

ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КУРС ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ И ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Обсуждено на заседании кафедры
Протокол № от 2005 г.

ЛЕКЦИЯ

По радиационной медицине с лучевой диагностикой
Для студентов 4 курса факультета медицинских сестер
с высшим образованием.

Тема: **Ограничение медицинского облучения**

Время 90 минут

Гродно, 2005 г.

УЧЕБНЫЕ И ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ:

Научить студентов способам защиты персонала и пациентов от ионизирующего излучения при рентгенологических и радионуклидных исследованиях, лучевой терапии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований.- Минск, 2004.-72.
2. Наркевич Б.Я. Радиационная безопасность в радионуклидной диагностике: современное состояние и проблемы // Медицинская радиология и радиационная безопасность.-1999.- Т.44.- № 5.- С. 5-11.
3. Нормы радиационной безопасности.- Минск, 2000.- 98 с.
4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности.- Минск, 2002.-69 с.
5. Михайлов А.Н. Средства и методы современной рентгенографии: Практ. рук .- Мн.: Бел. наука, 2000.-242 с.
6. Лучевая терапия злокачественных опухолей: Руководство для врачей // Е.С.Киселева, Г.В.Голдобенко, С.В.Качаев и др. Под ред. Е.С.Киселевой .- М.:Медицина, 1996.
7. Бардычев М.С., Кацалап С.Н. Местные лучевые поражения: особенности патогенеза, диагностика и лечение // Вопросы онкологии. - 1995. - № 2. - с. 99.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Слайды: клиническая радиология; ч. 3.
2. Таблицы: общая лучевая реакция; лучевые осложнения.

РАСЧЕТ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

№ п/п	Перечень учебных вопросов	Время, мин
1.	Введение	3
2.	Дозовые нагрузки при лучевых методах исследования	25
3.	Ограничение медицинского облучения в соответствии с НРБ-2000 и ОСП-2002	10
4.	Защита персонала и пациентов в лучевой диагностике	25
5.	Защита персонала и пациентов при лучевой терапии	25
6.	Заключение	2
		Всего 90 мин

ТЕКСТ ЛЕКЦИИ

В настоящее время основной вклад в дозу, получаемую человеком от техногенных источников радиации, вносят медицинские процедуры и методы лечения, связанные с применением ионизирующего излучения. Наиболее распространенным видом излучения, применяемым в диагностических целях, являются рентгеновские лучи.

Данные результатов исследования показывают, что свыше 50 % популяционной дозы облучения население получает за счет *рентгенопрофилактических и рентгенодиагностических процедур.*

Таблица 1

Примерные значения эффективных доз при рентгенодиагностических исследованиях

Вид исследования Область исследования		Время, проекци я	Примерное значение эффективной дозы (мЗв)					
			Возраст (лет)					
Рентгеноскопия			0-5	0,5-1	1-5	5-10	10-15	> 15
Органы грудной клетки	с УРИ	1 мин	0,5	0,4	0,3	0,4	0,6	0,9
	без УРИ	1 мин	-	-	-	-	-	1,4
	Прицельная	прямая	-	-	-	-	-	0,4
	Рентгенограм- ма	боковая	-	-	-	-	-	0,6
Пищевод, желудок, 12-перстная кишка	с УРИ	1 мин	0,9	0,8	0,7	0,7	1,0	2,3
	без УРИ	1 мин	-	-	-	-	-	4,2
	Прицельная	прямая	0,05	0,16	0,24	0,48	0,45	0,45
	рентгенограм- ма	боковая	0,16	0,36	0,26	0,76	0,8	0,8
Кишечник	с УРИ	1 мин	1,1	0,9	0,8	0,9	0,7	2,2
	без УРИ	1 мин	-	-	-	-	-	3,6
	Прицельная	прямая	0,05	0,16	0,24	0,48	0,45	0,45
	рентгенограм- ма	боковая	0,16	0,36	0,26	0,76	0,8	0,8
Ретроградная пиелография (пиелоскопия)	Трубка сверху	1 мин	-	-	-	-	-	1,8
	Трубка снизу	1 мин	-	-	-	-	-	2,0

Таблица 2

Вид исследования Область исследования		Время, проекция	Примерное значение эффективной дозы (мЗв)					
Рентгенография пленочная			Возраст (лет)					
			0-5	0,5-1	1-5	5-10	10-15	> 15
Череп		Прямая	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
		Боковая	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Шейный отдел позвоночника		Прямая	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,06
		Боковая	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,03
Грудной отдел позвоночника		Прямая	0,09	0,2	0,33	0,36	0,7	0,8
		Боковая	0,05	0,07	0,2	0,15	0,3	0,3
Поясничным отдел позвоночника		Прямая	0,05	0,15	0,42	0,7	0,6	1,7
		Боковая	0,09	0,06	0,28	0,43	0,7	1,2
Органы грудной клетки	На вертиграфе	Прямая	0,04	0,04	0,08	0,19	0,18	0,18
		Боковая	0,08	0,05	0,1 5,1	0,28 5,3	0,24 5,6	0,24 5,6
	Линейная томография Флюорограм- ма	Прямая						
		Боковая						
Кости таза		Прямая	0,06	0,07	0,24	0,25	0,4	0,75
Мочевая система	Обзорная урограмма	1 снимок	0,05	0,22	0,32	0,65	0,88	0,85
	В/венная урограмма	3 снимка	-	-	-	-	-	2,5
Молочная железа		Прямая	-	-	-	-	-	0,2
		Боковая	-	-	-	-	-	0,2

Верхняя конечность	Плечевой сустав	1 снимок	-	-	-	-	-	0,1
	Ключица,	1 снимок	-	-	-	-	-	0,5
	лопатка	1 снимок	-	-	-	-	-	0,01
Нижняя конечность	Локоть, кисть							
	Тазобедренный сустав	1 снимок	0,06	0,06	0,24	0,25	0,4	1,1
	Бедро	1 снимок	-	-	-	-	-	0,3
	Голень, стопа	1 снимок	-	-	-	-	-	0,01
Зубы (интраорально)	Верхняя челюсть 1-5	1 снимок	-	-	0,02	0,01	0,01	0,26
	6-8	1 снимок	-	-	0,02	0,01	0,01	0,33
	Полный зубной статус		-	-	-	-	-	1,7
	Нижняя челюсть 1-5	1 снимок	-	-	0,02	0,02	0,02	0,26
	6-8		-	-	0,02	0,02	0,02	0,15
	Полный зубной статус		-	-	-	-	-	1,0
Ортопантомография		1 снимок	-	-	-	0,06	0,07	0,07

Таблица 3

Вид исследования Область исследования	Время, проекция	Примерное значение эффективной дозы (мЗв)				
Рентгеновская компьютерная томография		Возраст (лет)				
		1-5	5-10	10-15	> 15	
Голова	Исследование	0,2	0,3	0,4	0,4	
Грудная полость	Исследование	1,7	2,1	2,8	2,9	
Брюшная полость, малый таз	Исследование	1,1	2,5	5,1	5,8	

Таблица 4

Вид исследования Область исследования	Время, проекция	Примерное значение эффективной дозы (мЗв)			
Цифровая рентгенография (сканирование)		Возраст (лет)			
		5-10	10-15	> 15	
Череп	Прямая (сканирование 4 секунды)	-	-	0,004	
	Боковая (сканирование 4 секунды)	-	-	0,005	
Шейный отдел позвоночника	Прямая (сканирование 4 секунды)	-	-	0,009	
		-	-	0,005	

	Боковая (сканирование 4 секунды)			
Грудной отдел позвоночника	Прямая (сканирование 4 секунды) Боковая (сканирование 4 секунды)	- -	- -	0,02 0,015
Поясничный отдел позвоночника	Прямая (сканирование 4 секунды) Боковая (сканирование 4 секунды)	- -	- -	0,014 0,029
Органы грудной клетки	Прямая (сканирование 4 секунды) Боковая (сканирование 4 секунды)	- -	- -	0,015 0,015
Кости таза	1 снимок (сканирование 4 секунды)	-		0,11
Верхняя конечность Плечевой сустав Ключица	1 снимок (сканирование 4 секунды) 1 снимок (сканирование 4 секунды)	- -	- -	0,006 0,015
Нижняя конечность Тазобедренный сустав	1 снимок (сканирование 4 секунды)	-	-	0,053

Из всех методов лучевой диагностики только рентгенологические и радионуклидные *in vivo* исследования связаны с воздействием ионизирующего излучения на организм пациента.

Радионуклидная диагностика дает значительно меньший вклад в коллективную эффективную дозу облучения населения, чем рентгенологические исследования (в 10 раз и более), что связано с меньшей частотой применения радионуклидных исследований в клинической практике. Вместе с тем, реальные эффективные дозы на одного пациента при некоторых видах радионуклидных исследований могут превышать дозы облучения от многих видов рентгенодиагностики. Как правило, эффективные дозы при использовании рентгенологических исследований превышают дозы от короткоживущих радиофармацевтических препаратов (РФП) (^{113m}In ; ^{99m}Tc), но при введении такого РФП как ^{67}Ga они значительно меньше.

В таблице 5 представлены данные о дозовых нагрузках на критический орган при диагностическом использовании основных радиофармацевтических препаратов (РФП).

Таблица 5

Радио нукли д	РФП	Основные радиофармацевтические препараты			Доза облучения, мкГр/МБк
		Основные назначения	Способ введения	Вводимое количество на одно исследование, МБк	
^{99m}Tc	Коллоидные растворы	Сцинтиграфия печени, селезенки	Внутри - венно	40-100	Печень 57
^{99m}Tc	Натрий	Сцинтиграфия	Внутри	1-800	Щитовидн 92

	пертехнетат	щитовидной железы	-		ая железа	
^{99m} Tc	Альбумин	Радиокардио-графия	Венно Внутри	8-800	Кровь	14
^{99m} Tc	ДТПА (диэтиленetriамино-пентауксусная кислота)	Динамическая сцинтиграфия почек	Венно Внутри	12-800	Почки	24
^{99m} Tc	Пирофосфат	Сцинтиграфия скелета	Внутри	250-600	Кости	81
^{99m} Tc	ХИДА (диметиловое производное иминодиуксусной кислоты)	Гепатохолецисто-сцинтиграфия	Внутри	100-400	Тонкая кишка	150
¹³¹ I	Натрия йодид	Исследование йодного обмена, функции и сцинтиграфия щитовидной железы	Внутрь, внутривенно	0,04-2	Щитовидная железа	570000
¹³¹ I	Натрия ортоидогиппуран	Функциональное исследование почек	Внутри	0,4-12	Стенка мочевого пузыря	3200
¹³¹ I	Альбумин	Радиокардио-графия	Внутри	0,4-2	Все тело	460
¹³¹ I	Макроагрегаты альбумина	Перфузионная сцинтиграфия легких	Внутри	8-10	Легкие	1800
¹³³ Xe	Ксеноно-воздушная смесь	Исследование регионарной вентиляции легких	Ингаляционно	80-100	Слизистая оболочка бронхов	170000

Таблица 6

Эффективная доза для пациентов различного возраста при внутривенном введении наиболее применяемых РФП из расчета на единицу введенной активности, мЗв/МБк

Радиофармпрепарат	Взрос- лый	15 лет	10 лет	5 лет	1 год
³² P-фосфат	2,20	3,00	5,10	10,0	22,0
⁵¹ Cr-ЭДТА	0,0023	0,0031	0,0046	0,0070	0,0130
⁵¹ Cr-эритроциты	0,26	0,33	0,52	0,80	1,50
⁶⁷ Ga-цитрат	0,12	0,16	0,25	0,40	0,79
⁷⁵ Se-селенметионин	3,0	3,8	6,5	9,2	15,0
^{99m} Tc-пертехнетат					
без блокировки щитовидной железы	0,013	0,016	0,025	0,040	0,073
с блокировкой щитовидной железы	0,0053	0,0066	0,0098	0,015	0,026
^{99m} Tc-альбумин	0,0079	0,0097	0,015	0,023	0,042

^{99m} Tc-ДТПА					
в норме	0,0063	0,0078	0,011	0,017	0,030
при сниженной функции почек	0,0053	0,0066	0,0097	0,015	0,026
^{99m} Tc-технефит					
в норме	0,014	0,018	0,028	0,041	0,073
при диффузных поражениях печени	0,017	0,019	0,029	0,043	0,076
^{99m} Tc-производные ИДА					
в норме	0,024	0,029	0,044	0,070	0,150
при паренхиматозных поражениях печени	0,013	0,016	0,024	0,037	0,075
^{99m} Tc-MAG3 (технемаг)	0,0079	0,0098	0,014	0,023	0,047
^{99m} Tc-фосфаты и фосфонаты (технефор, пирофосфат)					
в норме	0,0080	0,010	0,015	0,025	0,050
при нарушенной функции почек	0,0082	0,011	0,017	0,028	0,061
^{99m} Tc-макроагрегат альбумина	0,012	0,018	0,025	0,038	0,069
^{99m} Tc-эритроциты (in vivo мечение)	0,0081	0,0099	0,015	0,024	0,043
^{99m} Tc-DMSA	0,016	0,019	0,027	0,042	0,069
^{99m} Tc-микросферы	0,011	0,016	0,022	0,033	0,062
^{113m} In-элюат	0,013	0,017	0,028	0,046	0,092
¹¹¹ In-блеомицин	0,16	0,20	0,29	0,44	0,77
¹³¹ I-йодид натрия					
без блокировки щитовидной железы	24	37	56	120	220
с блокировкой щитовидной железы	0,072	0,088	0,140	0,210	0,410
¹³¹ I-альбумин	0,86	1,10	1,70	2,80	5,40
¹³¹ I-макроагрегат альбумина	0,50	0,70	1,00	1,60	3,10
¹³¹ I-гиппуран	0,066	0,083	0,13	0,19	0,37
¹³¹ I-бенгальский розовый	0,91	1,10	1,90	3,20	6,30
¹³³ Xe-раствор	0,00019	0,00026	0,00040	0,00064	0,00130
¹⁹⁸ Au-коллоид	1,50	2,10	3,30	5,30	10,0
²⁰¹ Tl-хлорид	0,23	0,36	1,50	2,00	3,00

При *лучевой терапии* злокачественных опухолей поглощенные дозы ионизирующего излучения определяются клиническими показаниями в соответствии с принципами радиационной онкологии и направлены на достижение максимальной избирательности поражения опухолей. Так как дозы при этом используются большие, в отличие от лучевой диагностики, лучевое воздействие на пациентов может сопровождаться нестохастическими (детерминированными эффектами) со стороны здоровых тканей, однако при этом не должна быть превышена толерантность, т. е. предельная лучевая нагрузка, не приводящая к необратимым изменениям тканей (см. табл.).

Таблица 6

Оценки приблизительных пороговых доз для клинически вредных нестохастических эффектов в различных тканях, основанные на реакциях пациентов на стандартное фракционирование рентгеновского или гамма-облучения

Орган	Повреждения через 5 лет	Доза, вызывающая эффект у 1 - 5% пациентов, Гр	Площадь поля облучения
Кожа	Изъязвление, фиброз	55	100 см ²
Слизистая рта	То же	60	50 см ²

Пищевод	Изъязвление, сужение канала	60	75 см ²
Желудок	Изъязвление	45	100 см ²
Тонкая кишка	Изъязвление, сужение канала	45	100 см ²
Толстая кишка	То же	45	100 см ²
Прямая кишка	То же	55	100 см ²
Слюнные железы	Сухость слизистой оболочки	50	50 см ²
Печень	Печеночная недостаточность	35	Целиком
Почки	Нефросклероз	23	Целиком
Мочевой пузырь	Изъязвление, контрактура	60	Целиком
Мочеточники	Сужение канала, закупорка	75	5 -10 см ²
Семенники	Постоянная стерильность	5 -10	Целиком
Яичники	То же	2 – 3	Целиком
Матка	Некроз, прободение	100	Целиком
Влагалище	Изъязвление, свищи	90	5 см ²
Молочная железа у детей	Отсутствие развития	10	5 см ²
Молочная железа у взрослых	Атрофия и некроз	50	Целиком
Легкие	Пневмонит, фиброз	40	Доля
Капилляры	Телеангиоэктазия, склероз	50 - 60	-
Сердце	Перикардит, панкардит	40	Целиком
Кости у детей	Задержка роста	20	10 см ²
Кости у взрослых	Некроз, переломы	60	10 см ²
Хрящ у детей	Задержка роста	10	Целиком
Хрящ у взрослых	Некроз	60	Целиком
ЦНС (головной мозг)	Некроз	50	Целиком
Спинной мозг	Некроз	50	5 см ²
Глаз	Паноптальмит, кровоизлияние	55	Целиком
Роговица	Кератит	50	Целиком
Хрусталик	Катаракта	5	Целиком
Ухо внутреннее	Глухота	60	Целиком
Щитовидная железа	Гипотиреоз	45	Целиком
Надпочечник	Понижение функции	60	Целиком
Гипофиз	То же	45	Целиком
Мышцы у детей	Гипоплазия	20-30	Целиком
Мышцы у взрослых	Атрофия	100	Целиком
Костный мозг	Гипоплазия	2	Целиком
Костный мозг	Гипоплазия	20	Локально
Лимфатические	Атрофия	35 – 40	Локально

узлы			
Лимфатические сосуды	Склероз	50	Локально
Плод	Гибель	2	Целиком

Ограничение медицинского облучения

Радиационная безопасность персонала и населения считается обеспеченной, если соблюдаются принципы радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование) и требования радиационной защиты, установленные Законом Республики Беларусь от 5 января № 122 -З “О радиационной безопасности населения” (Ведамасці Нацыянальнага сходу Рэспублікі Беларусь, 1998 г., № 5, ст. 25), НРБ-2000 и действующими санитарными правилами.

В соответствии с НРБ - 2000 для обеспечения нормальной эксплуатации источников излучения необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

не превышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения человека от всех источников излучения (принцип нормирования);

запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением (принцип обоснования);

поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (принцип оптимизации).

Целью защиты от излучения является устранение детерминированных лучевых поражений и снижение соматического и генетического риска для пациента и персонала.

В разделе ИИ НРБ 2000 «Требования к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях», глава 4 указывается:

- Устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:
 - персонал;
 - все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.
- Для категории облучаемых лиц устанавливаются три класса нормативов:
 - основные пределы доз (ПД);
 - допустимые уровни многофакторного воздействия (для одного радионуклида, пути поступления или одного вида внешнего облучения), являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (ПГП), допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА), среднегодовые удельные активности (ДУА) и др;
 - контрольные уровни (дозы, уровни, активности, плотности потоков и др.). Их значения должны учитывать достигнутый в организации уровень радиационной безопасности и обеспечивать условия, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого.
- Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.
- Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) - 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) - 70 мЗв.
- При одновременном воздействии на человека источников внешнего и внутреннего облучения годовая эффективная доза не должна превышать пределов доз, установленных в приложении 1.

П р и л о ж е н и е 1

к ГН 2.6.1.8-127-2000

Нормы радиационной
безопасности (НРБ-2000)

Основные пределы доз облучения

Нормируемые величины*	Пределы доз, мЗв	
	Персонал	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год:		
в хрусталике глаза**	150	15
коже***	500	50
кистях и стопах	500	50

*Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

** Относится к дозе на глубине 300 мг/см².

*** Относится к среднему по площади в 1 см² значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/см². На ладонях толщина покровного слоя - 40 мг/см². Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см² площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает не превышение предела дозы на хрусталик от бета-частиц.

- В стандартных условиях монофакторного поступления радионуклидов, определенных в разделе VII настоящих Норм, годовое поступление радионуклидов через органы дыхания и среднегодовая объемная активность их во вдыхаемом воздухе не должны превышать числовых значений ПГП и ДОА, приведенных в приложениях 2 и 3, где пределы доз взяты равными 20 мЗв в год для персонала и 1 мЗв в год для населения.
- В условиях нестандартного поступления радионуклидов величины ПГП и ДОА устанавливаются методическими указаниями республиканского органа санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения Республики Беларусь.
- Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками излучения, вводятся дополнительные ограничения: эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более 1/20 предела годового поступления для персонала. В этих условиях эквивалентная доза облучения плода за 2 месяца невыявленной беременности не превысит 1 мЗв.

Администрация предприятия обязана перевести беременную женщину на работу, не связанную с источниками ионизирующего излучения, со дня ее информации о факте беременности на период беременности и грудного вскармливания ребенка.

- Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение с использованием источников излучения, годовые дозы не должны превышать 1/4 значений, установленных для персонала.

В разделе IV «Требования к ограничению облучения населения», главе 10 НРБ-2000 указывается:

- Принципы контроля и ограничения радиационных воздействий в медицине основаны на получении необходимой и полезной информации или терапевтического эффекта при минимально возможных уровнях облучения. При этом не устанавливаются пределы доз, но используются принципы обоснования назначения радиологических медицинских процедур и оптимизации мер защиты пациентов.

- С целью снижения уровней облучения пациентов Министерством здравоохранения устанавливаются контрольные уровни медицинского облучения при рентгенологической и радионуклидной диагностике.
- При проведении профилактических медицинских рентгенологических исследований и научных исследований практически здоровых лиц годовая эффективная доза облучения этих лиц не должна превышать 1 мЗв.
- Установленный предел годового профилактического облучения может быть превышен лишь в условиях неблагоприятной эпидемиологической обстановки, требующей проведения дополнительных исследований или вынужденного использования методов с большим дозообразованием. Такое решение о временном вынужденном превышении этого норматива профилактического облучения принимается Министерством здравоохранения Республики Беларусь.
- Проведение научных исследований на людях с источниками излучения должно осуществляться по решению Министерства здравоохранения Республики Беларусь. При этом требуется обязательное письменное согласие испытуемого и предоставление ему информации о возможных последствиях облучения.
- Лица (не являющиеся работниками рентгенорадиологического отделения), оказывающие помощь в поддержке пациентов (тяжелобольных детей) при выполнении рентгенорадиологических процедур, не должны подвергаться облучению в дозе, превышающей 5мЗв в год.
- Мощность дозы гамма-излучения на расстоянии 1 м от пациента, которому с терапевтической целью введены радиофармацевтические препараты, не должна превышать при выходе из радиологического отделения 3 мкЗв·ч.
- При использовании источников облучения в медицинских целях контроль доз облучения пациентов является обязательным.

Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002) в главе 23: “Радиационная безопасность пациентов и населения при медицинском облучении” содержат требования:

- Радиационная безопасность пациентов и населения должна быть обеспечена при всех видах медицинского облучения (профилактического, диагностического, лечебного, исследовательского) путем достижения максимальной пользы от рентгенодиагностических процедур и всесторонней минимизации радиационного ущерба при безусловном превосходстве пользы для облучаемых над вредом.
- Медицинское облучение пациентов с целью получения диагностической информации или терапевтического эффекта проводится только по назначению врача и с согласия пациента. Окончательное решение о проведении соответствующей процедуры принимает врач-рентгенолог или врач-радиолог.
- Медицинское диагностическое облучение осуществляется по медицинским показаниям в тех случаях, когда отсутствуют, или нельзя применить, или недостаточно информативны другие альтернативные методы диагностики.
- Все применяемые методы лучевой диагностики и терапии должны быть утверждены республиканским органом государственного управления, ведающим вопросами здравоохранения. В описании методов необходимо отразить оптимальные режимы выполнения процедур и уровни облучения пациента при их выполнении.
- Регламенты проведения всех видов рентгенорадиологических диагностических исследований должны гарантировать отсутствие детерминированных лучевых эффектов.
- Облучение людей с целью получения научной медицинской информации может осуществляться по решению республиканского органа государственного управления, ведающего вопросами здравоохранения, в пределах установленных

допустимых уровней облучения при обязательном письменном согласии обследуемых после предоставления им сведений о возможных последствиях облучения.

- При проведении лучевой терапии должны быть предприняты все возможные меры для предотвращения лучевых осложнений у пациента.
- Для рентгенорадиологических медицинских исследований и лучевой терапии должна использоваться аппаратура, зарегистрированная республиканским органом государственного управления, ведающим вопросами здравоохранения.
- Отделения (подразделения) лучевой терапии и диагностики должны иметь и использовать при выполнении лечебно-диагностических процедур обязательный набор средств радиационной защиты пациента и персонала.
- Наборы табельных средств защиты пациента и персонала в различных отделениях и кабинетах лучевой терапии и диагностики утверждаются республиканским органом государственного управления, ведающим вопросами здравоохранения.
- Медицинский и технический персонал, выполняющий или обеспечивающий выполнение рентгенорадиологических исследований или радиотерапевтических процедур, должен иметь специальную подготовку по этим вопросам и периодически проходить переподготовку (усовершенствование). Персонал, не имеющий специальной подготовки, к данной работе не допускается.
- Медицинский персонал, занимающийся рентгенорадиологической диагностикой и терапией, обязан осуществлять защиту пациента, поддерживая на возможно низком уровне индивидуальные дозы их облучения. Доза, полученная пациентом, подлежит регистрации.
- Дозы облучения пациента от проведения каждого рентгенорадиологического исследования и процедуры лучевой терапии должны вноситься в персональный лист учета доз медицинского облучения, являющийся обязательным приложением к его амбулаторной карте.
- По требованию пациента ему предоставляется информация об ожидаемой или полученной дозе облучения и о возможных последствиях от проведения рентгенорадиологических процедур.
- Медицинский персонал не имеет права прямо или косвенно влиять на увеличение облучения пациента в целях сокращения собственного профессионального облучения.
- При введении пациенту радиофармацевтического препарата с терапевтической целью врач должен рекомендовать ему временное воздержание от воспроизводства потомства.
- Введение радиофармацевтических средств с целью диагностики и терапии беременным женщинам не допускается.
- При введении с целью диагностики или терапии радиофармацевтических препаратов кормящим матерям должно быть временно приостановлено кормление ребенка грудью. Срок прекращения грудного кормления зависит от вида и количества вводимого препарата и определяется отдельными инструкциями.

В «Санитарных правилах и нормах. Гигиенических требованиях к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований», 2004 г. указывается, что система обеспечения радиационной безопасности при проведении медицинских рентгенологических исследований должна предусматривать практическую реализацию трех основополагающих принципов радиационной безопасности - нормирования, обоснования и оптимизации.

Принцип нормирования реализуется установлением гигиенических нормативов (допустимых пределов доз) облучения.

Для работников (персонала) средняя годовая эффективная доза равна 20 мЗв (0,02 зиверта) или эффективная доза за период трудовой деятельности (50 лет) - 1000 мЗв (1

зиверт); допустимо облучение в годовой эффективной дозе до 50 мЗв (0,05 зиверта) при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 20 мЗв (0,02 зиверта).

Для женщин в возрасте до 45 лет эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв (0,001 зиверта) в месяц.

Для практически здоровых лиц годовая эффективная доза при проведении профилактических медицинских рентгенологических процедур и научных исследований не должна превышать 1 мЗв (0,001 зиверта).

Принцип обоснования при проведении рентгенологических исследований реализуется с учетом следующих требований:

- приоритетное использование альтернативных (нерадиационных) методов;
- проведение рентгенодиагностических исследований только по клиническим показаниям;
- выбор наиболее щадящих методов рентгенологических исследований;
- риск отказа от рентгенологического исследования должен заведомо превышать риск от облучения при его проведении.

Принцип обоснования при проведении рентгенотерапии реализуется с учетом следующих требований:

- использование метода только в случаях, когда ожидаемая эффективность лечения с учетом сохранения функций жизненно важных органов превосходит эффективность альтернативных (нерадиационных) методов;
- риск отказа от рентгенотерапии должен заведомо превышать риск от облучения при ее проведении.

Принцип оптимизации или ограничения уровней облучения при проведении рентгенологических исследований осуществляется путем поддержания доз облучения на таких низких уровнях, какие возможно достичь при условии обеспечения необходимого объема и качества диагностической информации или терапевтического эффекта.

Обеспечение радиационной безопасности при проведении рентгенологических исследований включает:

- проведение комплекса мер технического, санитарно-гигиенического, медико-профилактического и организационного характера;
- осуществление мероприятий по соблюдению правил, норм и нормативов в области радиационной безопасности;
- информирование населения (пациентов) о дозовых нагрузках, возможных последствиях облучения, принимаемых мерах по обеспечению радиационной безопасности;
- обучение лиц, назначающих и выполняющих рентгенологические исследования, основам радиационной безопасности, методам и средствам обеспечения радиационной безопасности.

Пределы доз облучения пациентов с диагностическими целями не устанавливаются.

Для оптимизации мер защиты пациента необходимо выполнять требования вышеуказанных пунктов Правил.

При достижении накопленной дозы медицинского диагностического облучения пациента 500 мЗв должны быть приняты меры по дальнейшему ограничению его облучения, если лучевые процедуры не диктуются жизненными показаниями.

При получении лицами из населения эффективной дозы излучения за год более 200 мЗв, или накопленной дозы более 500 мЗв от одного из источников облучения, или 1000 мЗв от всех источников облучения необходимо специальное медицинское обследование, организуемое органами управления здравоохранения.

Защита пациентов при рентгенологических исследованиях

Управление качеством методов визуализации должно быть организовано так, чтобы высокое качество изображения устанавливалось для столь малой дозы, насколько это возможно (Михайлов А.Н., 2000).

При диагностических обследованиях тела пациента только 1/100 - 1/1000 часть первоначальной дозы проходит насквозь. Доза уменьшается также и вне вещества (тела), даже в воздухе. Интенсивность излучения, равно как и интенсивность света, уменьшается в обратной пропорции к квадрату расстояния от фокуса. Толщина тела пациента очень сильно влияет на входную дозу, необходимую для получения изображения.

На получаемую пациентом дозу радиации влияют следующие факторы:

1. Рентгенография (величина мА с число изображений) или рентгеноскопия (величина мА с длительность обследования).

2. Высокое напряжение (кВ) и его стабильность. Так, повышение напряжения на 10% снижает облучение на 15%. При напряжении 125 - 150 кВ облучение снижается в 2-2,5 раза по сравнению с напряжением 70-80 кВ.

3. Фильтрация рентгеновского луча.

Применение алюминиевых фильтров порядка 2-3 мм при повышенных напряжениях уменьшает экспозиционную дозу излучения на поверхности тела исследуемого в 3-5 раз. Применение дополнительного фильтра 0,2 мм меди снижает дозу в среднем еще на 25%.

4. Коллимация рентгеновского луча (блендирование).

Использование диафрагмы и тубусов позволяет регулировать величину поля облучения. При снимке только одно блендирование шириной 2 см по краю пленки 30×40 см уменьшает поверхностную дозу на 10%, а при снимке 18×24 см - на 20%. Кроме того, улучшается и качество снимка.

При работе с аппаратами без автоматического форматирования нужно производить блендирование вручную (признаком хорошей работы является наличие белого края со всех сторон пленки). При наличии формирующей автоматики, прежде всего, необходимо выбрать правильный формат кассеты. Затем проводится блендирование. Органы, особенно чувствительные к облучению, при хорошем блендировании не попадают в зону облучения. Кроме того, рентгеновская картина становится более контрастной, потому что возникает меньше рассеянного излучения.

Имеются измерительные приборы, которые позволяют определить произведение площадь × доза при рентгенографии и рентгеноскопии. Существуют некоторые рентгеновские генераторы, которые с помощью дополнительных опций могут получить тот же результат расчетным путем на основе имеющихся данных об экспозиции. Наряду с этим они имеют систему обратной связи для снижающего дозовую нагрузку режима работы и дают правильный ответ о лучевой нагрузке.

5. Кожно-фокусное расстояние (КФР).

При увеличении КФР уменьшается не только входная, но и выходная экспозиционная доза. Для сохранения прежней величины выходной дозы излучения и качества изображения необходимо увеличить экспозицию или повысить напряжение. Поэтому их необходимо сочетать с фильтрацией и применением отсеивающей решетки, что приводит к уменьшению экспозиционной дозы в 1,5 - 2 раза.

6. Правильное определение позиции при рентгенографии. Например, снимок черепа в передне-задней проекции вызывает 50 -100-кратную органную дозу на хрусталик глаза по сравнению с задне-передней проекцией. Далее, передне-задний снимок легких вместо задне-переднего дает 5-кратное увеличение дозы на молочную железу.

7. Чувствительность экрана, усилители и детекторы изображения.

Комбинации: рентгеновская пленка - экран усиливающий (РП-ЭУ), имеют важнейшее значение. В настоящее время стандартной является усиливающая фольга, содержащая материалы из группы редкоземельных металлов (например, гадолиний, лантан). Она является (при одинаковой четкости изображения) более чувствительной, чем фольга из вольфрамата кальция. Имеются комбинации "пленка - фольга" различной чувствительности, например 200-я система нуждается лишь в половине дозы, необходимой для 100-й; градация предлагаемых систем осуществляется, как правило, с

удвоением или делением пополам дозовой потребности (подобное существует и в фотографии). Более чувствительная фольга означает меньшую четкость. Оптимальными комбинациями РП-ЭУ для диагностических целей являются:

- 200-я SE-система (универсальный ЭУ, содержащий люминофор редкоземельных металлов);
- 100-я SE- система для решения задач, требующих более высокой разрешающей способности (например кисть, предплечье, стопа);
- 400-я SE-система для случаев, где возможно меньшее разрешение (желудок, ободочная кишка, поясничный отдел позвоночника);
- 800-я SE -система дополнительно там, где имеется детская радиология.

Данные положения могут подходить и для устройств, с помощью которых можно проводить цифровую радиографию, усиливающую изображение - с неперенными ограничениями при максимально возможной разрешающей способности, но с отчетливым уменьшением дозы. Однако следует учитывать, какая степень чувствительности является адекватной для решения поставленной задачи. При применении вдвойне более чувствительного ЭУ доза уменьшается наполовину.

8. Толщина тела пациента и поглощение излучения его тканями.

9. Свинцовая дифракционная отсеивающая решетка. Дифракционная решетка не применяется для снижения дозы, но она подавляет рассеянное излучение. Когда имеют дело с тонкими объектами, которые дают мало рассеянного излучения, можно отказаться от решетки при свободной регулировке съемочных параметров. Сюда входит:

- снимки конечностей в контактной технике,
- исследования грудных и маленьких детей,
- маммографические снимки с толщиной объекта ниже 5 см.

10. Использование сохранения изображения (при проведении исследований, при хирургических вмешательствах). Внедрение программно-аппаратных комплексов по обработке и архивации видеоизображений позволяет также значительно снизить дозу облучения пациентов.

Влияние физико-технических условий на степень облучения пациента необходимо рассматривать применительно к методам рентгенологического исследования и качеству излучения. Так, применение повышенных напряжений создает целый ряд преимуществ при использовании рентгенографии. В первую очередь становится видимым большое количество деталей, расположенных на различном уровне, уменьшается экспозиция, а следовательно, и электрическая мощность на аноде трубки. Последнее дает возможность применять рентгеновские трубки с малыми фокусами (острофокусные), что в свою очередь повышает качество снимков.

С сокращением экспозиции, в частности, в результате сокращения выдержки в 4-5 раз, уменьшается и динамическая нерезкость. Вследствие сокращения выдержки уменьшается и доза излучения на 30 - 45 %.

Основными приемниками рентгеновского излучения, прошедшего через исследуемый объект, являются флюоресцирующие экраны. За счет их светоотдачи обеспечивается более 95% оптической плотности почернения рентгеновской пленки. Недостаточное свечение экранов в случае частичной потери ими светоотдачи компенсируют обычно увеличением тока трубки, что приводит к пропорциональному увеличению степени облучения больного. Что касается РП, то она в меньшей степени влияет на дозу облучения обследуемого, чем светоотдача ЭУ.

Помимо качества пленки и ЭУ, значительное влияние на уровень облучения пациента при рентгенографии оказывает соблюдение режима химической обработки пленки и качества проявления. Под режимом обработки пленки подразумевается температура проявителя и время обработки (проявления). Особенно важен последний фактор, так как рассматривание недопроявленной пленки обычно приводит к повышению

экспозиции при повторном исследовании (Кишковский А.Н., Тютин Л.А., Есиновская Г.Н., 1987).

При рентгеноскопии доза облучения существенно выше, чем при рентгенографии (см. табл.). Однако во многих случаях необходимо наблюдение просвечиваемого объекта в динамике. Наиболее значительное продвижение в решении проблемы снижения дозовой нагрузки при рентгеноскопии было достигнуто благодаря применению электронно-оптического преобразователя (ЭОП) в сочетании с телевизионной системой. Принцип действия ЭОП или усилителя рентгеновского изображения (УРИ) состоит в преобразовании рентгеновского изображения в электронное, с дальнейшим превращением электронного изображения в световое, с повышенной по сравнению с обычным флюоресцентным экраном яркостью. Применение телевизионной установки в сочетании с ЭОП позволяет снизить в 3-5 раз получаемую при просвечивании дозу и значительно улучшить качество диагностического изображения. В последнее время для снижения дозы облучения при рентгеноскопии используется пульсовое просвечивание. Пульсовое просвечивание является методом, который, не уменьшая времени исследования, уменьшает время воздействия излучения. Это означает преобразование непрерывного излучения в отдельные лучевые импульсы и переработку сохраненного изображения в вариант полного изображения. При этом снижается доза облучения при сохранении качества диагностического изображения.

Правильное использование всех перечисленных физико-технических факторов, влияющих на степень облучения пациентов при рентгенологических исследованиях, полностью зависит от квалификации и ответственности персонала рентгенодиагностического кабинета. В ближайшее время практически во всех рентгеновских кабинетах будет установлена современная защитная и безопасная рентгенодиагностическая аппаратура, позволяющая максимально сократить лучевое воздействие на пациента.

В настоящее время существует несколько различных методов оценки лучевой нагрузки при рентгенологическом исследовании по значениям дозы в воздухе, дозы на поверхности поля облучения, интегральной дозе, дозе облучения гонад, кроветворных органов и т.д. Хотя величина лучевой нагрузки зависит от каждого из указанных выше факторов, значение этих факторов (доз облучения) в каждом отдельном случае рентгенологического исследования различно и связано с локализацией процесса, возрастом, полом пациента и т.д.

Защита персонала при рентгенологических исследованиях

Наиболее подвержен облучению тот персонал, который непосредственно работает с источниками излучения или находится в зоне излучения (например, медсестры, поддерживающие маленьких детей).

При решении вопроса о защите медицинского персонала необходимо соблюдать следующие правила:

1. При проведении рентгенологических исследований необходимо работать быстро, максимально ограничить диафрагмой рабочий пучок излучения.
2. Использовать защитную одежду.
3. Находиться при проведении процедур на достаточном удалении от источников радиации.
4. Важное значение имеет определение показаний, выбор метода и алгоритма исследования. Речь идет о необходимом соотношении пользы и вреда.

Очень важны для обеспечения радиационной безопасности устройства сигнализации и знаки безопасности, предупреждающие персонал и больных о том, что в

данном помещении проводится рентгенологическое исследование и рентгеновский аппарат работает.

Во время работы стационарного рентгенологического аппарата общего назначения персонал распределяется по рабочим местам следующим образом: врач находится за экраном - съемочным устройством (ЭСУ) поворотного стола-штатива в процедурной (если аппарат не снабжен УРИ), рентгенолаборант - за пультом управления в комнате для разделения больных или в фотолаборатории.

Рентгенолаборант помогает врачу в ходе проведения специальных сложных исследований: укладывает больного, подает кассеты и т.д. Санитарка приходит в процедурную по вызову врача: подает больному бариевую смесь, делает бариевую клизму, поддерживает тяжелобольного.

Защита врача - рентгенолога обеспечивается, в первую очередь, экранированием и сокращением времени пребывания в зоне облучения. Врач должен максимально ограничивать рабочий пучок излучения диафрагмой, пользоваться стандартными защитными средствами: ширмами, фартуками, юбками, защитными очками, перчатками.

Сокращение времени облучения достигается более тщательной подготовкой к исследованию, выбором оптимального метода, сокращением времени самого исследования, более тщательным отбором больных, подлежащих обследованию.

Если в кабинете используется аппарат с усилителем рентгеновского изображения, рентгенолог находится сбоку от ЭСУ (экранно-снимочное устройство) на расстоянии, позволяющем управлять аппаратом с пульта ЭСУ и при необходимости пальпировать больного.

Следует отметить, что при использовании УРИ (усилителя рентгеновского изображения) лучевая нагрузка на больного заметно уменьшается, однако врач в наименее защищенной зоне подвергается воздействию интенсивного рассеянного излучения. При работе с УРИ облучение врача может иногда превысить допустимый уровень. Для снижения мощности дозы на рабочем месте врача применяют дополнительную защиту ЭСУ. Наиболее радикальной мерой защиты врача можно считать использование дистанционно-управляемых поворотных столов-штативов, дающее врачу возможность покинуть зону облучения.

Наиболее тяжелые радиационные условия для врача возникают при проведении ирригоскопии, когда обследуемый находится в горизонтальном положении. В этом случае врач и другие лица, участвующие в исследовании, обязаны пользоваться защитной одеждой, в частности, защитным фартуком. Проводить эти исследования, сидя на деке штатива, запрещается.

Аналогичные требования к защите персонала предъявляются при таких продолжительных исследованиях горизонтально лежащих больных, как рентгенобронхологические, ангиографические, рентгеноурологические под контролем УРИ, исследования в операционных. В этих исследованиях, кроме рентгенолога, участвуют хирург и анестезиолог, которые подвергаются большой лучевой нагрузке так как, во-первых, они располагаются вблизи источника излучения и поэтому находятся в наиболее опасной зоне; во-вторых, сосредоточив внимание на операции, они, как правило, не обращают внимания на облучение, а руки хирурга находятся в зоне прямого пучка лучей. Здесь чувство большой ответственности и предельную внимательность обязан проявить рентгенолаборант, который должен отключать аппарат сразу же, как минует необходимость в его работе.

Рентгенолаборант, находящийся за пультом управления, лучше, чем врач, защищен стационарными защитными средствами, он наблюдает за исследованием через защитное смотровое окно, находящееся в стене между процедурной и комнатой управления. Это дает ему возможность сосредоточить больше внимания на показаниях прибора пульта и своевременном выключении аппарата.

Санитарка, обслуживающая рентгеновский кабинет, должна минимальное время находиться в процедурной при проведении исследования. Как только отпадает необходимость в ее помощи врачу и рентгенолаборанту, она должна покинуть зону облучения.

Находясь возле больного во время исследования, санитарка обязана быть в защитном фартуке и перчатках. При контрастном исследовании санитарка должна находиться за защитной ширмой.

Переносными и передвижными аппаратами оснащены травматологические пункты, заводские амбулатории, медико-санитарные части и крупные лечебно-профилактические учреждения. Работу на этих аппаратах выполняют, как правило, рентгенолаборанты и врачи-травматологи под периодическим контролем сотрудников рентгеновского отделения.

Переносные и передвижные аппараты эксплуатируются в помещениях, часто не имеющих стационарных средств радиационной защиты. Основным способом уменьшения облучения персонала на работе на этих аппаратах является его удаление от источников излучения. При производстве снимков рентгенолаборант, уложив больного, должен отойти на максимально возможное расстояние от рентгеновской трубки и включить аппарат. Если снимки производят в здании лечебного учреждения, лаборант должен пользоваться защитной ширмой. При выезде на предприятие или на квартиру вместо ширмы нужно пользоваться защитным фартуком. Рентгеновский излучатель при таких исследованиях должен быть установлен так, чтобы излучение было направлено в сторону, где нет людей.

Защита пациентов при радионуклидной диагностике

Проведение радиодиагностических процедур, как правило, связано с небольшой дозой облучения, неспособной вызвать нестохастические лучевые поражения, однако, как и в рентгеновской диагностике, не исключается возможность стохастических эффектов.

Также как и в рентгеновской диагностике проводится регламентация дозовых нагрузок на пациентов и персонал при радионуклидной диагностике. Однако защита пациентов на основе физических принципов защиты от ионизирующей радиации в условиях радионуклидной *in vivo* диагностики возможна только за счет уменьшения количества вводимых в организм радионуклидов. Снижение дозовых нагрузок достигается использованием современных аппаратурных и методических возможностей при сохранении необходимой диагностической информации. Так, натрий йодид (Na^{131}I), вызывающий сравнительно большое дозовое воздействие, в настоящее время для диагностики практически не применяется.

Защита персонала при радионуклидной диагностике

Радиационная защита от внешнего облучения. На выбор средств защиты влияют многие факторы, главными из которых являются: 1) физические характеристики излучения; 2) время действия излучения на персонал; 3) расстояние между источником излучения и рабочим местом; 4) степень экранирования и радиационные свойства защитного материала. Учет совокупностей этих факторов позволяет рассчитать и осуществить на практике радиационную защиту персонала от внешнего излучения и обеспечить не превышение основных дозовых пределов. Из перечисленных факторов вытекают 3 принципа радиационной защиты: защита временем, расстоянием и экранированием.

Радиационная защита от внутреннего облучения. Задача защиты при внутреннем облучении более сложная, чем при внешнем, так как, когда радионуклид находится внутри организма, изменить условия в сторону усиления защиты невозможно.

Количество радионуклида, поступившего в организм, как и пути его поступления, зависят от ряда факторов, в частности, от активности препарата, характера проводимых работ, использования защитных приспособлений, соблюдения требований радиационной безопасности и организации санитарно-дозиметрического контроля. ОСП-2002

регламентируют количества активности радионуклидов на рабочем месте (защита количеством). Поступление радиоактивных веществ во внешнюю среду предупреждается защитными мероприятиями, основное назначение которых - не допустить бесконтрольное поступление радионуклидов в зону нахождения персонала. К этим мероприятиям относятся: автоматизация операций с открытыми источниками, использование герметизированных защитных камер, контейнеров и вытяжных шкафов, а также использование средств индивидуальной защиты.

Защита пациентов при лучевой терапии

При лучевой терапии злокачественных опухолей поглощенные дозы ионизирующего излучения определяются согласно клиническим показаниям в соответствии с принципами радиационной онкологии и направлены на достижение максимальной избирательности поражения опухолей. Так как дозы при этом используются большие, в отличие от лучевой диагностики, лучевое воздействие на пациентов сопровождается детерминированными эффектами со стороны здоровых тканей, однако при этом не должна быть превышена толерантность, т.е. предельная лучевая нагрузка, не приводящая к необратимым изменениям ткани. Лечебное использование источников ионизирующих излучений из рассмотрения частоты стохастических эффектов принято исключать, поскольку оно в большинстве случаев имеет место лишь при злокачественных новообразованиях. Лица, страдающие такими заболеваниями, в силу характера заболеваний и возраста, в котором они развиваются, не могут обусловить существенный вклад в генетически значимую дозу. С учетом латентного периода, присущего индуцируемым радиацией опухолям, является практически несущественным и риск возникновения новой опухоли в результате терапевтического облучения уже имеющегося новообразования. Вместе с тем, в лучевой терапии особое значение имеют детерминированные поражения, если учесть, что отклонение в подводимой дозе на 5% считается критическим как для излечения опухоли, так и для воздействия на нормальные ткани.

При этом используется принцип обоснования и оптимизации в соответствии с НРБ-2000. При проведении лучевой терапии должны быть приняты все возможные меры для предотвращения лучевых осложнений у пациента (ОСП-2002).

Самым важным для защиты больного в лучевой терапии является точное подведение правильно назначенной дозы излучения на зону опухолевого поражения при минимально возможном облучении здоровых тканей.

В связи с этим предъявляются высокие требования к дозиметрическому обеспечению лучевого лечения. Для чего предусматривается оснащение радиологических отделений рентгенологическими симуляторами, дозиметрическими и планирующими системами.

Большое значение имеют рентгеновские компьютерные томографы, позволяющие с большой точностью перенести геометрические параметры облучаемых структур в компьютерную систему планирования облучения.

Контроль правильности выбранных полей облучения устанавливается с помощью специального рентгенодиагностического аппарата: рентгенологического симулятора облучения, который позволяет проводить рентгеноскопию и рентгенографию для точной локализации поля облучения и выбора направления пучка излучения с учетом объема мишени.

Для выполнения сложных дозиметрических расчетов цифровые копии рентгеновских компьютерных томограмм переносятся в компьютерную систему планирования облучения. Для компьютера, используемого в планировании облучения, должна быть подготовлена программа гарантии качества, включая тестовую программу, чтобы иметь уверенность в том, что компьютерная система планирования облучения работает со стабильной точностью.

Планирование облучения при лучевой терапии с использованием открытых радионуклидных источников основано на учете метаболизма радиофармацевтического

препарата, а также его физических характеристик. На основании этой информации, зная примерные значения масс органов и тканей, выполняются расчеты доз излучения как в объеме мишени, так и в органах и тканях представляющих интерес.

При внешнем дистанционном облучении больного нужно укладывать так, чтобы укладка была воспроизводимой. Больной должен находиться в удобном положении; при необходимости используются средства иммобилизации. Эти средства применяют для воспроизведения положения больного при каждом сеансе облучения; они имеют особое значение, когда больному трудно самому сохранять желательное положение облучения.

Нужно заранее рассчитать и независимо проверить продолжительность облучения.

Для защиты нормальных тканей часто помещают в пучок излучения поглощающие материалы: фигурные блоки, клиновидные фильтры, решетчатые диафрагмы, компенсирующие фильтры.

Контроль характеристик пучка излучения и непосредственные измерения на пациенте осуществляются с помощью соответствующих дозиметров. При внешнем облучении дозные измерения должны давать дозы излучения в определенных точках при определенных условиях с погрешностью $\square 3\%$. Измерения глубинных доз, коэффициентов ослабления клиновидных фильтров и приставок для блоков должны выполняться с погрешностью $0,52\%$. Активность используемого радионуклида следует знать с погрешностью $\square 5\%$.

Имеются программы контроля качества оборудования для лучевой терапии, включая приемные испытания и периодические эксплуатационные испытания для проверки неизменности начальных условий.

Защита персонала при проведении лучевой терапии

По степени радиационной опасности методы лучевого лечения можно расположить в следующем порядке: внутрисполостная терапия с помощью традиционных методов введения радиоактивных препаратов, терапия с помощью шланговых аппаратов и дистанционная терапия.

Радиационная защита персонала при проведении дистанционной лучевой терапии зависит главным образом от качества стационарной защиты, продолжительности и количества укладок на гамма-аппаратах и системы мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций. Помещения для дистанционной лучевой терапии располагаются в отдельных зданиях или в изолированных частях лечебных корпусов. Из зала облучения во время сеанса удаляются все лица, кроме больного. Пульт управления выносится в смежное помещение, и связь с больным во время процедуры облучения поддерживается по телефону и с помощью замкнутой телевизионной системы. Вход в помещение, где находится мегавольтный источник или гамма-аппарат, выполняется в виде лабиринта.

С помощью блокировки защитной двери гарантируется невозможность внезапного появления персонала в зоне облучения.

В помещениях для дистанционной лучевой терапии запрещено проводить какие-либо работы, не предусмотренные должностной инструкцией и другими нормативными документами, если эти работы не направлены на предотвращение аварий и других обстоятельств, угрожающих здоровью работающих и нормальной работе учреждения.

Перезарядка гамма-терапевтических аппаратов должна производиться только специализированными организациями, имеющими разрешение СЭС на проведение этих работ.

При контактной лучевой терапии радиационная опасность для персонала заключается во внешнем облучении потоками гамма-квантов и бета-частиц (аппликаторы), что возможно на всех этапах работы с источниками. Радиационная безопасность при работе с закрытыми источниками гамма-бета-излучения реализуется двумя параллельными путями: применением защитных экранов, смотровых окон, дистанционных инструментов и правильной организацией работы, обеспечивающей минимальные затраты времени на проведение каждого этапа. Оба пути тесно связаны друг

с другим и зависят от технологической схемы подготовки и проведения лечебной процедуры. При ручном выполнении все манипуляции, связанные с проведением контактной терапии, являются радиационно опасными. Переход от ручных манипуляций к максимально возможной автоматизации процессов перемещения и обработки радиоактивных препаратов может значительно повысить радиационную безопасность при проведении контактной лучевой терапии. Большое значение для радиационной безопасности имеют квалификация и опыт обслуживающего персонала: быстрота и точность манипуляций с радионуклидами заметно снижают дозу облучения. Повышает радиационную безопасность внедрение метода последующего введения препаратов. Этот метод позволяет сократить объем радиационно опасных работ, упростить и удешевить систему радиационной защиты персонала, не снижая ее надежности. При этом может быть уменьшено число сотрудников, подвергающихся облучению. Дозы облучения персонала, работающего на шланговых аппаратах с последующим введением препаратов, сопоставимы с уровнями облучения при работе на современных установках для дистанционной лучевой терапии и значительно ниже ПД.

Для защиты персонала, осуществляющего аппликационную бета-терапию, применяются комбинированные экраны из легких (оргстекло, алюминий) и тяжелых (железо, свинец) материалов. Легкие материалы поглощают потоки бета-частиц, а возникающее при этом тормозное излучение ослабляется в тяжелых материалах второго слоя. Помимо применения комбинированных экранов, рекомендуется использовать защитные перчатки, дистанционные инструменты и защитные очки.

При работе с закрытыми источниками излучений существует потенциальная опасность радиоактивного загрязнения кожных покровов, спецодежды и рабочих поверхностей за счет нарушения герметичности источников. Это необходимо учитывать при проведении санитарно-дозиметрического контроля. Проверку герметичности закрытых источников необходимо проводить регулярно по разработанным методикам (мазки сухими и влажными материалами с последующим радиометрированием в колодезном счетчике). Также необходим регулярный контроль за радиоактивной загрязненностью рук, спецодежды, инструментария и рабочих поверхностей. При работе с закрытыми источниками малых размеров существует опасность его утери. В таких случаях необходимо иметь дозиметр-радиометр, с помощью которого можно незамедлительно приступить к поискам утерянного источника.

При работе с закрытыми источниками специальных требований к отделке помещений не предъявляют. Закрытые радиоактивные препараты, не пригодные по тем или иным причинам к дальнейшему использованию, считаются радиоактивными отходами и в установленном порядке сдаются на захоронение.

Лечебное и диагностическое использование открытых радиоактивных препаратов

Открытыми радиоактивными источниками называются такие, при использовании которых возможно попадание содержащихся в них радиоактивных веществ в окружающую среду. В медицинской радиологии открытые радиоактивные источники используются для лечебных и диагностических целей.

Комплекс защитных мер при работе с радиоактивными веществами в открытом виде должен обеспечивать предотвращение загрязнения воздуха, рабочих поверхностей, кожных покровов и одежды персонала в рабочих и смежных помещениях. Защитные меры должны применяться также и против возможного загрязнения внешней среды - воздуха, воды и почвы.

На всех этапах работы с открытыми радиоактивными веществами, начиная от хранения и кончая непосредственным использованием, наряду с опасностью внешнего облучения существует также опасность внутреннего облучения персонала при попадании радионуклида внутрь организма через органы дыхания и пищеварения и отчасти через кожные покровы. Одно и то же количество радиоактивного вещества при внутреннем облучении представляет большую опасность, чем при внешнем облучении, поскольку в

первом случае организм подвергается непрерывному облучению до тех пор, пока радиоактивное вещество не распадется или не будет выведено. При этом слабо проникающие излучения, такие как бета-частицы, полностью поглощаются тканями.

Как правило, даже при авариях через органы пищеварения и дыхания в организм попадает только небольшая часть радионуклида. Поэтому правильное обращение с открытыми радиоактивными источниками, строгое выполнение инструкций по технике радиационной безопасности уменьшают риск внутреннего облучения. Все же опасность, связанная с использованием открытых радионуклидов в лечебных целях, когда применяются большие активности, остается значительной. Это же относится и к работе с генераторами короткоживущих радионуклидов при радиоизотопной диагностике.

Радиационной опасностью внешнего облучения при работе с открытыми радиоактивными источниками также нельзя пренебрегать. При хранении, фасовке и введении радиофармацевтических препаратов в количестве нескольких десятков МБк дозы, получаемые персоналом, могут оказаться большими. Защита от внешнего излучения открытых радиоактивных источников должна предусматриваться не только при их расфасовке, но и в палатах, где находятся пациенты, которым радионуклиды введены в лечебных целях. При диагностическом использовании больших количеств активности короткоживущих радионуклидов, таких как ^{99m}Tc , особенно сразу после введения их пациентам, также необходимо предусматривать радиационную защиту персонала. Внешнее облучение может произойти и от радиоактивных отходов.

К числу основных профилактических мероприятий по обеспечению радиационной безопасности персонала, работающего с открытыми радиоактивными источниками, относятся следующие: 1) размещение и планировка помещений; 2) отделка помещений; 3) защитное и вспомогательное оборудование; 4) рациональные системы вентиляции и канализации; 5) сбор и удаление радиоактивных отходов; 6) выбор технологических режимов; 7) рациональная организация рабочих мест персонала; 8) соблюдение правил личной гигиены.

Требования к размещению и планировке помещений. В радиологических учреждениях, применяющих радиоактивные вещества в открытом виде, помещения для каждого класса работ сосредоточиваются в отдельном здании или в отдельной его части. При этом помещения для проведения работ с высокоактивными радионуклидами (лучевая терапия открытыми источниками) должны быть изолированы от помещений, в которых применяются открытые источники низкой активности (диагностика). Выполнение этого требования важно не только с точки зрения радиационной безопасности путем ограничения площади возможных радиоактивных загрязнений, но и с точки зрения создания благоприятных условий для эксплуатации высокочувствительной радиодиагностической аппаратуры.

Все работы с использованием открытых источников излучения разделяются на I класс, II класс, III класс. Класс работ устанавливается в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида и его физической активности на рабочем месте. Виды классов работ с открытыми радионуклидными источниками излучения представлены в приложении 12 к Правилам.

СанПиН 2.6.1.8-8-2002

Приложение 12 к Санитарным правилам и нормам 2.6.1.8-8-2002

«Основные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002)»

Виды классов работ с открытыми радионуклидными источниками излучения

Класс работ	Суммарная активность на рабочем месте приведенная к группе А, Бк
I класс	более 10^8
II класс	от 10^5 до 10^8

Отделения, применяющие открытые радиоактивные источники с лечебной целью, как правило, оборудуются в соответствии с требованиями к помещениям II класса работ. В радиодиагностических лабораториях по II классу работ создаются только хранилища и фасовочные. Остальные же помещения, предназначенные для радиодиагностических исследований, должны отвечать требованиям III класса работ.

К размещению и планировке помещений для работ III класса специальных требований нет. Работы этого класса производятся в отдельных помещениях.

Помещения для работ II класса изолируются от других помещений санитарным пропускником (душевой) с постом дозиметрического контроля.

Работы I класса в медицинских радиологических учреждениях не проводятся. Высота помещений для работы с открытыми радиоактивными источниками устанавливается в соответствии с общими строительными нормами. Площадь в расчете на одного работающего должна быть не менее 10 м^2 .

Требования к отделке помещений. В отделке помещений, предназначенных для работы с открытыми радиоактивными источниками, необходимо сочетать требования эффективной дезактивации и профилактики зрительного утомления. Для помещений постоянного пребывания персонала рекомендуются светлые тона окраски стен. Отличные от них, но также светлые тона следует применять в помещениях временного пребывания.

Стены и потолки помещений покрываются специальными слабосорбирующими материалами и красками, стойкими к растворам кислот. Полы покрываются слабосорбирующими материалами, например, пластикатами специальных рецептур.

Для удобства уборки и дезактивации углы помещений закругляются. Края покрытий полов должны иметь простейшие профили, а подоконники - либо отсутствовать, либо быть скошенными. Полотна дверей - гладкие, щитовой конструкции. При наличии спецканализации полы должны иметь уклон и трапы.

Требования к защитному и вспомогательному оборудованию. В помещениях для работ III класса защиту от внешнего излучения обеспечивает набор защитных экранов. Для каждой манипуляции с открытыми радиоактивными источниками следует иметь специальное оборудование, соответствующее виду используемого радионуклида и его активности. Это оборудование должно включать передвижные защитные экраны, дистанционный инструментарий (щипцы, захваты, держатели, пинцеты), лотки, поддоны, кюветы и т.п. Дистанционные инструменты и местная экранировка обеспечивают достаточно надежную защиту от внешнего излучения бета- и гамма-источников активностью до нескольких сотен МБк. При работе со значительно большими активностями может потребоваться специально сконструированное оборудование с дистанционным управлением ("горячие" камеры). Генераторы короткоживущих радионуклидов должны находиться в надежной защите, чтобы получение элюата не привело к опасности внешнего облучения.

Помещение для работ III класса оборудуется вытяжными шкафами или боксами, способными обеспечить необходимую защиту. Для приготовления защитного и технологического оборудования используются слабосорбирующие материалы и покрытия, стойкие к дезактивационным растворам кислот и щелочей.

Оборудование и рабочая мебель должны иметь гладкие поверхности, простую конструкцию и слабосорбирующие покрытия, облегчающие удаление радиоактивных загрязнений. Применение мягкой мебели категорически запрещается. Оборудование, инструменты и мебель должны закрепляться за помещениями каждого класса и иметь соответствующую маркировку. Передача их из одного помещения в другое допускается только после тщательного радиометрического контроля.

Раковины и мойки для мытья загрязненной посуды и инструментария, а также умывальники должны быть снабжены кранами с локтевым или педальным управлением.

Промывка унитазов в туалетах осуществляется педальным спуском воды. Дренажные трубы раковин-моек должны по возможности прямо соединяться с основной сточной трубой. Стоки должны быть доступными для периодического радиационного контроля.

Требования к вентиляции, канализации и отоплению. Вентиляционные и очистные устройства должны предотвращать загрязнение воздушной среды рабочих помещений и атмосферного воздуха. Удаляемый из вытяжных шкафов и боксов воздух должен подвергаться перед выбросом в атмосферу очистке на эффективных фильтрах. Фильтры следует устанавливать непосредственно у шкафов и боксов. Распределение и удаление воздуха системами вентиляции по рабочим помещениям должны создавать общее направленное движение воздушных потоков из помещений с меньшим возможным радиоактивным загрязнением в помещения с большим загрязнением.

Расчетные скорости воздуха в рабочих проемах вытяжных шкафов и боксов должны быть не менее 1,5 м/сек.

Обязательным является устройство отдельных систем вентиляции для помещений, в которых проводятся работы с открытыми радиоактивными препаратами и для помещений, где такие работы не проводятся. Разрешается удалять вентиляционный воздух без очистки, если его суммарный выброс за год не превысит установленного для организации допустимого значения выброса. При этом уровни внешнего и внутреннего облучения населения не должны превышать установленных квот.

В хозяйственно-бытовую канализацию допускается сброс сточных вод, концентрация радиоактивности в которых не более чем в 10 раз превышает уровни вмешательства при поступлении с водой, приведенные в соответствии с НРБ-2000. Спецканализация с очистными сооружениями устраивается в том случае, когда жидкие радиоактивные отходы образуются объемом свыше 200 л ежедневно с удельной активностью, в 10 и более раз превышающей уровни вмешательства для воды. Приемники для слива радиоактивных растворов (раковины, трапы и т.п.) в системе спецканализации должны изготавливаться из коррозионностойких материалов. Конструкция этих приемников должна исключать возможность разбрызгивания растворов при сливе. В помещениях, где проводятся работы с открытыми радиоактивными источниками, рекомендуется устройство панельного отопления. В случае применения радиаторов они должны быть гладкими, удобными для дезактивации.

Сбор, хранение и удаление радиоактивных отходов.

Радиоактивные отходы по агрегатному состоянию подразделяются на жидкие, твердые и газообразные.

К жидким радиоактивным отходам относятся не подлежащие дальнейшему использованию органические и неорганические жидкости, пульпы и шламы, в которых удельная активность радионуклидов более чем в 10 раз превышает значения уровней вмешательства при поступлении с водой, приведенные в приложении 3 НРБ-2000.

К твердым радиоактивным отходам относятся отработавшие свой ресурс радионуклидные источники, не предназначенные для дальнейшего использования материалы, изделия, оборудование, биологические объекты, грунт, а также отвержденные жидкие радиоактивные отходы, в которых удельная активность радионуклидов больше значений, приведенных в приложении 19 НРБ-2000, а при неизвестном радионуклидном составе удельная активность больше:

100 кБ/кг – для источников бета-излучения;

10 кБ/кг – для источников альфа-излучения;

1,0 кБ/кг – для трансурановых радионуклидов.

При малых количествах жидких радиоактивных отходов (до 200 л) они должны собираться в специальные емкости для последующего захоронения в специальных пунктах. В организациях где возможно образование значительного количества жидких радиоактивных отходов (более 200 л в день), проектом должна быть предусмотрена система спецканализации. В спецканализацию не должны попадать нерадиоактивные

стоки. Запрещается сброс жидких радиоактивных отходов в хозяйственно-бытовую и ливневую канализацию, водоемы, поглощающие ямы, колодцы, скважины, на поля орошения, поля фильтрации, в системы подземного орошения и на поверхность земли.

Твердые и подлежащие захоронению жидкие радиоактивные отходы, содержащие радионуклиды с периодом полураспада не более 15 сут выдерживаются в течение времени, обеспечивающего снижение активности до допустимых концентраций. После такой выдержки твердые отходы удаляются с обычным мусором, а жидкие - в хозяйственно-бытовую канализацию.

В радиологических подразделениях, в которых проводятся работы с открытыми радиоактивными источниками, назначается лицо, ответственное за сбор, временное хранение и отправку на захоронение радиоактивных отходов. В процессе работы с открытыми радиоактивными источниками отходы собираются в специальные сборники-конвейеры жидких и твердых радиоактивных отходов. Сбор этих отходов производится раздельно. Сборники-конвейеры должны быть закрытого типа, а их внутренние поверхности - гладкими, выполненными из слабосорбирующих материалов и допускающими обработку специальными дезактивирующими растворами. Для временного хранения радиоактивных отходов в учреждении выделяется отдельное помещение, желательно вне стен здания, в котором работают люди. Помещение для временного хранения радиоактивных отходов должно иметь отделку, соответствующую требованиям II класса.

Захоронение радиоактивных отходов вне централизованных пунктов категорически запрещается.

Требования к технологическим режимам. Все работы, связанные с возможностью поступления радиоактивных веществ в воздух рабочих помещений должны производиться в камерах, боксах и вытяжных шкафах, оборудованных вытяжной вентиляцией и имеющих необходимую защиту. Все прочие работы можно производить на специальных лабораторных столах за защитными ширмами и экранами с использованием дистанционных инструментов и другого защитного оборудования.

Операции с радиоактивными веществами в боксах и вытяжных шкафах должны выполняться с помощью дистанционных инструментов или через перчатки, герметично смонтированные в фасадную стенку.

При возможности выбора радиоактивных источников для работы следует использовать радионуклиды меньшей радиотоксичности.

В каждом радиологическом подразделении, использующем радионуклиды в открытом виде, должны быть отработаны четкие технологические схемы и режимы работы с открытыми радиоактивными источниками.

На каждом этапе работы с открытыми радиоактивными препаратами в соответствии с принятой технологической схемой и конкретными условиями должны быть предусмотрены меры радиационной защиты, необходимый инструментарий и приспособления, последовательность операций, четкое взаимодействие сотрудников.

Выполнение всех этих требований направлено на обеспечение радиационной безопасности персонала.

Организация рабочих мест. При организации рабочих мест персонала размещение оборудования, аппаратуры и дистанционных инструментов, а также средств управления должно осуществляться с учетом зон доступности для работающего и обеспечение рационального чередования рабочих поз на основе антропометрических и психофизиологических показателей.

Количество радионуклида на рабочем месте должно быть минимально. Число операций, при которых возможны потери радионуклида, должно быть доведено до минимума. При работе с открытыми радиоактивными источниками следует пользоваться пластиковыми пленками, фильтровальной бумагой и другими подсобными материалами разового пользования для ограничения загрязнения рабочих мест, оборудования и

помещений. Работы следует проводить на лотках, поддонах и кюветах, выполненных из слабосорбирующих материалов.

Оборудование, посуда и инструменты в рабочих помещениях должны маркироваться. Их нельзя использовать для работы в помещениях более низкого класса без тщательной радиометрической проверки.

Число людей в помещении, где выполняются операции с большими количествами активности, должно быть минимально, однако желательно, чтобы присутствовал сотрудник, который при необходимости мог бы оказать помощь работающему.

Знаками радиационной опасности отмечаются не только помещения, в которых ведутся работы с радионуклидами, но при необходимости отдельные части помещений и рабочие места, если там имеются особо высокие уровни излучений и существует опасность радиоактивного загрязнения.

Персонал должен быть надлежащим образом информирован о радиационной опасности, с которой связана его работа, и о необходимых мерах предосторожности. Он должен быть обучен надежным и эффективным методам радиационной защиты. Для каждого рабочего места должна быть разработана по технике радиационной безопасности, согласованная с конкретными условиями работы.

По окончании работы каждый сотрудник должен убрать свое рабочее место, отправить оставшиеся неизрасходованными радиоактивные препараты в хранилище и при необходимости дезактивировать наружную поверхность посуды, инструмента, рабочего стола до допустимых уровней. Проведение этих операций может осуществляться специально выделенными сотрудниками.

Правила личной гигиены. Персонал, работающий с радиоактивными веществами в открытом виде, обеспечивается индивидуальными средствами защиты в зависимости от вида и класса проводимых им работ. Так, при работах I класса и при отдельных работах II класса персонал обеспечивается комбинезонами, шапочками, спецбельем, носками, легкой обувью или ботинками, перчатками, полотенцами и носовыми платками разового пользования. При опасности радиоактивного загрязнения воздуха персонал также обеспечивается средствами защиты органов дыхания (респираторы, а при некоторых видах особо опасных работ - пневмокостюмы). При работах II класса и отдельных видах работ III класса персонал обеспечивается халатами, шапочками, перчатками, легкой обувью и при необходимости средствами защиты органов дыхания. Работы с радиоактивными растворами и уборка помещений должны производиться, кроме того, в пластиковых фартуках (полухалатах), нарукавниках и в спецобуви (пластиковые чулки, бахилы). Дополнительные средства защиты (пленочные, резиновые) должны после каждого употребления дезактивироваться в саншлюзе (санпропускнике).

Радиоактивное загрязнение спецодежды, индивидуальных средств защиты и кожных покровов персонала не должно превышать предельно допустимых загрязнений, установленных НРБ-2000. Загрязнение личной одежды и обуви не допускается. В случае загрязнения личная одежда и обувь подлежат дезактивации под контролем службы радиационной безопасности, а в случае невозможности дезактивации - захоронение в качестве радиоактивных отходов.

В помещениях для работ с открытыми радионуклидами запрещаются: пребывание персонала без необходимых индивидуальных защитных средств; хранение пищевых продуктов, табачных изделий, домашней одежды, косметических принадлежностей и других предметов, не имеющих отношения к работе; прием пищи, курение, пользование косметическими принадлежностями.

Во время работы с открытыми радиоактивными источниками в виде растворов, запрещается набирать их в пипетку ртом. Для этих целей необходимо применять автоматические пипетки, резиновые груши и шприцы с гибкими шлангами. При работе с высокоактивными радионуклидами рекомендуется применять дистанционно управляемые приспособления для расфасовки.

Открытые раны на поверхности кожи следует перевязывать и защищать до начала работы с радиоактивными веществами.

Для приема пищи и курения в каждом радиологическом подразделении, использующим открытые радиоактивные источники, должно быть предусмотрено специальное помещение, оборудованное умывальником с подводкой горячей воды и дозиметрическим прибором для самоконтроля. Это помещение должно быть полностью изолировано от рабочих помещений, в которых проводятся работы с открытыми радиоактивными веществами.

Содержание и дезактивация рабочих мест и помещений. Во всех помещениях постоянного пребывания персонала, в которых проводятся работы с открытыми радиоисточниками должна проводиться ежедневная влажная уборка. Не реже одного раза в месяц проводится полная уборка с мытьем полов, стен, дверей и наружных поверхностей оборудования. Сухая уборка рабочих помещений запрещается. Уборочный инвентарь закрепляется за помещениями каждого класса работ и соответствующим образом маркируется. Для его хранения должно быть выделено специальное помещение. В этом помещении также должны храниться средства для ликвидации непредвиденных загрязнений (дезактивирующие растворы, посуда, ветошь и т.п.). Уборочный инвентарь следует подвергать периодическому радиометрическому контролю и, если это необходимо, отправлять на захоронение вместе с другими радиоактивными отходами.

В рабочих помещениях должен быть предусмотрен неснижаемый запас дезактивирующих средств и моющих растворов, подбор которых должен соответствовать применяемым радионуклидам и химическим соединениям, а также характеру поверхностей, подлежащих дезактивации. Эффективность удаления радиоактивных загрязнений контролируется радиометрическими приборами. Оборудование, инструменты и покрытия, не поддающиеся очистке до допустимых уровней, подлежат замене и рассматриваются как радиоактивные отходы.

Заключение: в заключении указывается на клиническую значимость ограничения медицинского облучения.