитая змея на Земле. Рекордная длина составляет 5,7 м. Укушенный ею человек может умереть очень быстро, всего через полчаса после укуса.

Интересны плюющие кобры Африки. Плюются они ядом, вылетающим тонкими струйками из зубов под давлением мышц. Дальность плевка — 2—3 м, заряд — до 4 мг яда. Подряд кобра может сделать до 30 плевков. Причем плевки меткие, последствия плевков печальные.

Змей очень много. Лишь небольшая часть из них является ядовитой. Укусить могут, только защищаясь. Яд змеи действует только при попадании в кровь. Змеиный яд используется в медицине. Сейчас существуют специальные змеепитомники (серпентарии), где у змей получают яд.

**Хищники** — волки, медведи, львы, гиены, тигры, леопарды и другие, при определенных условиях могут представлять опасность для человека.

### Вопросы для самоконтроля знаний

1. Характеристика патогенных микроорганизмов. Их негативное влияние на человека
2. Что может быть субстратами биологических опасностей?
3. Макроорганизмы и их негативное влияние на человека

## Вопрос 6 Синдром умственно эмоционального перенапряжения

**Синдром умственно-эмоционального (нервного) перенапряжения** физиологи расценивают как качественно новое нозологическое (определенное) состояние организма, находящееся между нормальными и патологическими реакциями. Новое физиологическое качество нервного перенапряжения заключается в том, что оно в определенных неблагоприятных условиях и на определенных этапах может смениться болезнью.

В связи с этим перед физиологами стоят актуальные задачи, требующие решения в ближайшее время: выявление психофизиологических механизмов перехода от нормы до возникновения нервного перенапряжения под влиянием хронического эмоционального стресса; определение условий, при которых хронический эмоциональный стресс может стать причиной нарушений компенсаторных механизмов организма; определение позитивного и негативного психофизиологического статуса при влиянии кратковременного и хронического эмоционального стресса в трудовой деятельности человека.

Наиболее ранние признаки расстройства сложных функциональных систем, в том числе и перенапряжения, выходящие за пределы нормы, не улавливаются современными диагностическими средствами. Внешне обнаружить переходную стадию между здоровым организмом и организмом, в котором только начинают проявляться предвестники перенапряжения, почти невозможно, так как структурно-функциональные изменения носят скрытый характер и проявляются обычно в экстремальных ситуациях.

Автоматизация, механизация, интенсификация производственных процессов и информационные перегрузки со стрессами сами по себе не являются вредными (патогенными). Для человека умственного труда имеет значение не столько объективная трудность производственных и учебных процессов, сколько незнание, как работать, как правильно использовать большие резервы своего мозга и как реализовать личностные особенности в выполняемой работе. Таким образом, нервное перенапряжение не является фатальной неизбежностью.

Функциональные изменения в нервной системе или других органах, имеющие болезненный характер, которые хотя и не вызывают полной нетрудоспособности, но воздействуют на поведение человека, повышая подверженность опасности (сердечные заболевания, сахарный диабет, периодические приступы слабости, недомогания, головные боли, бессонница, подавленность, депрессия, раздражительность и т. п.).

Различные изъяны органов чувств, например, частичная потеря зрения, глухота и т. п., устойчиво повышают подверженность опасности. Нарушения связи между сенсорными и двигательными центрами высших отделов нервной системы приводят к тому, что человек неспособен с должной быстротой и точностью реагировать на внешние воздействия, что играет главную роль в возникновении большинства НС. Неточные, поспешные или запаздывающие действия и движения — причина многих травм.

Дефекты, возникающие в согласованности, координации движений, проявляются в неловкости. Мышцы, выполняющие те или иные движения, управляются из различных двигательных центров коры головного мозга. У многих людей деятельность этих центров протекает с недостаточной согласованностью, в результате чего при выполнении рабочих действий, состоящих из сложных, комбинированных движений, можно наблюдать некоторую разорванность: временами человек как бы теряется, пропускает некоторые движения, зато появляются лишние, совсем ненужные для этой операции; в таких случаях несогласованность движений сочетается с дефектами внимания и состоянием эмоциональной стесненности.

Людей с неуверенными движениями по возможности не следует использовать на опасных и сложных работах.

На подверженность опасности влияет неуравновешенность эмоциональных процессов человека, например, повышенная эмоциональная неустойчивость, неожиданные смены радости и злобы, острые эмоциональные реакции, вспышки раздражительности и гнева на незначительные внешние раздражения, необдуманность поступков, либо замедленность, заторможенность, чрезмерная растерянность человека («стресс кролика», т. е. человек, как кролик перед удавом, замирает, заторможен в трудной ситуации). Все эти проявления эмоциональной неустойчивости резко усиливают опасность травм и даже гибели людей.

На подверженность опасности влияют такие врожденные свойства нервной системы, как ее слабость и инертность. Слабая нервная система характеризуется повышенной восприимчивостью к любым раздражителям, повышенной утомляемостью, снижением работоспособности в напряженных ситуациях, повышенной эмоциональной неустойчивостью и склонностью к состоянию «стресса кролика», к растерянности и страху. Слабая нервная система обуславливает проявления темперамента меланхолика. Инертная нервная система характеризуется малой скоростью протекания психических, мыслительных процессов, низкой скоростью движения, замедленностью переключения внимания с одного вида деятельности на другой, вследствие чего человек в сложных ситуациях не успевает сориентироваться, принять решение и выполнить нужные действия.

Для профессий, где высока вероятность возникновения экстремальных ситуаций, требующих быстрого решения (диспетчеры аэропорта, диспетчеры энергосистем, операторы АСУ, летчики, водители и т. п.), люди со слабой инертной нервной системой могут быть аварийно опасны: погибнут сами и погубят других. Таким образом, учет свойств нервной системы и особенностей темперамента важен для снижения аварий в указанных профессиях.

Устойчиво повышают подверженность НС пагубные пристрастия к алкоголю, наркотикам, которые отрицательно влияют на мышление, поведение и другие сферы психической жизни человека.

Повышают подверженность травмам неудовлетворенность человека своей работой, отсутствие интереса к ней, так как в этом случае он не спосо-

бен психологически сосредоточить свое внимание на точном выполнении трудовых действий, и возрастает вероятность неверных опасных действий.

Неопытность, недостаточная профессиональная подготовленность часто бывают причинами травм. Неопытность приводит к повышению вероятности ошибок, вызывающих НС, к переживанию, неуверенности, тревоге вследствие осознания того, что могут произойти ошибки. И это постоянное нервное напряжение приводит к быстрому утомлению и появлению новых ошибок. Повысив свой профессионализм, накопив опыт, человек гораздо меньше подвержен опасности НС.

Неосторожность, проявленная даже в течение небольшого промежутка времени, может иметь трагические последствия. Действия работника можно считать неосторожными, если он невнимателен при выполнении работы, требующей концентрации внимания, переключает его на посторонние предметы и явления или на свои мысли и переживания, не связанные с работой; если не согласует свои движения и поступки с требованиями ситуации и особенностями производственного процесса; если по какой-либо причине не пользуется защитными приспособлениями. Способность человека к осторожности, осмотрительности проявляется в следующих формах: рациональное управление своим вниманием; правильное использование, когда необходимо, сознательного контроля за своими трудовыми действиями, а когда возможно и допустимо — полагается на выработанные автоматические; дисциплинированность, точность использования средств защиты, поддержание порядка на рабочем месте, контроль исправности оборудования.

Опасность НС возрастает при воздействии следующих неблагоприятных факторов: информационные помехи, информационная перегрузка (человек не смог правильно принять нужную информацию, и это привело к ошибке) либо информационная недогрузка (информация отсутствовала или была недостаточна для выбора правильного действия, либо человек потерял бдительность в монотонных условиях отсутствия значимой информации) выступают как факторы риска при приеме информации; факторы риска при обработке информации (неадекватность восприятия, отрицательные установки, предубеждения и пр.); факторы риска при принятии решений и реализации решений (недостаток информации, лимит времени на принятие решения, неадекватность сенсомоторных реакций, затрудненность действий вследствие неудобного оборудования, неудобного рабочего места и т. д.). Указанные факторы могут играть не только временную роль в повышении риска НС, но и длительно усиливать риск вследствие эргономического несоответствия оборудования, техники, средств отображения информации, объема информационного потока психологическим возможностям и способностям человека по приему, переработке информации, реализации действий. В этом случае для повышения надежности работы человека и техники, для снижения несчастных случаев необходимо осуществить эргономическую оптимизацию оборудования, рабочего места, оптимизацию информационной нагрузки.

Подверженность НС зависит от функционального состояния человека.

Под функциональным состоянием понимают комплекс характеристик физиологических и психологических процессов, определяющих уровень активности органов и систем организма, особенности жизнедеятельности, работоспособности и поведения человека.

Психическое состояние — целостная характеристика психической деятельности за определенный промежуток времени, показывающая своеобразие протекания психических процессов в зависимости от отражаемых явлений окружающего мира, предшествующего состояния и психических свойств личности. В группе психических состояний особо выделяют эмоциональные. Отметим, что рост работоспособности может быть вызван не только положительными, но и отрицательными эмоциями, а положительные эмоции могут явиться причиной понижения работоспособности, надежности в работе. Например, К. К. Платонов приводит примеры гибели летчиков при посадке самолета на аэродром в результате снижения бдительности из-за положительных эмоций.

Некоторые эмоциональные состояния (например, сильная яркость) могут стимулировать резкое повышение работоспособности, связанной с большими нагрузками, и понижение эффективности некоторых видов операторского труда, работы корректоров и др.

Выделяют эмоциональное возбуждение, эмоциональное напряжение и эмоциональную напряженность.

Эмоциональное возбуждение — активизация различных функций организма в ответ на эмоциогенные (т. е. стимулирующие эмоции) факторы; оно обычно не связано с активными волевыми действиями.

Эмоциональное напряжение — состояние, характеризующее активизацией различных функций организма в связи с активными волевыми актами, целенаправленной деятельностью или подготовкой к ней, ожиданием какой-либо деятельности или опасности.

Эмоциональные возбуждение и напряжение могут перерасти в эмоциональную напряженность — состояние, характеризующее такой степенью эмоциональных реакций, которая вызывает временное понижение устойчивости психических процессов и профессиональной работоспособности. Таким образом, если возбуждение и напряжение представляют собой процессы усиления многочисленных функций организма и это биологически целесообразно, то при напряженности возникает выраженная диссоциация, дискоординация функций организма, снижение надежности, продуктивности в работе или полная утрата работоспособности.

Напряженность может проявляться в различных формах:

- в тормозной — в виде общей заторможенности вплоть до полного ступора (состояния оцепенелости);
- в возбудительной, импульсивной — с ошибочными, неосмысленными, хаотическими действиями, действиями «наоборот»;
- в диффузной форме, сочетающей или чередующий вышеуказанные два вида напряженности.

Характерными проявлениями напряженности являются временное ухудшение восприятия, уменьшение объема внимания, памяти, ошибочное, искаженное воспроизведение в памяти, снижение логичности, критичности мышления, вплоть до абсурдности, резкое ухудшение координации, точности, быстроты действий.

При преодолении напряженности перечисленные нарушения исчезают.

Способность к действиям без напряженности или, наоборот, предрасположенность к развитию состояния напряженности определяются уровнем эмоциональной устойчивости человека, особенностями нервной системы.

Как эмоциональное состояние может быть рассмотрена фрустрация, вызываемая объективно непреодолимыми препятствиями, трудностями на пути к достижению желаемой и очень важной цели.

Состояние фрустрации, кроме различных физиологических и психологических реакций по типу эмоциональной напряженности или нервного «срыва», проявляется также в агрессивности, подчеркнутой враждебности в поведении, выраженной грубости, желании «сорвать на ком-то зло» (агрессивная фрустрация). Но фрустрация иногда проявляется и в противоположных реакциях: депрессия, пониженная активность («руки опускаются»), самобичевание, обвинение себя в неудаче («я во всем виноват, бить меня некому», «я ни на что не гожусь») или же в особых формах капризного поведения.

Одно из характерных ее проявлений состоит в упрямом повторении бесплодных действий, в повторении ошибок, приводящих к несчастным случаям. Однажды пережитый НС часто вызывает такое остаточное психическое фрустрирующее воздействие, которое еще больше увеличивает подверженность опасности. Так, человек, пострадавший однажды от НС на какой-то определенной фазе рабочего процесса, может постоянно испытывать при приближении этой фазы непреодолимое чувство страха, депрессии, а проявляющаяся вместе со страхом неуверенность движений может вновь приводить к ошибкам, которые могут повлечь за собой повторение НС. Статистика подтверждает, что среди лиц, переживших НС, часто бывают повторные травмы. Для снятия остаточных фрустрирующих следов пережитой травмы может быть полезна своевременно проведенная психотерапия.

Факторы, определяющие развитие эмоциональных состояний, бывают внешние и внутренние.

**Внешние, экстремальные факторы** — это такие физические или информационные характеристики, которые ведут к развитию крайней степени напряжения физиологических и психологических функций с полным исчерпанием всех физиологических резервов. В случае формирования адекватной реакции, направленной на преодоление действия экстремального фактора или на поддержание необходимого уровня деятельности при продолжении действия экстремальности, как правило, наблюдается состояние эмоционального напряжения, мобилизации ресурсов.

Однако развитие реакции тревоги, характеризующей тенденцию ухода от экстремального фактора, неспособность к мобилизации функций ведут к появлению различных степеней эмоциональной напряженности, вплоть до нервного срыва, деградации поведения или гибели. Повышенный уровень тревожности человека может ускорять появление эмоциональной напряженности и срыва деятельности.

К внутренним эмоциогенным факторам относятся такие характеристики нервной деятельности, как темперамент, уровень тревожности, ригидности (способности перестройки поведения), фрустрированности, невротичности (функциональных патологических нарушений нервной системы) личности и т. п. Они, как правило, определяют уровень той или иной реакции человека.

Выделяют **состояние стресса**, когда человек подвергается самым различным воздействиям (механические повреждения, инфекция, большие физические нагрузки, термические, психогенные, вредные и опасные воздействия, серьезные конфликты и неудачи и другие воздействия).

Организм отвечает обычно однотипными реакциями, включающими в себя стадию тревоги, повышенной сопротивляемости организма и стадию истощения.

**Стадия тревоги** состоит из двух фаз: *шока* — общее понижение функций; *противошока* — общее повышение функций не только нейрорефлекторных, но и гормональных реакций в организме, за счет резкого увеличения выработки ряда гормонов (адреналин, норадреналин и др.), которые вызывают изменения в деятельности сердечной, дыхательной, мышечной, кровеносной, иммунной систем организма для мобилизации всех ресурсов.

**Стадия повышенной сопротивляемости организма** может длиться от нескольких минут до нескольких часов.

И, наконец, **стадия истощения**, появления нарушений в организме под действием избытка гормонов (спазм сосудов, головные боли, повышение давления, инфаркты, инсульты, язвы желудка и другие проявления).

Как показали исследования американских психологов, человек может без значимого ущерба для здоровья выдержать лишь определенное количество стрессов; но у каждого свой уровень стрессоустойчивости, превысив который, человек приобретает острые, хронические соматические и нервные заболевания, вплоть до смертельного исхода.

### Вопросы для самоконтроля знаний

1. Что такое «синдром умственно-эмоционального перенапряжения»?
2. Функциональные изменения в нервной системе и в других органах при синдроме умственно эмоционального перенапряжения
3. Психическое состояние человека. Его характеристики
4. Эмоциональные состояния (возбуждения и напряжения)
5. Формы эмоциональной напряженности

6. Что такое «фрустрация»?
7. Внешние, экстремальные факторы, определяющие развитие эмоционального состояния
8. Внутренние эмоциогенные факторы
9. Виды ответа организма на стресс: стадия тревоги, стадия повышенной сопротивляемости

## Вопрос 7 Характеристики природных ЧС

**Стихийные бедствия** – природные явления, создающие катастрофические экологические ситуации и, как правило, сопровождаются нарушением условий жизнедеятельности населения, огромными людскими и материальными потерями.

По происхождению стихийные бедствия делят на эндогенные и экзогенные. **Эндогенные стихийные бедствия** связаны с внутренней энергией Земли (землетрясения, цунами, извержения вулканов). **Экзогенные стихийные бедствия** обусловлены солнечной энергией и силой тяжести (наводнения, штормы, тропические штормы, оползни, засухи и др.)

### 7.1 Эндогенные стихийные бедствия

#### 7.1.1 Землетрясения

Землетрясение - подземные толчки и колебания земной коры, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре и в мантии, вызванные освобождением потенциальной энергии земных недр.

Область возникновения подземного толчка в толще Земли называется очагом землетрясения. В его пределах происходит процесс высвобождения накопившейся энергии. Участок земли, из которого исходят волны землетрясения называют центр землетрясения (центр). В центре очага условно выделяется точка – гипоцентр, его проекция на поверхность земли называется эпицентром.

По происхождению землетрясения подразделяют на тектонические, вулканические, обвальные. Первые связаны с тектоническими движениями земной коры и мантии, вторые – с извержениями вулканов, третьи – с обвалами. Большинство землетрясений тектонического происхождения. По глубине расположения очага землетрясения выделяют поверхностные, или обыкновенные (до 70 км), промежуточные (от 70 до 300 км) и глубокие (глубже 300 км) землетрясения. Большинство землетрясений являются поверхностными. Глубже 720 км землетрясений зарегистрировано не было. Свыше 75% энергии, выделенной при землетрясениях, принадлежит поверхностным и только 3% – глубоким.

Землетрясения по тяжести медико-санитарных последствий занимают ведущее место среди стихийных бедствий

При оценке количества энергии, выделяющейся при землетрясении, рекомендовано применять единую 12-балльную шкалу М5К-64. К большим разрушениям и жертвам приводят землетрясения в 6 баллов и выше.

По силе землетрясения делят на слабые и сильные. К сильным относят землетрясения с магнитудой более 5,5. Ежегодно на Земле происходят сотни тысяч землетрясений, из них одно катастрофическое и десять сильно разрушительных землетрясений. Последние отличаются чрезвычайно высокой

энергией. Так, энергия Гималайского землетрясения в высокогорной части Тибета в 1950 г. была эквивалентна энергии взрыва 100 тыс. атомных бомб. Поэтому вполне естественно, что землетрясениям принадлежит первое место по причиняемому экономическому ущербу и одно из первых мест по числу жертв.

Наиболее известные катастрофические землетрясения XX века: Калифорнийское (1906 г., погибло 700 тыс. человек), Мессинское (1908 г., 82 тыс. человек), Токийское (1923 г., 140 тыс. человек), Китайское (1976 г., около 150 тыс. человек), Мексиканское (1985 г., 10 тыс. человек), Армянское (1988 г., более 25 тыс. человек) и Турецкое (1999 г., 16 тыс. человек).

25% территории России считается сейсмически опасным. В России к наиболее опасным сейсмическим районам относятся Кавказ, Алтай, Забайкалье, Дальний Восток, Сахалин, Курильские острова, Камчатка. Постоянной угрозе разрушительных землетрясений подвержено 20% территории страны.

При объявлении об угрозе землетрясения на улице необходимо занять место вдалеке от строений, мостов и линий передач. Если землетрясение застало вас в помещении, самое надежное укрытие - вентиляционные шахты и коробки.

### 7.1.2 Цунами

Огромные, разрушительной силы волны, возникающие при локальном изменении уровня воды вследствие подводных землетрясений (с магнитудой более 7.. Они распространяются во все стороны от места возникновения со скоростью до 1000 км/ч. В открытом Океане длина цунами измеряется сотнями километров (до 400) при высоте около 1 м (до 3 м). Поэтому в открытом Океане они обычно незаметны для судов. У берегов скорость цунами уменьшается, а высота увеличивается до 30 м и более. Наиболее высокие волны, до 30—40 метров, образуются у крутых берегов, в клинообразных бухтах и во всех местах, где может произойти фокусировка. Районы побережья с закрытыми бухтами являются менее опасными. Цунами обычно проявляется как серия волн, так как волны длинные, то между приходами волн может проходить более часа. Именно поэтому не стоит возвращаться на берег после ухода очередной волны, а стоит выждать несколько часов.

Обрушиваясь на берег, эти волны вызывают катастрофические разрушения, уносят человеческие жизни, причиняют миллионные убытки. В результате землетрясения распространяется несколько волн. Более 80 % цунами возникают на периферии Тихого океана

Начиная с VII в., зарегистрировано около 150 цунами. Большинство цунами возникает в Тихом океане. Крупнейшее из наблюдавшихся цунами произошло у побережья Индонезии в 2004 г. Количество человеческих жертв по некоторым оценкам составило более 300 тыс.

В России воздействию цунами подвержены Камчатка, Курильские и Командорские острова и частично Сахалин. За последние 200 лет отмечены 14 цунами, 4 из них были катастрофическими.

Первое научное описание явления дал Хосе де Акоста в 1586 в Лиме, Перу, после мощного землетрясения, тогда цунами высотой 25 метров ворвалось на сушу на расстояние 10 км.

### ***Причины образования цунами***

Землетрясения, извержения вулканов и другие подводные взрывы (в том числе взрывы подводных ядерных устройств), оползни, ледники, метеориты и другие разрушения выше или ниже уровня воды — всё перечисленное сопровождается резким смещением (поднятием или опусканием) участка морского дна, что и является основной причиной цунами.

### **Наиболее распространённые причины**

1. *Подводное землетрясение* (около 85 % всех цунами). При землетрясении под водой происходит взаимное смещение дна по вертикали: часть дна опускается, а часть приподнимается. Поверхность воды приходит в колебательное движение по вертикали, стремясь вернуться к исходному уровню, — среднему уровню моря, — и порождает серию волн. Далеко не каждое подводное землетрясение сопровождается цунами. Цунамигенным (то есть порождающим волну цунами) обычно является землетрясение с неглубоко расположенным очагом. Проблема распознавания цунамигенности землетрясения до сих пор не решена, и службы предупреждения ориентируются на магнитуду землетрясения. Наиболее сильные цунами генерируются в зонах субдукции. Также, необходимо чтобы подводный толчок вошёл в резонанс с волновыми колебаниями.
2. *Оползни*. Цунами такого типа возникают чаще, чем это оценивали в XX веке (около 7 % всех цунами). Зачастую землетрясение вызывает оползень, и он же генерирует волну. 9 июля 1958 года в результате землетрясения на Аляске в бухте Литуйя возник оползень. Масса льда и земных пород обрушилась с высоты 1100 м. Образовалась волна, достигшая на противоположном берегу бухты высоты более 524 м.<sup>[8][9]</sup> Подобного рода случаи весьма редки и, конечно, не рассматриваются в качестве эталона. Но намного чаще происходят подводные оползни в дельтах рек, которые не менее опасны. Землетрясение может быть причиной оползня и, например, в Индонезии, где очень велико шельфовое осадконакопление, оползневые цунами особенно опасны, так как случаются регулярно, вызывая локальные волны высотой более 20 метров.
3. *Вулканические извержения* (около 5 % всех цунами). Крупные подводные извержения обладают таким же эффектом, что и землетрясения. При сильных вулканических взрывах образуются не только волны от взрыва, но вода также заполняет полости от извергнутого материала или даже кальдеру, в результате чего возникает длинная волна. Классический пример — цунами, образовавшееся после извержения Крака-

тау в 1883 году. Огромные цунами от вулкана Кракатау наблюдались в гаванях всего мира и уничтожили в общей сложности 5000 кораблей, погибло 36 000 человек<sup>1</sup>.

#### 4. Другие возможные причины

- Человеческая деятельность. В век атомной энергии у человека в руках появилось средство вызывать сотрясения, раньше доступные лишь природе. В 1946 году США произвели в морской лагуне глубиной 60 м подводный атомный взрыв с тротиловым эквивалентом 20 тыс. тонн. Возникшая при этом волна на расстоянии 300 м от взрыва поднялась на высоту 28,6 м, а в 6,5 км от эпицентра ещё достигала 1,8 м. Но для дальнего распространения волны нужно вытеснить или поглотить некоторый объём воды, поэтому волны от подводных оползней и взрывов всегда имеют локальный характер. Если одновременно произвести взрыв нескольких водородных бомб на дне океана, вдоль какой-либо линии, возможно образование более высокой волны, за счёт кумулятивного эффекта, но не попадающее в категорию цунами в силу того, что для формирования цунами требуется сдвиг всей толщи воды, тогда как взрыв формирует только поверхностные волны. Компьютерное моделирование таких экспериментов проводилось и доказало отсутствие каких-либо существенных результатов по сравнению с более доступными видами вооружений. В настоящее время любые подводные испытания атомного оружия запрещены серией международных договоров.
- Падение крупного небесного тела (крупный — с размерами около 1 км в диаметре и более) может вызвать огромное цунами, так как, имея огромную скорость падения (десятки километров в секунду) и массу (миллиарды тонн и более), данные тела имеют колоссальную кинетическую энергию, что может быть эквивалентно взрыву миллиарда тонн тротилового эквивалента. Эта энергия передаётся воде, следствием чего и будет волна.
- Ветер может вызывать большие волны (до 21 м), но такие волны не являются цунами, так как они короткопериодные и не могут вызывать затопления на берегу. Однако возможно образование метео-цунами при резком изменении атмосферного давления или при быстром перемещении аномалии атмосферного давления. Такое явление наблюдается на Балеарских островах и называется риссага (en:Rissaga).

#### **Признаки появления цунами**

- Внезапный быстрый отход воды от берега на значительное расстояние и осушка дна. Чем дальше отступило море, тем выше могут быть волны цунами. Люди, находящиеся на берегу и не знающие об опасности, могут остаться из любопытства или для сбора рыбы и ракушек. В данном случае необходимо как можно скорее покинуть берег и удалиться от него на максимальное расстояние — таким правилом следует руководствоваться, находясь, например, в Японии, на Индоокеанском побере-

жье Индонезии, Камчатке. В случае телецунами волна обычно подходит без отступления воды.

- Землетрясение. Эпицентр землетрясения находится, как правило, в океане. На берегу землетрясение обычно гораздо слабее, а часто его нет вообще. В цунамиопасных регионах есть правило, что если ощущается землетрясение, то лучше уйти дальше от берега и при этом забраться на холм, таким образом заранее подготовиться к приходу волны.
- Необычный дрейф льда и других плавающих предметов, образование трещин в припае.
- Громадные взбросы у кромок неподвижного льда и рифов, образование толчеи, течений.

Может быть непонятным, почему цунами высотой несколько метров оказалось катастрофическим, в то время, как волны той же (и даже значительно большей) высоты, возникшие во время шторма, к жертвам и разрушениям не приводят. Можно назвать несколько факторов, которые приводят к катастрофическим последствиям:

- ✓ В открытом море высота волны как правило не превышает 1 м., но ее скорость составляет 200 м/с, волна со скоростью реактивного самолета пролетит весь Тихий океан, за несколько часов, при этом ее кинетическая энергия практически не ослабнет. Например в 2004 году волна возникшая в результате землетрясения, ударила по побережью Индонезии, а спустя чуть более 4 часов, волна пересекла весь Индийский океан достигла берегов Африки. Таким образом, действие цунами не опасно в открытом океане
- ✓ Высота волны у берега в случае цунами, вообще говоря, не является определяющим фактором. В зависимости от конфигурации дна возле берега, явление цунами может пройти вовсе без волны, в обычном понимании, а как серия стремительных приливов и отливов, что также может привести к жертвам и разрушениям.
- ✓ Во время шторма в движение приходит лишь поверхностный слой воды. Во время цунами — вся толща воды, от дна до поверхности. При этом на берег при цунами выплещивается объем воды, в тысячи раз превышающий штормовые волны. Стоит также учесть тот факт, что длина гребня штормовых волн не превышает 100—200 метров, при этом у цунами длина гребня распространяется по всему побережью, а это не одна тысяча километров.
- ✓ Скорость волн цунами, даже у берега, превышает скорость ветровых волн. Кинетическая энергия у волн цунами также в тысячи раз больше.
- ✓ Цунами, как правило, порождает не одну, а несколько волн. Первая волна, не обязательно самая большая, смачивает поверхность, уменьшая сопротивление для последующих волн.
- ✓ При шторме волнение нарастает постепенно, люди обычно успевают отойти на безопасное расстояние до прихода больших волн. Цунами приходит внезапно.

- ✓ Разрушение от цунами может возрасти в гавани — там, где ветровые волны ослабляются, а следовательно, жилые постройки могут стоять у самого берега.
- ✓ Отсутствие у населения элементарных знаний о возможной опасности. Так, во время цунами 2004 года, когда море отступило от берега, многие местные жители оставались на берегу — из любопытства или из желания собрать не успевшую уйти рыбу. Кроме того, после первой волны многие возвращались в свои дома — оценить ущерб или попытаться найти близких, не зная о последующих волнах.
- ✓ Система оповещения о цунами есть не везде и срабатывает не всегда.
- ✓ Разрушение береговой инфраструктуры усугубляет бедствие, добавляя катастрофические техногенные и социальные факторы. Затопление низменностей, долин рек приводит к засолению почв.

### **Системы предупреждения цунами**

Системы предупреждения цунами строятся главным образом на обработке сейсмической информации. Если землетрясение имеет магнитуду более 7,0 (в прессе это называют баллами по шкале Рихтера, хотя это ошибка, так как магнитуду не измеряют в баллах. Измеряют в баллах балльность, характеризующую интенсивность сотрясения грунта во время землетрясения) и центр расположен под водой, то подаётся предупреждение о цунами. В зависимости от региона и заселённости берегов условия выработки сигнала тревоги могут быть различными.

Вторая возможность предупреждения о цунами это предупреждение «по факту» — способ более надёжный, так как практически отсутствуют ложные тревоги, но часто такое предупреждение может быть выработано слишком поздно. Предупреждение по факту полезно для телецунами — глобальных цунами, оказывающих влияние на весь океан и приходящих на другие границы океана спустя несколько часов. Так, индонезийское цунами в декабре 2004 года для Африки является телецунами. Классическим случаем являются Алеутские цунами — после сильного заплеска на Алеутах можно ожидать существенный заплеск на Гавайских островах. Для выявления волн цунами в открытом океане используются придонные датчики гидростатического давления. Система предупреждения, основанная на таких датчиках со спутниковой связью с приповерхностного буя, разработанная в США. Обнаружив волну тем или иным образом, можно достаточно точно определить время её прибытия в различные населённые пункты.

Существенным моментом системы предупреждения является своевременное распространение информации среди населения. Очень важно, чтобы население представляло, какую угрозу несёт с собой цунами. В Японии имеется множество образовательных программ по природным катастрофам, а в Индонезии население в основном не знакомо с цунами, что и стало основной причиной большого количества жертв в 2004 году. Также большое значение имеет законодательная база по застройке прибрежной зоны.

### **Наиболее крупные цунами XX век**

- 5.11.1952 Северо-Курильск. Вызвано мощным землетрясением (оценка магнитуды по разным источникам колеблется от 8,3 до 9), которое произошло в Тихом океане в 130 километрах от побережья Камчатки. Три волны высотой до 15—18 метров (по разным источникам) уничтожили город Северо-Курильск и нанесли ущерб ряду прочих населённых пунктов. По официальным данным, погибло более двух тысяч человек.
- Аляска. Вызвано землетрясением с магнитудой 9,1, произошедшим на Андреяновских островах (Аляска), которое вызвало две волны, со средней высотой волн 15 и 8 метров соответственно. Кроме того в результате землетрясения проснулся вулкан Всевидова, расположенный на острове Умнак и не извергавшийся около 200 лет. В катастрофе погибло более 300 человек.
- 9.07.1958, залив Литуйя, (юго-запад Аляски). Землетрясение, произошедшее севернее залива (на разломе Фэруэтер), инициировало сильные оползни на склоне, расположенном над бухтой Литуйя горы (около 300 миллионов кубических метров земли, камней и льда). Вся эта масса завалила северную часть бухты и вызвала огромную волну рекордной высоты около 150 метров, движущуюся со скоростью 160 км/ч. Максимальная высота, на которой были зафиксированы разрушения, вызванные волной, составляла 524 метра над уровнем моря.
- 28.03.1964, Аляска, (США). Крупнейшее на Аляске землетрясение (магнитудой 9,2), произошедшее в проливе Принца Уильяма, вызвало цунами из нескольких волн, с наибольшей высотой — 67 метров. В результате катастрофы (в основном, из-за цунами) по разным оценкам погибло от 120 до 150 человек.
- 17.07.1998, Папуа-Новая Гвинея. Землетрясение с магнитудой 7,1, произошедшее на северо-западном побережье острова Новая Гвинея, вызвало мощный подводный оползень, породивший цунами, в результате которого погибло более 2000 человек.
- Землетрясение в Индийском океане в 2004 году. Произошло мощнейшее землетрясение — второе по мощности из всех зарегистрированных (магнитудой 9,3), вызвавшее самое смертоносное из всех известных цунами. От цунами пострадали страны Азии (Индонезия — 180 тыс. человек, Шри-Ланка — 31—39 тыс. человек, Таиланд — более 5 тыс. человек и др.) и африканская Сомали. Общее количество погибших превысило 235 тыс. человек.
- 9 января 2005 года, острова Идзу и Миякэ (восток Японии). Землетрясение магнитудой 6,8 вызвало цунами с высотой волны 30—50 см. Однако, благодаря своевременному предупреждению, население из опасных районов было эвакуировано.
- 2 апреля 2007, Соломоновы острова. Вызвано землетрясением магнитудой 8, произошедшим в южной части Тихого океана. Волны в не-

сколько метров высотой достигли и Новой Гвинеи. Жертвами цунами стали 52 человека.

- 11 марта 2011, Япония. Сильнейшее землетрясение магнитудой 9,0 с эпицентром, находящимся в 373 км северо-восточнее Токио, вызвало цунами с высотой волны, превышавшей 40 метров. По полученным данным, гипоцентр землетрясения находился на глубине 32 км. Очаг землетрясения находился к востоку от северной части острова Хонсю и простирался на расстояние около 500 км, что видно из карты. Кроме того, землетрясение и последовавшее за ним цунами стали причиной аварии на АЭС Фукусима I. По состоянию на 2 июля 2011 года официальное число погибших в результате землетрясения и цунами в Японии составляет 15 524 человек, 7 130 человек числятся пропавшими без вести, 5 393 человек ранены.

### **Суперцунами**

Некоторыми специалистами высказывается мнение, что главной причиной, вызывающей особенно сильные, так называемые суперцунами, — это падение на поверхность планеты небесных тел. По их мнению, прослеживается закономерность в резких климатических изменениях на границе плейстоцена и голоцена и падением крупных метеоритов на земную поверхность и в акваторию океанов. В их исследованиях представлены геологические, археологические и исторические свидетельства трёх крупнейших климатических катастроф, возможно происходивших на Земле 12,900, 4300-4500 лет тому назад и в 536—540 гг. нашей эры. Для изучения проблемы космогенных цунами была создана международная научная группа.

### 7.1.3 Извержение вулкана

Процесс, в результате которого на земную поверхность из глубины поступает лава, вулканический материал, горячие газы и пары. Этот процесс происходит время от времени. Он сопровождается землетрясением, огромными выбросами пепла, горячих газов, пара и обломков горных пород.

По степени активности вулканы делят на действующие, дремлющие и потухшие. Всего в мире насчитывается 4 тыс. вулканов, из них 540 действующих.

Большинство ныне действующих вулканов расположено вдоль крупных разломов и тектонически подвижных областей, главным образом на островах Тихого и Атлантического океанов.

Извержение вулкана Кракатау в 1883 г. явилось крупнейшей экологической катастрофой XIX в. В результате в атмосферу было выброшено более 50 млн. т вулканического пепла и пыли, что привело к снижению среднегодовой температуры на Земле на 0,5° С. Кроме того извержение вулкана сопровождалось серией волн цунами высотой 30–40 м, которые произвели колоссальные разрушения на островах Ява и Суматра и привели к гибели более 36 тыс. человек.

В России в настоящее время вулканическая деятельность зарегистрирована только на Дальнем Востоке – на Камчатке и Курильских островах (38 вулканов).

## 7.2 Экзогенные стихийные бедствия

### 7.2.1 Наводнение

Временное затопление значительной части суши водой в результате подъема уровня в реке, озере, море или искусственном водоеме. Оно возникает из-за резкого увеличения притока талых или дождевых вод, загромождения русла реки льдом, ветрового нагона воды в устьях рек или на низких побережьях морей.

В России наводнения из всех чрезвычайных ситуаций представляют наибольшую опасность.

Особый случай наводнения – прорыв плотины на реке или дамбы польдера. Польдер – это осушенная, возделанная и защищенная от затопления дамбой прибрежная территория, лежащая ниже уровня моря (в Нидерландах, Дании, ФРГ).

По причинам возникновения выделяют половодье (ежегодно повторяющийся длительный подъем уровня воды в результате сезонного таяния снега) и паводок (кратковременный и непериодический подъем уровня воды в результате быстрого таяния снега при оттепели, ледников при резком повышении температуры, обильных дождей.).

**Наводнения** – это значительное затопление местности в результате подъема уровня воды в реке, озере, водохранилище и море и их разлива выше обычного горизонта, что причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей.

**Классификация наводнений по причинам возникновения и их характеристики:**

**1. Половодье** - периодически повторяющийся подъем уровня воды в реках, вызываемый обычно весенним таянием снега или обильными дождями на равнинных реках наводнения, связанные с максимальным стоком от весеннего таяния снега. Они отличаются значительным и довольно длительным подъемом уровня воды в реке.

Для городов и населенных пунктов существуют понятия **подтопление** и **затопление**.

**Затопление** - это покрытие территории водой в период половодья или паводков.

Зона затопления - территория, покрываемая водой в результате превышения притока воды по сравнению с пропускной способностью.

Зоной катастрофического затопления принято считать зону затопления, на которой произошла гибель людей, сельскохозяйственных животных и растений, повреждены или уничтожены материальные ценности, а также нане-

сен ущерб окружающей природной среде. Затопление местности, не сопровождающееся материальным ущербом, считается просто розливом реки, озера или водохранилища.

При **подтоплении** вода проникает в подвальные помещения через канализацию (если она имеет выход к реке); по тепловым, водопроводным и т. д. Канавам и траншеям или из-за подпора грунтовых вод.

**Подтопление** - это повышение уровня грунтовых вод, нарушающее нормальное использование территории, строительство и эксплуатацию расположенных на ней объектов.

2. **Паводки** - кратковременное и непериодическое увеличение расхода воды в реке в результате ливневых дождей, связанных с ураганами или очень быстрым таянием снега в горах, вызванным продолжительной жарой

**Катастрофический паводок** - выдающийся по величине и редкий по повторяемости паводок, могущий вызвать жертвы и разрушения.

3. Наводнения, вызванные в основном большим сопротивлением, которое водный поток встречает в реке. Происходит такое, большей частью, в начале или в конце зимы при зажорах и заторах льда.

**Затор** – загромождение русла реки льдом во время ледохода на реках, текущих с юга на север, так как южные участки реки освобождаются ото льда обычно раньше, чем северные, и начавшийся ледоход встречает на своем пути препятствие в виде ледостава. Затор вызывает подъем уровня воды в месте скопления льда и на некотором участке выше него. Затор льда обычно образуется в конце зимы и в весенний период при вскрытии рек во время разрушения ледяного покрова.

**Затор** – это скопление крупно- и мелкобитых льдин.

**Зажор** - явление, сходное с затором льда. Но он состоит из скопления рыхлого льда (шуга, небольшие льдинки) и наблюдается в начале зимы. Зажоры образуются на реках в период формирования ледяного покрова. Необходимым условием образования является возникновение в русле внутриводного льда и его вовлечение под кромку ледяного покрова. Решающее значение имеет поверхностная скорость течения (более 0,4 м/с), а также температура воздуха в период замерзания.

Зажоры приурочены, в основном, к постоянным местам образования: участкам полыней, порожистым участкам и участкам с растительностью, не отмирающей до начала ледостава. В небольших водотоках мелиоративных систем зажоры в основном связаны с заносом русла снегом, сдуваемым с полей. Основная причиной зажоров и заторов принято считать образование значительных скоплений шуги и донного льда в руслах рек в период резкого похолодания поздней осенью и в начале зимы, вызывающие стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды непосредственно на участке зажора и выше по течению.

**Нагонные наводнения** вызываются действием штормовых и ураганных ветров. Такие явления случаются в морских устьях крупных рек, а также на больших озерах и водохранилищах. Главным условием нагонных навод-

нений служит сильный и продолжительный ветер (скорость ветра обычно достигает 25 м/с и более), происходят они в любое время года.

#### **Наводнения, связанные с прорывом плотин.**

Образуется волна прорыва, приводящая к затоплению больших территорий и к разрушению или повреждению встречающихся на пути объектов.

#### **Классификация наводнений по размерам и масштабам убытка:**

- **Низкие (малые)** – наносят незначительный ущерб. Охватывают небольшие прибрежные территории. Почти не нарушают ритма жизни населения.  
Затапливается 10% сельхозугодий.
- **Высокие** – наносят ощутимый моральный и материальный ущерб. Охватывают значительные земельные участки речных долин. Приводят к частичной эвакуации людей. Затапливается 10-15% сельхозугодий.
- **Выдающиеся (сильные)** – Наносят большой материальный ущерб. Охватываются целые речные бассейны. Затапливается примерно 50-70% сельхозугодий. Приводят к массовой эвакуации населения и материальных ценностей из зоны затопления и защиты хозяйственных объектов
- **Катастрофические** – наносят огромный материальный ущерб и приводят к гибели людей. Охватывает громадные территории в пределах нескольких речных систем. Затапливает более 70% сельхозугодий, населенные пункты, промышленные предприятия. Полностью парализует хозяйственную деятельность.

Наводнения угрожают почти 70% поверхности Земли. В России наводнениям подвержены низменные районы центральной части европейской территории, Южного Урала, юга Западной Сибири, Поволжье, Северный Кавказ, Дальний Восток и др. Общая площадь затоплений в разные годы колеблется от 50 до 400 тыс. км<sup>2</sup>.

Всю историю человечества его преследовали и преследуют такие тяжелые бедствия, как наводнения, которые угрожают почти трем четвертям земной поверхности. Известно, что на реках происходят сезонные половодья, связанные с регулярным воздействием климатических факторов, в частности, с таянием снегов. При определенных условиях такие разливы превращаются в стихийное бедствие. Нередко причиной катастрофических паводков являются сильнейшие ливневые дожди, рекорд даваемых ими осадков зарегистрирован в июле 1910 г. (Филиппины), тогда за 24 часа их выпало 1168 мм, а за 4 дня - 2233 мм. В Соединенных Штатах Америки 40% территории обводняет река Миссисипи, текущая в основном по низменной равнине. В 1973 г. при самом крупном паводке она затопила территорию в 50 тыс. км<sup>2</sup> (территория Швейцарии - 44 тыс. км<sup>2</sup>). Но самый трагический рекорд принадлежит китайской реке Хуанхэ (Желтой реке), в долине которой живет свыше 80 млн. чел. Осенью 1887 г. уровень воды в ней поднялся более чем на 20 м. Было затоплено три сотни населенных пунктов, примерно 2 млн. человек лишилось крова и около 1 млн. утонуло.

Наводнения периодически наблюдаются на большинстве рек Беларуси. По повторяемости, площади распространения и суммарному годовому материальному ущербу в масштабе всей республики наводнение занимает одно из первых мест в ряду стихийных бедствий.

Катастрофическим наводнением на территории нашей республики был весенний паводок 1931 года, особенно высокие уровни воды наблюдались в бассейнах Западной Двины, Днепра, Сожа, Березины.

### 7.2.2 Тропические штормы (ураганы, циклоны, тайфуны)

Ураганы, бури, смерчи относятся к так называемым метеорологическим природным явлениям и считаются самым частым природным явлением.

Они возникают в тропических широтах над океаном и представляют собой движение воздушных масс (ветер) с огромной скоростью. При переходе тропических штормов с моря на сушу они сопровождаются гигантскими волнами вместе с ливнями и грозами.

В разных странах тропические штормы называют по-разному: ураган и циклон – в Америке, тайфун – в Юго-Восточной Азии и на Дальнем Востоке, циклон – в Индии и Бангладеш и т. д.

Ветер начинает вызывать повреждения уже при скорости 20 м/с. Человека отрывает от земли при скорости ветра более 40 м/с. Во время тропических штормов скорость ветра часто превышает 50 м/с.

Наибольшее число тропических штормов зарождается в районе Желтого моря и Филиппинских островов. Некоторые из них достигают Владивостока и более северных российских портов Тихоокеанского побережья.

В 1970 г. тропический шторм, образовавшийся на Бангладеш, унес жизни 300 тыс. человек. В 1991 г. там же по той же причине погибли 148 тыс. человек.

В 2005 г. от тропического шторма Катрина пострадали более 1,5 млн. жителей Юго-Восточных штатов США. По неофициальным данным, погибло более 10 тыс. человек. Шторм повлек за собой огромные человеческие жертвы, социальные и экономические потери даже в одной из самых богатых и процветающих стран мира.

Метеорологические опасные явления – природные процессы и явления, возникающие в атмосфере под действием различных природных факторов или их сочетаний, оказывающие или могущие оказать поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растений, объекты экономики и окружающую природную среду.

Во время урагана на открытой местности наиболее безопасным естественным местом для укрытия являются углубления рельефа местности

Для обозначения движения ветра используют много слов: смерч, буря, ураган, шторм, тайфун, циклон и множество местных названий. Чтобы их систематизировать, во всем мире пользуются **шкалой Бофорта**, которая позволяет весьма точно оценить силу ветра в баллах (от 0 до 12) по его действию

на наземные предметы или на волнение в море. Удобна эта шкала еще и тем, что она позволяет по описанным в ней признакам довольно точно определить скорость ветра без приборов.

Таблица 17

Шкала Бофорта

Шкала	Словесное определение силы ветра	Скорость ветра м/с (км/час)	Действие ветра	
			На суше	В море
0	Штиль	0.0 – 0.2 (0.0-0.72)	Штиль. Дым вертикально	Зеркальная гладь моря
1	Тихий ветерок	0.3-1.5 (1.08-5.4)	Направление ветра заметно по выносу дыма	Рябь. Пена на гребне волны
2	Легкий бриз	1.6-3.3 (5.76 - 11.88)	Движение ветра ощущается лицом, шелестят листья, движется флюгер	Короткие волны, гребни не опрокидываются и кажутся стекловидными
3	Слабый бриз	3,4 – 5,4 (12,24-19,44)	Листья и тонкие ветви деревьев колыхаются	Короткие хорошо выраженные волны. Гребни, опрокидываясь, образуют пену, изредка образуются маленькие белые барашки
4	Умеренный бриз	5,5 – 7,9 (19,8-28,44)	Ветер поднимает пыль и бумажки, приводит в движение тонкие ветви деревьев	Волны удлиненные, белые барашки видны во многих местах
5	Свежий бриз	8,0 – 10,7 (28,80-38,52)	Качаются тонкие стволы деревьев, на воде появляются волны с гребнями	Хорошо развитые в длину, но не очень крупные волны, повсюду видны белые барашки.
6	Сильный бриз	10,8 – 13,8 (38,88-49,68)	Качаются толстые сучья деревьев, гудят провода	Начинают образовываться крупные волны. Белые пенистые гребни занимают значительные площади.
7	Крепкий ветер	13,9 – 17,1 (50,04-61,56)	Качаются стволы деревьев, идти против ветра трудно	Волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру
8	Очень крепкий ветер (буря)	17,2 – 20,7 (61,92-74,52)	Ветер ломает сучья деревьев, идти против ветра очень трудно	Умеренно высокие, длинные волны. По краям гребней начинают взлетать брызги. Полосы пены ложатся

				рядами по ветру.
9	Шторм (сильная буря)	20,8 –24,4 (74,88-87,84)	Небольшие повреждения; ветер срывает дымовые колпаки и черепицу	Высокие волны. Пена широкими плотными полосами ложится по ветру. Гребни волн опрокидываются и рассыпаются в брызги.
10	Сильный шторм (полная буря)	24,5 –28,4 (88,2-102,2)	Значительные разрушения строений, деревья вырываются с корнем. На суше бывает редко	Очень высокие волны с длинными загибающимися вниз гребнями. Пена вздувается ветром большими хлопьями в виде густых полос. Поверхность моря белая от пены. Грохот волн подобен ударам. Видимость плохая.
11	Жестокий шторм (жесткая буря)	28,5 – 32,6 (102,6-117,3)	Большие разрушения на значительном пространстве. На суше наблюдается очень редко	Исключительно высокие волны. Суда временами скрываются из вида. Море все покрыто длинными хлопьями пены. Края волн повсюду сдуваются в пену. Видимость плохая.
12	Ураган	32,7 и более (117,7 и более)	Тяжелые предметы переносятся ветром на значительные расстояния	Воздух наполнен пеной и брызгами. Море все покрыто полосами пены. Очень плохая видимость.

**Бризом (от легкого до сильного бриза)** моряки называют ветер, имеющий скорость от 4 до 31 мили/час. В пересчете на километры (коэффициент 1,6) это будет 6,4-50 км/час

Скорость и направления ветра определяют погоду и климат.

Сильные ветры, значительные перепады атмосферного давления и большое количество осадков вызывают опасные атмосферные вихри (циклоны, бури, шквалы, ураганы) которые могут вызвать разрушения и человеческие жертвы.

Циклон – общее название вихрей с пониженным давлением в центре.

Антициклон – это область повышенного давления в атмосфере с максимумом в центре. В Северном полушарии ветры в антициклоне дуют против часовой стрелки, а в Южном – по часовой стрелке, в циклоне движение ветра обратное.

**Ураган** - ветер разрушительной силы и значительной продолжительности, скорость которого равна или превышает 32,7 м/с (12 баллов по шкале Бофорта), что равнозначно 117 км/ч (табл. 4).

В половине случаев скорость ветра при урагане превышает 35 м/сек, доходя до 40-60 м/сек, а иногда и до 100 м/сек.

В зависимости от скорости ветра ураганы классифицируются на три типа:

- ураган (32 м/с и более),
- сильный ураган (39,2 м/с и более)
- жестокий ураган (48,6 м/с и более).

**Причиной подобных ураганных ветров** является возникновение, как правило, на линии столкновения фронтов теплых и холодных воздушных масс, мощных циклонов с резким перепадом давления от периферии к центру и с созданием вихревого воздушного потока, движущегося в нижних слоях (3-5 км) по спирали к середине и вверх, в северном полушарии – против часовой стрелки.

Такие циклоны, в зависимости от места их возникновения и структуры, принято подразделять на:

- 1. Тропические циклоны** встречаются над теплыми тропическими океанами, в стадии формирования обычно движется на запад, а после окончания формирования изгибаются к полюсам.

Тропический циклон, достигший необычной силы, называется ураганом, если он рождается в Атлантическом океане и примыкающих к нему морях; тайфуном – в Тихом океане или его морях; циклоном – в регионе Индийского океана.

- 2. Циклоны умеренных широт** могут формироваться как над сушей так и над водой. Обычно они движутся с запада на восток. Характерной особенностью таких циклонов является их большая «сухость». Количество осадков при их прохождении меньше, чем в зоне тропических циклонов. Циклоны развиваются обычно на границе теплого и холодного фронта тропосферы. В циклоне преобладает облачная погода

На Европейский материк воздействуют как тропические ураганы, возникающие в центральной Атлантике, так и циклоны умеренных широт.

- 3. Буря** – разновидность урагана, но имеет меньшую скорость ветра 15-31 м/сек. Длительность бури – от нескольких часов до нескольких суток, ширина от десятков до нескольких сотен километров.

Бури подразделяются:

- 3.1 Вихревые (пылевые)** – представляют собой сложные вихревые образования, обусловленные циклонической деятельностью и распространяющиеся на большие площади. Они бывают:

- пыльные (песчаные) – в воздух поднимается большое количество пыли, которая переносится на значительные расстояния. Пыльные бури вызывают удушье и приводят к болезням (переносят различных паразитов), в значительной мере страдает техника. Пыльным бурям подвержены несколько областей Земли (в основном пустыни). В средней полосе России пыльные бури невозможны без наличия пашни.
- беспыльные

- снежные – образуются зимой. Такие бури называют пургой, бураном, метелью;
- шквальные бури – возникают внезапно, а по времени крайне не продолжительные (несколько минут). Например, в течение 10 минут скорость ветра может возрасти с 3 до 31 м/сек.

**3.2 Потоковые бури** – это местные явления небольшого распространения. Они слабее, чем вихревые бури. Они подразделяются:

- стоковые – поток воздуха движется по склону сверху вниз.
- струевые – характерны тем, что поток воздуха движется горизонтально или вверх по склону.

Проходят потоковые бури чаще всего между цепями гор, соединяющих долины.

В зависимости от окраски частиц, вовлеченных в движение, различают черные, красные, желто-красные и белые бури.

В зависимости от скорости ветра бури классифицируются:

- буря 20 м/сек и более
- сильная буря 26 м/сек и более
- жесткая буря 30,5 м/сек и более.

**4. Шквал** – резкое кратковременное усиление ветра до 20–100 м/с и выше, сопровождающееся изменением его направления, связанного с конвективными процессами. Несмотря на кратковременность шквалов, они могут приводить к катастрофическим последствиям. Шквалы в большинстве случаев связаны с кучево-дождевыми (грозовыми) облаками либо местной конвекции, либо холодного фронта. Шквал обычно связан с ливневыми осадками и грозой, иногда с градом. Атмосферное давление при шквале резко повышается в связи с бурным выпадением осадков, а затем - снова падает.

По возможности ограничения зоны воздействия все перечисленные стихийные бедствия относят к нелокализуемым.

### 7.2.3 Опасные последствия ураганов и бурь

Ураганы являются одной из самых мощных сил стихии и по своему пагубному воздействию не уступают таким страшным стихийным бедствиям, как землетрясения. Это объясняется тем, что ураганы несут в себе колоссальную энергию. Ее количество, выделяемое средним по мощности ураганом в течение 1 ч, равно энергии ядерного взрыва в 36 Мт. За один день выделяется количество энергии, которой хватило бы для полугодового обеспечения электричеством такой страны, как США. А за две недели (средняя продолжительность существования урагана) такой ураган выделяет энергию, равную энергии Братской ГЭС, которую она может выработать за 26 тыс. лет. Очень высоким является и давление в зоне урагана. Оно достигает нескольких сот килограммов на квадратный метр неподвижной поверхности, расположенной перпендикулярно к направлению движения ветра.

**Ураганный ветер разрушает** прочные и сносит легкие строения, опустошает засеянные поля, обрывает провода и валит столбы линий электропередачи и связи, повреждает транспортные магистрали и мосты, ломает и вырывает с корнями деревья, повреждает и топит суда, вызывает аварии на коммунально-энергетических сетях, в производстве. Известны случаи, когда ураганный ветер разрушал дамбы и плотины, что приводило к большим наводнениям, сбрасывал с рельсов поезда, срывал с опоры мосты, валил фабричные трубы, выбрасывал на сушу корабли. Часто ураганы сопровождают сильные ливни, которые опаснее самого урагана, так как являются причиной селевых потоков и оползней.

Размеры ураганов различны. Обычно за ширину урагана принимают ширину зоны катастрофических разрушений. Часто к этой зоне прибавляют территорию ветров штормовой силы со сравнительно небольшими разрушениями. Тогда ширина урагана измеряется сотнями километров, достигая иногда 1000 км. Для тайфунов полоса разрушений обычно составляет 15-45 км.

Средняя продолжительность урагана – 9-12 суток. Ураганы возникают в любое время года, но наиболее часто с июля по октябрь. В остальные 8 месяцев они редки, пути их коротки.

Ущерб, причиняемый ураганом, определяется целым комплексом различных факторов, в том числе рельефом местности, степенью застройки и прочностью строений, характером растительности, присутствием в зоне его действия населения и животных, временем года, проведенными профилактическими мероприятиями и рядом других обстоятельств, главным из которых является скоростной напор воздушного

Ежегодно около ста мощных ураганов шествуют по земному шару, вызывая разрушения и нередко унося человеческие жизни.

Наиболее надежная защита от ураганов, смерчей и торнадо – убежища, подземные сооружения, подвалы.

**Штормы (нетропические или внетропические)** зарождаются над океаном вне тропических широт; имеют скорость со скоростью ветра более 30 м/с. Еще их называют *бурями* и внешне они выглядят как громадные черные тучи, передвигающиеся с огромной скоростью.

В Европе значительные разрушения причиняют ураганные ветры из района Исландии, где смешиваются холодные потоки воздуха с берегов Гренландии и теплые, сопровождающие Гольфстрим.

Пыльная (черная) буря – очень сильный ветер со скоростью более 25 м/с, несущий огромное количество твердых частиц (пыли, песка и т.п.), выдуваемых в не защищенных растительностью местах и наметаемых в другие. Пыльная буря, как правило, является следствием нарушения поверхности почвы неправильными агроприемами: сведения растительности, разрушения структуры, иссушения и т. д.

Смерч (торнадо) – вытянутая вращающаяся атмосферная воронка (вихрь). Имеет вид суженного в середине столба воздуха (вертикального или наклонного), вращается обычно против часовой стрелки со скоростью до 100

м/с, имеет диаметр до нескольких сотен метров, спускается с облаков или поднимается с поверхности земли, перемещается со скоростью до 70 км/ч на расстояние до нескольких десятков километров. Смерч втягивает в себя снизу пыль, воду, различные предметы. За последние 50 лет от смерчей в США погибло почти 10 тыс. человек.

**Пожар** – неконтролируемое, стихийное распространение огня по лесу (лесной пожар), степи (степной пожар), торфяному болоту (торфяной пожар) и т.д. Причины возникновения пожаров могут быть естественные (самовозгорание) и антропогенные (небрежное обращение с огнем или умышленные поджоги).

Лесной пожар редко вызывается самовозгоранием (не более 10%). По площади, охваченной огнем, лесные пожары классифицируются следующим образом: первый класс – загорание (0,1–0,2 га); второй класс – малый пожар (0,2–2,0 га); третий класс – небольшой (2,1–20 га); четвертый класс – средний (21–200 га); пятый класс – крупный (201–2000 га); катастрофический (более 2000 га). Продолжительность крупных лесных пожаров в среднем составляет 10–15 суток, при этом выгоревший массив леса достигает 4–5 км<sup>2</sup>.

По характеру распространения лесные пожары подразделяются на верховые, низовые и подземные.

Степной пожар (пал) часто применяют умышленно с целью сжигания стерни на полях, выжигания нежелательной растительности и т.д. Неконтролируемый пал приводит к выгоранию лесополос, участков естественной растительности, гибели обитающих там животных, загрязнению атмосферного воздуха.

Основные способы борьбы с лесными и степными пожарами: захлестывание кромки огня, засыпка его землей, заливка водой (химикатами), создание заградительных и минерализованных полос, пуск встречного огня (отжиг).

Торфяной пожар может возникнуть вследствие самовозгорания торфяного болота при перегреве его поверхности солнечными лучами. При торфяном пожаре огонь распространяется под поверхностью в слое до 3 м, что весьма затрудняет борьбу с ним.

Основные способы борьбы с подземными пожарами: рытье вокруг торфяного пожара траншеи глубиной до уровня грунтовых вод, устройство вокруг очага пожара полосы, насыщенной растворами негорючих химикатов – веществ-смачивателей (сульфатные соли, стиральные порошки), которые ускоряют процесс проникновения влаги в торф.

**Засуха** – длительная (от нескольких недель до нескольких лет) сухая погода, часто при повышенной температуре воздуха, без осадков (или при их крайне незначительном количестве). Она приводит к истощению запасов влаги в почве и резкому снижению относительной влажности воздуха. Все это вызывает невозможность роста и развития растений, усыхание водоемов, водопоев. Как следствие, катастрофически падают урожаи сельскохозяйствен-

ных культур, деградируют луга, снижается прирост древесины, происходит падеж скота и резко сокращается численность других животных организмов.

Интенсивность засух характеризуется величинами потерь урожая: до 20% – незначительная засуха, 20–50% – засуха средней силы и свыше 50% – сильная засуха.

Засухи часто усугубляются сильными сухими ветрами – *суховеями*, которые истощают запасы почвенной влаги.

За последние годы наиболее сильные засухи были зарегистрированы южнее Сахары и в Эфиопии.

На территории европейской части России засухи, которые вызываются устойчивыми антициклонами, возникают 2–3 раза за столетие в лесной полосе и до 30 и более раз – в лесостепи и степи.

**Опустынивание** – потеря природным комплексом сплошного растительного покрова с дальнейшей невозможностью его восстановления (по крайней мере – без участия человека).

Потери продуктивных земель в результате опустынивания на всей планете ныне составляют 50–70 тыс. км<sup>2</sup> в год, а общая площадь «искусственных пустынь», возникших в результате деятельности человека, – более 8 млн. км<sup>2</sup>. Пустыни ведут наступление на степи, степи в свою очередь – на саванны, саванны – на тропические леса.

Главные причины роста пустыни – перегрузка ландшафта сельскохозяйственными культурами и неумеренный выпас скота, а также вырубка лесов. Огромна площадь земель, выделяемая под всевозможные застройки.

**Оползень** – смещение вниз по склону массы рыхлой горной породы под влиянием силы тяжести, особенно при насыщении рыхлого материала водой. Оно может происходить (чаще всего весной и летом) на склонах не менее 19°. Подавляющее большинство оползней приходится на районы, место не только вследствие землетрясений, оползней, которые находятся на абсолютной высоте от 1000 до 1700 м. Скорость движения оползней сильно колеблется: от 0,06 м/год (исключительно медленные оползни) до 0,3 м/мин. (исключительно быстрые). По мощности, т.е. по количеству вовлекаемых горных пород, они также сильно различаются: от 10 тыс. м<sup>3</sup> (малые оползни) до свыше 1 млн. м<sup>3</sup> (очень крупные).

Причинами оползней могут быть: проникновение воды в трещины земной коры и воздействие её с магмой, наводнение в горах и пр.

**Обвал** – отрыв и падение больших масс горных пород или почвы, их опрокидывание, дробление и скатывание по склону. Этот вид стихийного бедствия, как и **просадка** земной поверхности, происходит в результате проливных дождей и вымывания карстовых пород, хозяйственной деятельности человека, особенно в районах разработки полезных ископаемых. Наиболее частая причина обвалов – землетрясение

**Сель** – бурный грязевой или грязекаменный (до 75% от общей массы стока) поток, внезапно возникающий в результате ливней или бурного таяния снега в бассейнах небольших горных рек. Скорость течения селевого потока

обычно составляет 2,5–4,0 м/с, но иногда при прорыве заторов она может достигать 8–10 м/с и более. Развивается в крутосклонных (не менее 10°) долинах, зависит от запасов рыхлого материала. Одна из причин возникновения селя – уничтожение лесной растительности на водосборных поверхностях.

**Снежная лавина** – масса снега, падающая или соскальзывающая с горного склона и увлекающая за собой как новые порции снега, так и любые объекты, лежащие на ее пути. Они образуются на безлесных склонах гор крутизной от 15° до 50°. Различают сухие (зимние) и мокрые (весенние) снежные лавины. Скорость движения сухой снежной лавины – до 80–100 м/с, мокрой – 10–20 м/с. При этом масса снега, вовлеченного в движение, составляет от нескольких десятков до нескольких миллионов кубометров.

Признаки возможного схода лавин: резкое возрастание количества снега на склоне, выпадение сухого снега при низкой температуре либо перенасыщение его водой при оттепели. Причинами схода могут быть пересечение лавиноопасных участков людьми или крупными животными, звуковые волны от взрывов, выстрелов, криков, сильный ветер.

Борьба с лавинной опасностью сводится к управлению временем схода лавины путем артобстрела, создающего условия для сдвига снежных масс, но главным образом – к профилактическому учету лавиноопасных мест и времени схода лавины.

#### **7.4 Стихийные бедствия, связанные с массовыми заболеваниями**

**Эпидемия** – быстрое и непрерывное распространение инфекционной болезни в пределах какой-то совокупности организмов или определенного региона, уровень которой гораздо выше обычно регистрируемого на данной территории. Если эпидемия, охватила весь мир или подавляющую его часть, ее называют *пандемией*.

В зависимости от пораженной системы органов инфекционные болезни подразделяют на кишечные, дыхательных путей (аэрозольные), кровеносной системы (трансмиссивные), наружных покровов (контактные).

В зависимости от способа передачи инфекционные болезни делят на алиментарные – передаются через пищу, воду, почву (холера, дизентерия, гепатит С, сибирская язва); респираторные – передаются воздушно-капельным путем (грипп, туберкулез); трансмиссивные – передаются кровососущими насекомыми, такими, как комары, клопы, оводы (малярия), или через наружные покровы без участия переносчиков (СПИД); с невыявленными путями заражения.

Эпидемия часто усиливается под воздействием факторов окружающей среды (плотность популяций человека или животных, воздушные потоки, температура атмосферы).

Для предупреждения эпидемии требуется выявить патогенный агент, пути распространения, а также благоприятствующие эпидемии факторы окружающей среды.

Различают эпизоотию и эпифитотию. *Эпизоотия* – одновременное распространение заболевания среди большого числа животных одного или многих видов, например среди мышевидных грызунов. *Эпифитотия* – массовое инфекционное заболевание растений, охватывающее большие территории.

### Вопросы для самоконтроля знаний

1. Что такое «стихийные бедствия»? Эндогенные и экзогенные стихийные бедствия
2. Что такое «землетрясение»? Причины возникновения землетрясений
3. Классификация землетрясений по причинам
4. Цунами. Характеристика цунами. Причина возникновения цунами
5. Признаки появления цунами
6. Системы предупреждения цунами
7. Наводнение. Классификация наводнений по причинам
8. Что такое «подтопление» и «затопление», «паводки», «заторы», «зажоры», «нагонные наводнения»?
9. Классификация наводнений по размерам и масштабам убытка
10. Тропические штормы (ураганы, циклоны, тайфуны). Причины возникновения
11. Классификация циклонов по видам
12. Бури. Их классификация
13. Опасные последствия ураганов и бурь
14. Пожары. Их виды
15. Что такое «оползни», «обвалы», «сели», «снежные лавины»?
16. Стихийные бедствия, связанные с массовыми заболеваниями

Заведующий кафедрой БЖ и МЧС

П.Л. Колесниченко