

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Астраханский государственный медицинский университет
Кафедра общей гигиены
Заведующий кафедрой: доктор биологических наук, профессор
Сердюков Василий Гаврилович**

Гигиена труда с радиоактивными веществами и источниками ионизирующего излучения

**Лектор:
Профессор Сердюков Василий Гаврилович
22.05.2020**

Радиационная гигиена - раздел гигиенической науки и санитарной практики, целью которой является обеспечение безопасности работающих с источниками ионизирующей радиации (ИИР) и населения в целом.

Задачи радиационной гигиены

- санитарное законодательство в области радиац. фактора;
- предупредительный и текущий сан-й надзор за объектами использующими ИИР;
- гигиена и охрана труда работающих с ИИР, в смежных помещениях и на территории контролируемых зон;
- контроль за уровнями радиоактивности объектов окружающей среды (атмосферного воздуха, воздуха рабочей зоны, воды водоемов, питьевой воды, пищевых продуктов, почвы...);
- контроль за сбором, хранением, удалением и обезвреживанием радиоактивных отходов, их захоронением....

Радиоактивность - спонтанное преобразование ядер атомов химических элементов с изменением их химической природы или энергетического состояния ядра, сопровождаемого ядерными излучениями.

Радионуклид - радиоактивный атом с определенным массовым числом и зарядом (атомным номером).

Изотопы радиоактивные - радиоактивные атомы с одинаковым зарядом (атомным номером) и разными массовыми числами, т.е. с одинаковым количеством протонов и разным количеством нейтронов в ядре.

Виды ядерных преобразований

α -распад - характерный для тяжелых (с большим массовым числом) элементов и заключается в вылете из ядра атома α -частички - по своей природе ядра гелия (2 протона и 2 нейтрона), вследствие чего появляется ядро нового химического элемента с массовым числом, меньшим на 4 и зарядом, меньшим на 2.

Получив α -частичку, ядро атома находится в возбужденном состоянии с излишком энергии, которая выделяется в виде γ -излучения, т.е. α -распад всегда сопровождается γ -излучением.

β -электронный распад - процесс, при котором из ядра атома (с одного из нейтронов) вылетает электрон, вследствие чего этот нейтрон превращается в протон, в связи с чем образуется новый элемент с тем же массовым числом и с зарядом, большим на единицу:

Возбужденное при потере электрона ядро в большинстве случаев излучает и γ -кванты.

β -позитронный распад - процесс, при котором из ядра атома (с одного из протонов) вылетает позитрон, вследствие чего протон превращается в нейтрон и появляется новый химический элемент с тем же массовым числом и зарядом, меньшим на единицу.

Электронный-К-захват - когда ядро (один из протонов) захватывает электрон из ближайшей К-орбиты, в связи с чем этот протон превращается в нейтрон, вследствие чего появляется ядро нового химического элемента с тем же массовым числом и зарядом, меньшим на единицу.

На свободное место К-орбиты (и последовательно из других орбит) перемещаются электроны, а свободная энергия при этом высвечивается в виде характерного рентгеновского излучения.

Спонтанное деление ядра характерно для тяжелых транс урановых элементов, в которых соотношение нейтронов к протонам больше 1,6. В результате образуются ядра двух новых элементов, в которых соотношения $n : p$ ближе к единице, а «лишние» нейтроны высвечиваются в виде нейтронного излучения.

Таким образом, с качественной стороны ядерные преобразования характеризуются: видом распада, видом излучения, периодом полураспада - сроком, за который распадается половина исходного количества атомов.

С гигиенической точки зрения и выбора методов дезактивации радиоактивных отходов, все радионуклиды делят на короткоживущие ($T^{1/2} < 15$ суток) и долгоживущие ($T^{1/2} > 15$ суток): короткоживущие выдерживают в отстойниках до снижения активности, а потом спускают в общую канализацию или вывозят, а долгоживущие - вывозят и хоронят в специальных могильниках.

Количественная мера радиоактивного распада - активность (Q) - количество распадов атомов за единицу времени.

Единица активности в системе Си - беккерель (Бк) - один распад за секунду (s^{-1}). В связи с тем, что эта единица очень мала, пользуются производными - килобеккерель (кБк), мегабеккерель (МБк).

Внесистемная (устаревшая) единица активности - кюри (Ки) - активность 1г химически чистого радия, равная $3,7 \times 10^{10}$ Бк/сек.

За единицу используют производные - **милликюри** (мКи), микрокюри (мкКи), нанокюри (нКи), пико-кюри (пкКи).

Радионуклиды с γ -излучением активность выражают и гамма-эквивалентом - отношение γ -излучения данного радионуклида к γ -излучению радия.

Рассчитанная гамма-постоянная радия - 8,4р/час - мощность дозы, которую создает γ -излучение 1 мг радия на расстоянии 1 см через платиновый фильтр толщиной 0,5 мм

Миллиграмм-эквивалент радия (мг-екв. Ra) - единица активности радионуклида, γ -излучение которого эквивалентно (равноценно) γ -излучению 1 мг Ra на расстоянии 1 см через платиновый фильтр 0,5 мм

Ионизирующие излучения характеризуются:

- **видом излучения:**

- корпускулярные (α , β , n),

- электромагнитные (γ -, рентгеновское:

характеристическое при К-захвате, тормозное - в рентгеновской трубке);

- **энергией излучения** - в системе СИ измеряется в джоулях (Дж). (1 Дж - энергия, необходимая для поднятия температуры 1 дм^3 дистиллированной воды на 1°C).

Внесистемная практическая единица - электрон-вольт (эВ) - это энергия, приобретенная электроном в электростатическом поле с разностью потенциалов 1 В. Эта единица очень мала, поэтому пользуются производными: килоэлектрон-вольт (КэВ), мегаэлектрон-вольт (МэВ);

- **проникающей способностью** (длиной пробега) - расстоянием, проходящем в среде, с которой взаимодействует (в м, см, мм, мкм);

- **ионизирующей способностью**: полной - количеством пар ионов, образующихся на всей длине пробега частички или кванта; линейной плотностью ионизации - количеством пар ионов, приходящихся на единицу длины пробега.

чений являются дозы (Д).

Поглощенная доза - количество энергии ионизирующего излучения, поглощенной единицей массы облучаемой среды. Ед. измерения в системе Си является грей (Гр).

Грей - поглощенная доза облучения, равняется энергии 1 джоуль, поглощенной в 1кг массы среды: $1\text{Гр}=1\text{Дж/кг}$.

Внесистемная (устаревшая) единица поглощенной дозы - рад. $1\text{рад} = 0,01\text{Гр} = 100\text{эрг}$ энергии на 1г массы среды.

Поглощенная доза в воздухе - мера количества ионизирующего излучения, которая взаимодействует с воздухом.

Устаревшее понятие поглощенной дозы в воздухе –
экспозиционная доза, под которой понимают объемную
плотность ионизации воздуха. Единицей экспозиционной
дозы использовался рентген (Р).

Рентген - доза рентгеновского или γ -излучения, от кото-
рой в 1см^3 сухого стандартного воздуха (0°C , 760 мм рт.
ст., масса 0,001293г) образуется $2,08 \times 10^9$ пар ионов.

Производные единицы - миллирентген (мР), микрорентген
(мкР).

Мощность поглощенной в воздухе дозы (МПД) - прирост дозы за единицу времени или уровень радиации.

Измеряется: в системе Си Гр/час; внесистемная (устаревшая) единица - рентген в час (Р/ч), миллирентген в час (мР/ч), микрорентген в секунду (мкР/сек).

В связи с тем, что все используемые сегодня дозиметрические приборы градуированы в этих единицах, то ими еще пользуются, но результаты измерения нужно пересчитывать в системные (грей-, милли-, микро-, наногрей/час):

$$1 \text{ мР/ч} = 8,73 \text{ мкГр/ч} = 6,46 \text{ мк}^3\text{В/ч}.$$

ющего излучения, которая вызывает такой же биологический эффект, как стандартное (эталонное) рентгеновское излучение с энергией 200 КэВ.

Для расчета эквивалентной дозы используют радиационный взвешивающий фактор (WR) – коэффициент, который учитывает относительную биологическую эффективность разных видов ионизирующего излучения. Для рентгеновского, γ -, бета-излучений разных энергий он равняется 1, для α -частичек и тяжелых ядер отдачи – 20, для нейтронов с энергией < 10 КэВ – 5; 10-100 КэВ – 10; 100 КэВ – 2 МэВ – 20; 2-20 МэВ – 10; > 20 МэВ – 5.

доза любого вида ионизирующего излучения, которая дает такой же биологический эффект, как один грей стандартного рентгеновского излучения (с энергией 200 КэВ). В практике пользуются также производными - миллизиверт (мЗв), микрозиверт (мкЗв).

Эффективная доза - сумма эквивалентных доз, полученных отдельными органами и тканями при неравномерном облучении организма, умноженных на тканевые взвешивающие факторы, которые равны: для гонад - 0,20; для красного костного мозга, легких, желудка - 0,12; других органов и тканей - 0,05.

Коллективная эквивалентная и коллективная эффективная дозы - суммы определенных индивидуальных доз отдельных контингентов населения: персонала предприятий атомной промышленности, атомной энергетики, населения, проживающего в пределах контролируемых зон. Она измеряется в человеко-зивертах и используются для прогнозирования стохастических (возможных) эффектов облучения - лейкозов, других злокачественных новообразований.

**Методы и средства санитарного надзора
за объектами, на которых используются
источники ионизирующего излучения**

источники ионизирующего излучения, применяют общепринятые субъективные методы и средства, а также проводят объективный инструментальный радиационный контроль.

Санитарный надзор включает:

- знакомство с документацией, санитарным паспортом объекта, санитарное обследование и описание объекта, визуальный осмотр, опрашивание персонала;
- изучение и оценка санитарного оборудования, водоснабжения, вентиляции, покрытия поверхностей стен, пола;
- сбор, удаление, обезвреживание отходов;
- соблюдение санитарного режима эксплуатации радио-

Объективный инструментальный радиационный контроль включает 4 раздела:

- определение уровней радиации, т.е. мощности поглощенных доз радиации в воздухе (мощность экспозиционных доз) с помощью рентгенометров и микро-рентгенометров (МРМ-1, МРМ-2, ДРГ-3-01, СРП-68-01, СРП-88Р и др.) (рис. 46.1, 46.2);

- определение индивидуальных доз облучения персонала с помощью индивидуальных дозиметров:
- конденсаторных - КИД-1, КИД-2, Д-2РЕ, ДП-24;
- термолюминесцентных - КДТ-02;
- фотографических - ИФК-2,3, ИФКУ;
- химических - ДП-70.

- определение загрязнения радионуклидами рабочих поверхностей, рук, одежды работающих (переносные радиометры СРП-68-01, СЗБ-03, УИМ 2-2 и др.;

- определение концентрации радионуклидов в объектах среды - атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны, почве, воде водоемов, питьевой воде, пищевых продуктах и т. п. (лабораторные радиометры РУГ-90, РУГ-91, РУБ-91, ДП-100, ПП-16 и другие).

**Противорадиационная защита
персонала и радиационная безопасность
пациентов при проведении рентгенологических
исследований**

Источниками ионизирующих излучений являются рентгеновские диагностические аппараты. Они характеризуются значительной проникающей способностью и представляют определенную опасность для персонала рентгенологических отделений, пациентов, лиц, находящихся в смежных помещениях и на близлежащей территории.

Требования к размещению, планированию, оснащению, санитарно-техническому оборудованию рентгенологических отделений медицинских учреждений, противорадиационной защите их персонала и радиационной безопасности пациентов изложены в «Строительных нормах и правилах», «Санитарных правилах и нормах - Рентгенологические отделения (кабинеты)» (СанПиН 42-129-11-4090-86), «Санитарных правилах работы при проведении медицинских рентгенологических исследований» (№ 2780-80).

Не разрешается размещение рентгенологических отделений (кабинетов) в жилых домах и детских учреждениях. Особых требований к их размещению в ЛПУ не предусматривается. Преимущество отдают блочному размещению в отдельной пристройке, либо на первом или последнем этаже зданий.

Процедурная - основное помещение в рентгеновском кабинете, размещен рентген-аппарат(ы) и проводятся все виды рентгенологических исследований.

Запрещается
размещение над (под) палатами
для беременных и детей
или в смежных с ними помещениях.

Противорадиационная защита близлежащей территории (1 этаж) и смежных помещений обеспечивается экранированием строительными конструкциями (стены, междуэтажные перекрытия, перегородки...), материал и толщина должны снижать интенсивность излучения к допустимому уровню.

Слабым местом являются двери и окна. Двери покрывают листами железа или свинца, просвинцованной резиной.

Окна - металлическими ставнями (деревянными с покрытием их железом или просвинцованной резиной) или поднятием подоконника на высоту 1,6 м над уровнем пола.

С целью усиления защиты смежных помещений расстоянием - площадь процедурной не меньше 34м^2 на один рентген аппарат. Его размещают, чтобы расстояние от фокуса рентгеновской трубки до стены было не меньше 2м, а ее излучение было направлено преимущественно в сторону капитальной стены. На каждый дополнительный рентген-аппарат площадь процедурной увеличивается на 15м^2 . Сама рентгеновская трубка размещается в свинцовом кожухе с коллиматором, который формирует рабочий пучок.

Защита врача-рентгенолога

- свинцовым стеклом флуоресцентный экран;
- многослойным, в напуск фартуком, с просвинцованной резины, который подвешивается к экран-съемочному устройству;
- малой защитной ширмой;
- использованием при специальных исследованиях средств индивидуальной защиты (перчатки, фартук с просвинцованной резины - в тканевом чехле для защиты от распыления свинца).

Защита рентген-лаборанта обеспечивается размещением его рабочего места в отдельном сопредельном помещении, - **комнатой управления (пультовой)**.

Пультовая оборудуется окном с свинцовым стеклом в процедурную и селекторной связью с врачом.

Кабинет врача - 10 м²;

Фотолаборатория - 6 м²;

Кабина для приготовления растворов бария - 4 м²;

Раздевалка - 2,5 м²;

Туалет;

Комната ожидания (в поликлинике).

Пребывание младшего медицинского персонала в процедурной или комнате управления (пультовой) во время проведения рентгенологических процедур не допускается.

При проведении рентгенологических исследований в процедурной находятся лица, которые принимают участие в их проведении - персонал других отделений больницы, родственники пациента, сопровождающие лица, которые должны поддерживать ребенка или тяжело больного при условии, что полученная ими доза не превысит уровень облучения категории Б.

радиационная безопасность пациентов базируется на уменьшении лучевой нагрузки при рентгенологическом исследовании населения, беременных женщин, детей и подростков, которое достигается комплексом организационных, медицинских и технических мероприятий.

Организационные мероприятия - приведение в порядок рентгенологических исследований населения, ограничение годовых доз облучения для разных категорий пациентов, повышение квалификации персонала и ответственности за выполнение процедур.

Они отображены в приказах, санитарных правилах, мето-

Все пациенты делятся на четыре категории

Ад:

- больные с онкологическими заболеваниями или подозрением на них;
- с целью диф. диагностики врожденной сердечно-сосудистой патологии;
- больные, которым проводят рентгенотерапевтические мероприятия;
- лица, обследуемые в ургентном порядке за жизненным показанием.

Предельный уровень годового облучения -100 м³в.

Бд - обследование проводят по клиническим показаниям при неонкологических заболеваниях с целью уточнения диагноза и (или) выбора тактики лечения.

Предельный уровень годового облучения - 20 м³в.

Вд - лица из групп риска, в том числе работающие на предприятиях с вредными условиями труда и те, что проходят профессиональный отбор для работы на этих предприятиях; больные, снятые с учета после радикального лечения онкологических заболеваний.

Уровень годового облучения -2 м³в.

Гд - лица, которым проводят все виды профилактических обследований, за исключением тех, которые отнесены в категории Вд.

Предельный уровень годового облучения - 1 м³в.

ограничение площади облучения к минимальным величинам необходимым для постановки диагноза заболевания, защита окружающих тканей экранами с просвинцованной резины, правильный выбор позы при рентгенографии.

Экраны (фартуки) - в тканевых чехлах для защиты от рассеяния свинца.

Для снижения гонадных доз при рентгенологических исследованиях органов брюшной полости, пояснично-крестцового отдела позвоночника и других предусмотрено экра

Технические мероприятия - обеспечивают снижение лучевой нагрузки, относятся средства повышения качества рентгеновского изображения: производство и применение высокочувствительных рентгеновских пленок, правильный выбор режима работы рентгенаппарата, использование электронно-оптических усилителей изображения – позволяющее получать четкое и яркое изображения при экономном режиме работы аппарата, использование широкоформатной флюорографии при профилактических осмотрах.

- Соблюдение темноты для адаптации зрения рентгенолога при рентгеноскопических исследованиях.

- Каналы вытяжной вентиляции в процедурной размещают в верхней части помещения для удаления ионизированного высоким напряжением воздуха.

- В нижней части (над полом) - для удаления свинцовой пыли.

**Противорадиационная защита
персонала и радиационная
безопасность больных в
радиологических отделениях больниц**

Для лучевой терапии применяют разные квантовые и корпускулярные излучения. Их источниками являются:

- β -, γ -излучающие радионуклиды в виде закрытых и открытых источников;
- рентгеновские аппараты, которые являются генераторами квантового излучения низких и средних энергий;
- бетатроны и линейные ускорители, которые генерируют тормозное и корпускулярное излучения высоких энергий.

Дистанционный - источник на значительном расстоянии от больного (дальнедистанционное облучение) или на незначительном расстоянии (короткодистанционное). В обоих случаях пучку излучения предоставляют необходимую ширину, форму и направляют его на часть тела, которая подлежит облучению.

Контактный - *аппликационный*, закрытые источники размещают на поверхности тела, которое облучают, с помощью специальных устройств-муляжей, масок, аппликаторов; *внутриполостной* - источник излучения вводится в одну из пустот тела, и *внутриклеточной* - при котором ис-

обусловлено необходимостью обеспечения основного принципа лучевой терапии - концентрации энергии излучения в патологически измененных тканях при максимальном снижении дозы в окружающих их тканях и во всем организме.

Радиационная опасность для персонала радиологических отделений, больных, которые получают лучевую терапию, лиц, которые могут находиться в разных помещениях и на территории, которая прилегает к зданию, зависит от способа лучевой терапии и технических средств для их прове-

Радиологические отделения больниц размещают, как правило, в одноэтажных зданиях с асимметрично-блочной планировкой, которая обеспечивает изолированное размещение каждого структурного подразделения:

- отделения дистанционной лучевой терапии;
- отделения для лечения закрытыми источниками;
- отделения для лечения открытыми источниками;
- отделения (лаборатории) радионуклидной диагностики.