

Г.П. Фролов, Ю.А. Саленко, М.И. Грачев, И.А. Галстян, В.Н. Клочков

ПРОВЕДЕНИЕ САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭТАПАХ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПОСТРАДАВШИМ В РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ

Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва.

Контактное лицо: Юрий Анатольевич Саленко: salenkoua@gmail.com

РЕФЕРАТ

Цель: Обобщить и проанализировать результаты исследований и практические рекомендации по проведению санитарной обработки (СО) пострадавших при радиационных авариях, в том числе с учетом опыта, полученного авторами в начальном периоде Чернобыльской аварии (апрель – август 1986 г.) и при ликвидации последствий других, имевших место локальных радиационных аварий и инцидентов, а также в ходе противоаварийных тренировок и учений.

Результаты: Рассмотрены показания к проведению СО и техника ее выполнения, представлена сравнительная оценка эффективности средств дезактивации кожи. Сформулированы рекомендации по определению очередности (срочности) проведения СО в зависимости от уровня наружного радиоактивного загрязнения пострадавших. Предложены к использованию критерии, правила и способы проведения СО применительно к практике организации медико-санитарных мероприятий на этапах медицинской эвакуации (место аварии, здравпункт, санитарно-пропускное отделение предприятия, медицинская сортировочная площадка, приемное отделение медицинской организации). Рассмотрены особенности СО при комбинированных радиационных поражениях, загрязнении ран и ожогов радиоактивными веществами, затронуты вопросы обеспечения радиационной безопасности медицинского персонала, оказывающего помощь пострадавшим.

Заключение: Своевременно и правильно выполненная СО снижает облучение кожи, предотвращает поступление радиоактивных веществ внутрь организма и их перенос (распространение) на последующие этапы медицинской эвакуации. Главными критериями срочности (очередности) проведения СО являются уровни радиоактивного загрязнения кожи, характер загрязнения (радионуклидный состав, физико-химическая форма и др.) и наличие у пострадавших повреждений кожи (ранений, ожогов). При высоких уровнях радиоактивного загрязнения СО пострадавших должна рассматриваться как составная часть первой и последующей неотложной первичной медико-санитарной помощи и выполняться по назначению или при непосредственном участии медицинского работника. На этапах медицинской эвакуации СО может проводиться, если достигнута стабилизация состояния пострадавшего. В противном случае приоритетом является эвакуация пострадавшего в медицинскую организацию, при этом в догоспитальный период, как правило, может быть проведена только частичная СО участков кожи с высокими уровнями загрязнения. Порядок и правила проведения СО, включая использование специальных дезактивирующих средств, должны быть отражены в планах действий персонала радиационно опасных предприятий и планах медицинских организаций ФМБА России по медико-санитарному обеспечению.

Ключевые слова: радиационная авария, пострадавшие, санитарная обработка, радиоактивное загрязнение, дезактивация кожи, радиационное поражение, медицинская помощь, дозиметрический контроль, средства индивидуальной защиты

Для цитирования: Фролов Г.П., Саленко Ю.А., Грачев М.И., Галстян И.А., Клочков В.Н. Проведение санитарной обработки на этапах оказания медицинской помощи пострадавшим в радиационной аварии // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2021. Т.66. №3. С. 19–28.

DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-3-19-28

Введение

Опыт ликвидации последствий радиационных аварий свидетельствует, что загрязнение пострадавших и вовлеченных лиц радиоактивными веществами является значимым радиационным фактором, который осложняет условия работы медицинского персонала и проведение неотложных медико-санитарных мероприятий.

Рассмотрены организация и методы санитарной обработки (СО) пострадавших на ранней и промежуточной фазах радиационной аварии и при оказании первичной медико-санитарной помощи. Заострение внимания на этих вопросах продиктовано отсутствием, на наш взгляд, четких рекомендаций по проведению СО на этапах оказания медицинской помощи с учетом специфики лечебно-эвакуационного обеспечения в случае радиационной аварии на предприятиях атомной отрасли.

Целью настоящей работы является обобщение и анализ результатов исследований и практических рекомендаций по проведению СО, в том числе с учетом опыта, полученного авторами в начальном периоде Чернобыльской аварии (апрель – август 1986 г.) и при ликвидации последствий других, имевших место локальных радиационных аварий и инцидентов, а также в ходе про-

тивоаварийных тренировок и учений. Предложены к использованию критерии, правила и способы проведения СО применительно к реальной практике организации медико-санитарных мероприятий.

Общие положения

Экспериментальные исследования по медико-биологическим аспектам загрязнения радиоактивными веществами кожи экспериментальных животных и человека были проведены, в основном, к середине 1970-х годов [1–6]. Данные работы позволили оценить кинетику обмена различных радионуклидов в коже и их резорбцию в организм. Получили развитие дозиметрические методы и модели формирования поглощенной дозы в эпидермисе и подлежащих тканях [7, 8]. В 2020 г. были опубликованы рекомендации по операционным величинам загрязнения кожи различными радионуклидами, при поступлении радиоактивных веществ в организм через кожу, ингаляционным и пероральным путям [9].

В табл. 1 представлены основные виды загрязнения кожных покровов персонала при радиационной аварии и особенности проведения СО.

Таблица 1

Особенности радиоактивного загрязнения и проведения санитарной обработки в зависимости от вида загрязнения
Features of radioactive contamination and carrying out of decontamination depending on the type of contamination

Вид загрязнения	Особенности загрязнения и проведения санитарной обработки
Загрязнение кожи при выбросе радиоактивных газов и аэрозолей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обширное, как правило, равномерное загрязнение аэрозолями открытых участков тела и слизистых. 2. Нельзя исключать высокие уровни загрязнения, приводящие к высоким дозам облучения. 3. Фиксация на кожных покровах радионуклидов происходит в основном за счет адгезии. 4. Резорбция радиоактивных веществ в организм в течение первых часов после загрязнения неповрежденной кожи, как правило, незначительна. 5. Возможность ингаляции радиоактивных аэрозолей. 6. Относительно высокая эффективность СО – многократное снижение уровня загрязнения кожи при ее проведении в первые часы после загрязнения
Контактное сухое загрязнение кожи	<ol style="list-style-type: none"> 1. Локальное загрязнение радиоактивными аэрозолями (пыль) рук, лица, головы. 2. Возможны высокие дозы внешнего облучения за счет непосредственного контакта с радиоактивным источником, но не в результате загрязнения кожи и одежды. 3. Высокая эффективность СО – десятикратное снижение активности в первые часы после загрязнения
Капельное загрязнение кожи растворами и жидкостями, содержащими радиоактивные вещества	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможно попадание радиоактивных веществ на кожу через одежду и средства индивидуальной защиты (СИЗ). 2. Возможны высокие дозы облучения локальных участков тела и формирование местных лучевых поражений (МЛП) различной степени тяжести. 3. Необходимо учитывать быстрое (минуты) проникновение радиоактивных веществ в дерму и далее в органы и ткани. 4. Стандартную общую СО в случае ее низкой эффективности следует дополнять обработкой средствами дезактивации на основе поверхностно-активных веществ и комплексообразователей
Загрязнение радиоактивными веществами раневых (ожоговых) поверхностей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обработка раны на этапе первой помощи выполняется пострадавшему в стабильном состоянии как можно скорее в связи с быстрым (минуты) проникновением растворимых соединений радионуклидов в кровь. 2. При тяжелом состоянии и угрожающих жизни повреждениях приоритет отдается первой и неотложной медицинской помощи. Обработка ран проводится после стабилизации состояния пострадавшего

Средства дезактивации кожи и их характеристика

Основными компонентами дезактивирующих средств для СО кожи являются поверхностно-активные вещества, кислоты и комплексообразователи. Химическое и механическое воздействие могут усиливать проникновение радиоактивных веществ через кожу в процессе их растворения в дезактивирующем растворе. Поэтому процесс дезактивации кроме высокой эффективности должен отвечать двум важнейшим требованиям: не оказывать повреждающее воздействие на кожу и не усиливать поступление радионуклидов в ее глубокие слои и в подкожные ткани.

Созданию средств дезактивации кожи, отвечающих указанным требованиям, в 1970-х годах были посвящены исследования, результаты которых изложены в монографии Л.А. Ильина [1]. Обобщенные итоги исследований на белых крысах по выбору оптимального состава средств дезактивации кожи представлены в табл. 2. Главными показателями, по которым сравнивались дезактивирующие агенты, является их эффективность, характеризуемая остаточной активностью кожных покровов после дезактивации (в процентах от исходного уровня загрязнения), и содержание радионуклидов в организме.

Таблица 2

Результаты испытаний средств дезактивации кожи [1]
Test results of skin decontamination agents [1]

Дезактивирующее средство	Остаточная активность кожи после дезактивации		Содержание продуктов деления урана в организме, мкКи
	мкКи	%	
Контроль (без дезактивации)	300	100	0,97
Вода	75	25	0,76
Препарат «Защита»	5,1	1,7	0,08
Паста НЭДЭ	21	7,0	0,53
Сульфанола НП-1	13	4,3	1,0
2 %-ая соляная кислота	24	8,0	1,9
5 %-ый поликомплексон	11,6	3,9	1,4

Из табл. 2 видно, что отдельные дезактивирующие средства (сульфанол НП-1, соляная кислота, поликом-плексон), обеспечивающие достаточно высокую эффективность дезактивации, приводят, тем не менее, к значимому поступлению радионуклидов в организм, превышающему поступление при обработке кожи водой. Препарат «Защита», специально разработанный для СО кожи, обеспечивает высокую эффективность дезактивации и минимальное поступление радионуклидов в организм. В настоящее время существует ограниченный перечень препаратов, рекомендованных в качестве средств дезактивации кожи: «Защита», «Радез-Д» и «Деконтамин».

Результаты сравнительной оценки эффективности дезактивирующих средств при загрязнении кожи рук добровольцев «молодыми» и выдержанными продуктами деления урана, ⁸⁵Sr, ²³⁹Pu, ²⁴¹Am, ²³⁷Np приведены в монографии [1]. Показано, что препарат «Защита» обеспечивает более чем 99 %-ую эффективность при дезактивации от радионуклидов щелочноземельных и редкоземельных элементов, йода, циркония, таллия, плутония, америция, нептуния, неразделенных продуктов деления урана. Несмотря на относительно низкую эффективность дезактивации кожи от ⁹⁹Mo и ¹⁰⁶Ru (2,5–3 %) по сравнению с другими нуклидами, эффективность очистки кожи препаратом «Защита» была выше.

Независимо от применяемых дезактивирующих средств сухое контактное загрязнение удаляется с кожных покровов значительно легче, чем капельное (табл. 3). При капельном загрязнении наиболее эффективным средством обработки кожных покровов, загрязненных продуктами деления урана, также оказался препарат «Защита». Следует отметить, что в этих опытах обработка рук была кратковременной (3 мин). При длительности обработки 9–12 мин эффективность дезактивации может быть увеличена.

Препараты «Защита», «Радез-Д» и «Деконтамин» при регулярном применении могут приводить к сухости кожи и появлению микротрещин, что увеличивает поступление радионуклидов через кожу. Поэтому повседневная обработка кожных покровов персоналом радиационных объектов должна проводиться с использованием гигиенических (моющих) средств: банного или туалетного мыла, гелей, шампуней и т.п. Указанные выше препараты («Защита» и др.) следует применять только в случаях, когда обычные средства гигиены не позволяют добиться достаточной эффективности дезактивации кожи.

Показания к проведению санитарной обработки

В условиях нормальной эксплуатации радиационных объектов уровни загрязнения кожных покровов персонала, средств индивидуальной защиты (СИЗ) и спецодежды регламентируются Нормами радиационной безопасности (НРБ) [10]. СО проводится по окончании рабочей смены или после завершения тех или иных операций в соответствии с действующими регламентами и инструкциями.

В случае радиационной аварии с выбросом в воздух радиоактивных веществ происходит загрязнение поверхностей, значительно превышающее пределы, установленные НРБ. Поэтому при проведении аварийно-спасательных и восстановительных работ для каждой конкретной аварийной ситуации разрабатываются временные допустимые уровни (ВДУ) радиоактивного загрязнения, которые пересматриваются в сторону снижения по мере улучшения радиационной обстановки. Хорошо известна практика установления и регулярного пересмотра ВДУ Национальной комиссией по радиационной защите в период ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС [1114].

Загрязнение радиоактивными веществами лиц, вовлеченных в аварию, происходит, как правило, в течение короткого времени. С практической точки зрения для определения срочности проведения СО пострадавших рекомендуется использовать значения уровней загрязнения кожи, приведенные в табл. 4. Эти значения были ранее обоснованы в [9].

Загрязнение кожи α-излучающими радионуклидами имеет наибольшее значение в случае нарушения ее целостности. В структуре таких радиационных аварий (инцидентов) одно из ведущих мест занимают случаи нестандартного (раневого) поступления смеси изотопов плутония и америция-241 внутрь организма работников. В этом случае происходит быстрое (в течение 1–5 сут) поступление радионуклидов в лимфатическую систему и кровь с последующим их отложением в критических органах. Так, при загрязнении области раны смесью изотопов плутония и америция на уровне 400 Бк, оцененные значения ожидаемой эффективной дозы (ОЭД) достигают 200 мЗв/год [15] и представляют определенную угрозу для здоровья. Случаи раневого поступления α-излучающих радионуклидов с превышением 10 Бк по суммарной активности плутония и америция в ране требуют проведения медицинских профилактических мероприятий по сни-

Таблица 3

**Сравнительная оценка эффективности дезактивирующих средств кожи
Comparative evaluation of the effectiveness of skin decontamination agents**

Дезактивирующее средство	Остаточная активность (%) при загрязнении кожи			
	Сухое контактное загрязнение		Капельное загрязнение	
	после второй обработки	после третьей обработки	после второй обработки	после третьей обработки
Продукты деления урана 100-суточного возраста [3] ¹				
Паста «Защита»	2,5	0,0	4,7	1,2±0,3
«Деконтамин»	1,6	0,0	4,2	1,5±0,3
Хозяйственное мыло	8,8	6,5±2,0	18,0	15,3±4,2
Полоний-210 ²				
Хозяйственное мыло, 5-ый % раствор унитиола [1]	0,2		1,4	

Примечание:

¹ Удельная плотность загрязнения – 3×10⁵ β-частиц на 150 см². Продолжительность каждой обработки не менее 1 мин.

² После трехчасовой экспозиции.

жению возможности поступления радионуклидов в кровь. Суммарная (оцененная) активность радионуклидов в ране свыше 40 Бк является показанием к применению специальных и инвазивных методов декорпорации, включая иссечение загрязнённых тканей и комплексопериотерапию.

В случае комбинированных радиационных поражений и тяжелого состояния пострадавших полная СО проводится после неотложных медицинских вмешательств и стабилизации их состояния. При этом все элементы частичной СО, включая переодевание, могут быть выполнены одновременно с оказанием медицинской помощи.

Санитарная обработка на этапах медицинской эвакуации

СО, как правило, проводится при выходе из зоны радиоактивного загрязнения, в помещениях или на территории, на которой обеспечивается безопасность медицинского персонала и исключается повторное загрязнение пострадавших.

Таблица 4

Рекомендации по определению очередности проведения санитарной обработки в зависимости от уровня наружного радиоактивного загрязнения пострадавших Recommendations for determining the sequence of decontamination depending on the level of external radioactive contamination of victims

Параметры, характеризующие радиоактивное загрязнение кожи ¹				Очередность проведения санитарной обработки
Условия и факторы	МАЭД, мкЗв/ч (10 см от поверхности)	β-част/(см ² ×мин)	α-част/(см ² ×мин)	
Опасный для здоровья и жизни уровень загрязнения ²				
При надетых и неповрежденных СИЗ органов дыхания и кожи	>1,0Е+04	>1,0Е+08 ³	>2,0Е+05	В первую очередь
Без СИЗ	>1,0Е+03	>1,0Е+07	>2,0Е+04	Вне очереди
При сочетании с ОЛБ	>1,0Е+03	>1,0Е+06	>2,0Е+04	Вне очереди
При ранениях	>1,0Е+03	>1,0Е+05	>2,0Е+03	Вне очереди
Потенциально опасный для здоровья уровень загрязнения ⁴				
При надетых и неповрежденных СИЗ органов дыхания и кожи	>1,0Е+03	>1,0Е+05	>2,0Е+04	В первую очередь
Без СИЗ	>1,0Е+02	>1,0Е+04	>2,0Е+03	Вне очереди
При сочетании с ОЛБ	>1,0Е+02	>1,0Е+04	>2,0Е+03	В первую очередь
При ранениях	>1,0Е+02	>5,0Е+03	>2,0Е+02	Вне очереди
Уровень загрязнения с минимальной опасностью для здоровья ⁵				
При надетых и неповрежденных СИЗ органов дыхания и кожи	<1,0Е+03	<1,0Е+05	<2,0Е+04	Во вторую очередь
Без СИЗ	<1,0Е+02	<1,0Е+04	<2,0Е+03	Во вторую очередь
При ранениях	<1,0Е+02	<5,0Е+03	<2,0Е+02	В первую очередь
Минимальные загрязнения без опасности для здоровья				
Безопасный	<1,0	<1,0Е+03	<5,0Е+01	Нет срочности
Незначимый	фон	<2,0Е+02	<2	

Примечание:

¹ Для оценки дозы облучения кожи консервативно принималось, что радиоактивные вещества находятся на коже в течение 5 ч до начала проведения СО. Соотношения между активностью γ-, β- излучающих радионуклидов и мощностью амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) γ-излучения на 1 Гр поглощенной в эпидермисе и ОБЭ-взвешенной поглощенной в дерме дозы взяты из [9]. Оценки выполнены для ⁵¹Cr, ⁶⁰Co, ⁶⁵Zn, ⁹⁵Zr, ¹⁰³Ru, ¹⁰⁶Ru, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ¹⁴¹Ce, ¹⁹²Ir, ²⁴¹Am, ¹³³Ba, ¹⁰⁹Cd, ²⁰³Hg, ¹³¹I, ¹³²Te.

² Имеется высокая вероятность серьезных детерминированных эффектов облучения кожи с развитием МЛП средней и тяжелой степени тяжести (МЛП II–III). При резорбции растворимых соединений радионуклидов через локальный участок (~100 см²) поврежденной кожи доза облучения органов и тканей может достигать значений порогов детерминированных эффектов (в случае неповрежденной кожи ОЭД не превысит 50 мЗв/год). Отсутствие СИЗ органов дыхания может привести к значимому внутреннему облучению.

³ Здесь и далее – расчетное значение. Требуется дополнительная оценка в соответствии с характеристиками используемых дозиметрических приборов.

⁴ При наличии на коже радиоактивных веществ в течение нескольких часов возможно развитие МЛП I–II. При резорбции растворимых соединений радионуклидов через поврежденную кожу ОЭД может превысить 100 мЗв/год.

⁵ Наличие радиоактивных веществ на коже в течение нескольких дней может обусловить возникновение легкой эритемы на наиболее загрязненных и/или чувствительных участках. При резорбции растворимых соединений радионуклидов через поврежденную кожу ОЭД не превысит 20–50 мЗв/год.

струей воды и протирание губками, мягкими тампонами, ватно-марлевыми салфетками, смоченными в моющих растворах загрязненных участков кожи, кистей рук, лица, ожогов, в том числе, вокруг ран).

При крупномасштабных радиационных авариях в случае невозможности оказания медицинской помощи в здравпункте предприятия и проведения СО всех вовлеченных лиц в санитарно-пропускном отделении предприятия, развертывается этап эвакуации с сортировочной площадкой. Она может быть организована в месте развертывания пункта СО (ПуСО) на границе загрязненной территории. Учитывая сжатые сроки проведения первичных медико-санитарных мероприятий, место развертывания сортировочной площадки должно быть определено заранее в объектовом плане мероприятий по защите персонала. Следует отметить, что в большинстве случаев развертывание стационарных ПуСО наиболее целесообразно в период проведения аварийных работ в промежуточной и восстановительной фазах радиационной аварии.

Сортировочная площадка делится на «грязную» и «чистую» зоны дисциплинирующим барьером. Перемещение пострадавших из «грязной» зоны в «чистую» осуществляется после снятия загрязненной одежды на границе этих зон. В санпропускнике размещаются раздевальня и помывочная. При большом количестве пострадавших, лица с уровнями загрязнения кожи не более $100 \beta\text{-част}/(\text{см}^2\cdot\text{мин})$ могут перемещаться в «чистую» зону через отдельный проход (коридор) без проведения СО. Санобработку этих лиц следует выполнить на последующих этапах эвакуации. На сортировочной площадке проводится регистрация пострадавших, оценка их состояния, определение очередности оказания медицинской помощи, выполнение неотложных медицинских мероприятий, а также контроль загрязнения радиоактивными веществами. Помещение для одевания и запас одежды находится на территории «чистой» зоны.

В табл. 5 представлены мероприятия, последовательно выполняемые на этапах оказания медицинской помощи пострадавшим, и порядок проведения СО применительно к практике медицинских организаций ФМБА России. Следует отметить, что сортировочная площадка в зависимости от складывающейся ситуации и радиационной обстановки может быть развернута в составе ПуСО не только на границе зоны проведения ограничительных мероприятий, но и, например, на территории медицинской организации. В этом случае также организуется дозиметрический контроль прибывающего санитарного транспорта и пострадавших и при необходимости их дезактивация и СО. Организационные и технические решения должны быть отражены в плане работы медицинской организации в случае радиационной аварии на обслуживаемом предприятии [16].

Техника выполнения санитарной обработки

СО пострадавших в удовлетворительном состоянии выполняется ими самостоятельно; на этапах, где по аварийному плану предусмотрена возможность привлечения медицинских работников, – под медицинским контролем.

Процедура частичной СО начинается с мытья рук и лица с использованием имеющихся моющих средств (нейтральное туалетное мыло, жидкие моющие средства для кожи), полоскания полости рта. Загрязненная одежда и обувь снимаются над дисциплинирующим барьером, как правило, до начала обработки – все зависит от возможности выполнить обработку открытых и загрязненных участков кожи, как только пострадавший покинул зону загрязнения радиоактивными веществами. Непосредственно на границе аварийной зоны частичная СО целесообразна до снятия загрязненной одежды. В рассматриваемом исключительном

случае после частичной СО следует надеть перчатки и СИЗ органов дыхания и следовать к месту, где имеются условия для переодевания и полной СО.

При снятии загрязненной одежды необходимо вывернуть ее наружной поверхностью вовнутрь, не допуская резких движений и контакта наружной поверхности одежды с кожей и волосами. Загрязненная одежда упаковывается в пластиковые мешки и используется для исследования с целью уточнения дозы внутреннего и внешнего облучения с последующей дезактивацией или утилизацией [18]. В случае если на пострадавшем есть защитные перчатки и СИЗ органов дыхания, они снимаются в последнюю очередь.

При проведении полной СО после снятия верхней одежды смывание загрязненности начинается, как и при частичной обработке с кистей рук, над раковиной, с применением моющих и специальных средств – мягкой щетки или губки под струей прохладной воды (30°C). Возможно подкисление моющего раствора в емкости. Может быть использован 0,5 %-ый раствор уксусной кислоты, из расчета 1 часть столового 5 %-ого уксуса на 10 частей воды или 3 %-ый раствор лимонной кислоты при обработке особо загрязненных мест кожи кистей рук, а также волос на голове. Время обработки 1–2 мин, при трёхкратной помывке рук – 5–6 мин при общем расходе воды 6–10 л. Далее снимается остальная одежда и нижнее белье, и обработка продолжается в душевой, начиная с мытья волос головы (трехкратное намыливание и смывание). Аналогичным образом выполняется обработка поверхностей тела, не закрываемых снятой одеждой, полоскание полости рта, после этого обрабатываются остальные участки тела. Время обработки – 5–8 мин, расход воды на процедуру – 50–80 л. Применяются нейтральные моющие средства и шампуни. Для полоскания полости рта и промывания глаз (проточной водой или из шприца – от внутреннего угла глаза к наружному) и ушных проходов (при помощи шприца) используется, по возможности, быстро приготовленный 2 %-ый раствор бикарбоната натрия.

Для вытирания тела рекомендуется использовать легко впитывающие влагу махровые полотенца. Если остаточная загрязненность кожи превышает установленную допустимую величину ($200 \beta\text{-}$ и/или $2 \alpha\text{-част}/(\text{см}^2\cdot\text{мин})$), то мытье водой и мылом выполняют повторно и более тщательно. При сохранении загрязнений рекомендуется обработка в третий раз, но уже с применением средств дезактивации (препарат «Защита», «Деконтамин», «Радез-Д»). Запрещается использование жестких щеток, горячей воды, органических растворителей (бензин, этиловый спирт и т.п.), поскольку их применение может способствовать проникновению радионуклидов через кожу внутрь организма.

Перед СО и после ее завершения (до переодевания в чистую одежду) над сухой кожей (высушенной полотенцем) проводится дозиметрический (радиометрический) контроль для оценки ее эффективности. При правильной и своевременно выполненной СО эффективность дезактивации может достигать 90–95 %. Дозиметрический контроль в случае неизвестного радионуклидного состава начинают с регистрации МАЭД γ -излучения. При известном составе радионуклидов измерения необходимо начинать с контроля загрязненности α -излучающими изотопами (в случае вероятности их наличия в смеси). При загрязнении β - и γ - β -излучающими радионуклидами контроль начинают с определения уровня β -активного загрязнения. В любом случае при оценке загрязненности тела человека требуется проведение измерений МАЭД γ -излучения над кожей на расстоянии 10 см.

Пробы (мазки и смывы) с загрязненных участков тела, как правило, отбирают до СО для их последующей отправки в соответствующие лаборатории. Объем вы-

Таблица 5

**Мероприятия, выполняемые на этапах оказания медицинской помощи пострадавшим
и порядок проведения санитарной обработки**
Activities carried out at the stages of providing medical care to victims and the procedure for decontamination of victims

№	Этап оказания медицинской помощи (место проведения санитарной обработки)	Ориентировочное время после возникновения аварии	Мероприятия
1.	Место аварии, помещения или территории с уровнями излучения, при которых возможно облучение в дозе свыше 50 мЗв ¹ в течение короткого периода времени (например, при МАЭД ≥ 50 мЗв/ч)	Незамедлительно ¹	Вынос пострадавших, не способных покинуть опасную зону самостоятельно. Оказание первой помощи ² . Надевание на пострадавшего СИЗ органов дыхания (если отсутствуют противопоказания). Проведение йодной профилактики (в установленном порядке) при авариях на реакторах после эвакуации в относительно безопасную зону
2.	Здравпункт (доставляются пострадавшие, нуждающиеся в оказании медицинской помощи)	В течение нескольких минут	Дозиметрический контроль пострадавших и условий работы медицинского персонала ³ . Медицинская сортировка пострадавших. Оказание неотложной, доврачебной и первой врачебной (при наличии врача) помощи ⁴ . Передача информации о пострадавших в медицинскую организацию. Вызов бригады скорой медицинской помощи (в случае необходимости срочной госпитализации при возможности допуска автомобиля на территорию в соответствии с радиационной обстановкой). Снятие загрязненной одежды и ее упаковка в мешки (контейнеры) для дальнейшей передачи в дозиметрическую службу для уточнения уровня внешнего и внутреннего облучения пострадавших. Проведение частичной СО с привлечением персонала предприятия (аварийно-спасательного формирования). Обработка раневых поверхностей. Направление пострадавших (с учетом состояния) в санитарно-пропускное отделение предприятия для проведения полной СО. Подготовка первичной документации (карточек) на пострадавших
3.	Санитарно-пропускное отделение предприятия	От нескольких минут до 1 ч	Дозиметрический контроль. Проведение полной и частичной СО пострадавших в соответствии с указаниями и соответствующими назначениями медицинского работника. Обеспечение условий для размещения пострадавших, в том числе, носилочных или ограниченных к самостоятельному перемещению. Подготовка пострадавших к эвакуации в медицинскую организацию
4.	Медицинская сортировочная площадка, в том числе в составе ПуСО	От нескольких минут до 1 ч (с учетом времени для транспортирования пострадавших)	Медицинская сортировочная площадка разворачивается в случае большого числа пострадавших и невозможности оказания медицинской помощи в необходимом объеме на здравпункте предприятия, а также, если здравпункт эвакуирован. К работам привлекается специализированная радиологическая бригада медицинской организации ФМБА России. Проведение частичной и полной СО пострадавших в соответствии с п.2 и п.3 в заранее подготовленных и оборудованных помещениях (местах) для организации санитарно-пропускного режима, дозиметрического контроля и др.
5.	Приемное и спецприемное отделения медицинской организации ФМБА России	От нескольких минут до 2-3 ч (с учетом времени для транспортирования пострадавших)	В отделениях проводятся все необходимые мероприятия по организации санитарно-пропускного режима при радиоактивном загрязнении. Все пострадавшие проходят полную СО. При сохранении остаточной загрязненности кожи радиоактивными веществами совместно со специалистами по радиационной безопасности готовятся рекомендации по ведению (лечению) пострадавших

Примечание:

¹ Рекомендуемая доза при проведении аварийных работ, как правило, не должна превышать 50 мЗв [17]. При спасении жизни и оказании помощи пострадавшим пределы доз определяются в соответствии с НРБ в рамках планируемого повышенного облучения. Облучение в высоких дозах за короткий промежуток времени может иметь место, например, при нахождении людей в непосредственной близости или на удалении до 10 м от источника возникновения самоподдерживающейся цепной реакции, при выходе аэрозолей трансурановых элементов за пределы горячих боксов, вентиляционных систем и др. Незамедлительная эвакуация пострадавших из зоны радиационного воздействия проводится персоналом аварийно-спасательных формирований, а также в порядке взаимопомощи при травмах и ранениях (кровотечения, термические и химические ожоги), отравлениях продуктами горения и других угрожающих жизни и здоровью состояниях.

² Первая помощь оказывается персоналом аварийно-спасательных формирований и спасательных служб, а также в порядке взаимопомощи: проводится первичный осмотр пострадавших, остановка кровотечения, восстановление сердечной деятельности и дыхания, иммобилизация при переломах; использование противоожогового препарата «Ликозоль СП» (в производстве с 2019 г); наложение стерильных повязок и др.

³ Дозиметрический контроль пострадавших проводится в соответствии с действующим на предприятии регламентом, утвержденной инструкцией и сертификационной документацией.

⁴ В настоящее время используется термин «первичная медико-санитарная помощь».

полненных мероприятий и результаты дозиметрического контроля с указанием эффективности СО (снижение плотности загрязнения и МАЭД γ -излучения от кожи) представляют на следующий этап оказания медицинской помощи в виде протокола для каждого пострадавшего и/или первичной карточки пострадавшего.

Проведение санитарной обработки пострадавших с участием медицинского персонала

Лучевые поражения, развивающиеся в первые часы (сутки) после облучения, носят характер не опасных для жизни клинических проявлений в виде симптомов первичной реакции. Опасные для жизни проявления лучевых поражений могут возникнуть через несколько дней (например, в период обострения ОЛБ). Определить симптомы первичной реакции в случае выраженной тошноты и рвоты не представляет затруднений, особенно если имеются сведения об аварийном облучении всего тела в клинически значимом диапазоне доз свыше 1–2 Зв (для β - и β - γ -излучающих радионуклидов с низкой линейной передачей энергии 1–2 Гр на все тело). Лица с умеренными проявлениями первичной реакции могут самостоятельно пройти полную СО в санитарно-пропускном отделении предприятия или на медицинской сортировочной площадке.

Необходимость непосредственного участия медицинского персонала в проведении СО возникает, как правило, при комбинированных радиационных поражениях, а также при тяжелой первичной реакции на облучение. В этих случаях СО выполняется как можно быстрее, сразу же после оказания неотложной медицинской помощи и стабилизации состояния, в положении сидя (стул, табурет), лежа (кушетка) в душевой кабине или с использованием решетки над ванной.

При комбинированных радиационных поражениях в первую очередь обрабатываются (моются под струей проточной воды из гибкого шланга) наиболее загрязненные участки тела. Направление и скорость подачи струи воды выбираются таким образом, чтобы грязная вода стекала с тела вниз и не попадала на обмытые и незагрязненные участки тела. Загрязнение снимается протиранием кожи (одним движением по направлению от менее загрязненных участков к более загрязненным или по направлению от раны) губками, мягкими тампонами, ватно-марлевыми салфетками, смоченными в моющих растворах, после чего они заменяются на новые. Загрязненные волосы коротко остригаются (брить не рекомендуется).

Вполне очевидно, что для выполнения СО пострадавших, находящихся в тяжелом состоянии (на носилках в положении лежа), необходимы соответствующие условия в санитарно-пропускном отделении или санпропускнике сортировочной площадки. При отсутствии ванны с решеткой рекомендуется использовать специальные столы (рис. 1). Данная конструкция не представляет каких-либо сложностей в изготовлении, она может быть легко установлена, в том числе, в здравпункте или на специально выделенной площадке.

В случае крайней необходимости, в качестве места полевой СО в теплое время года можно использовать площадки с твердым покрытием (деревянный щит) с уклоном в сторону канавы или вырытой ямы с обваловкой для последующего сбора жидких радиоактивных отходов. В данном случае и при использовании специальных столов могут применяться мобильные источники водоснабжения или трубопроводная подача воды. Подготовка площадки заключается в покрытии ее несколькими слоями хлопчатобумажной ветоши (простыни), на которую с носилок перекладывается пострадавший со снятой верхней одеждой. СО начинается с нанесения моющих средств на наиболее загрязненные открытые участки тела с последующим их смыванием струей воды с использованием мягкой ветоши

или губки. Смывание проводится в сторону подготовленного уклона (слива), так чтобы вода пропитывала ветошь и сходила через неё. Таким образом в ветоши задержатся крупные частички загрязнения. После однократной обработки пострадавший перекладывается на «чистую» площадку рядом с использованной по направлению от уклона, и процедура повторяется. В случае остаточного наружного загрязнения: МАЭД γ -излучения более 50 мкЗв/ч, плотность загрязнения свыше 50 000 β -част/(см²·мин) процедура повторяется с перекладыванием пострадавшего на «чистую» площадку. При меньших уровнях остаточного загрязнения СО целесообразно продолжить в стационарных условиях (в медицинской организации). Этап полевой СО заканчивается переодеванием пострадавших и подготовкой к транспортировке с соблюдением мер по предупреждению переноса радиоактивных веществ (остаточной активности) на транспортное средство и сопровождающих лиц.

Подобная техника полевой СО может быть использована в отношении тел погибших, имеющих загрязнение радиоактивными веществами, для обеспечения требований радиационной безопасности при их транспортировке и последующего патологоанатомического исследования. Процедуру СО тел и в этом случае не следует проводить больше трех раз во избежание повреждения кожных покровов и проникновения (впитывания) радиоактивных веществ в ткани. При этом не следует использовать средства, применяемые для дезактивации поверхностей и оборудования, растворы щелочей и кислот, органические растворители и др. В случае помещения трупов в герметичные пакеты с соблюдением требований радиационной безопасности в отношении сопровождающих лиц [19], даже относительно высокие значения МАЭД γ -излучения (10–50 мкЗв/ч) от тел погибших не являются препятствием для их транспортировки.

Санитарная обработка ран и ожогов

Существуют определенные особенности СО при наличии у пострадавших открытых раневых поверхностей, ожогов и других повреждений кожных покровов, загрязненных радиоактивными веществами. В рамках первой помощи при ранениях рекомендуется использовать обмывание и/или протирание загрязненных участков кожи, прилегающих к ране, и далее – механическую очистку области раны и/или кровопускание из раны. Для этого, при общем нетяжелом состоянии пострадавшего и отсутствии признаков острой кровопотери, кратковременно (3–5 мин) накладывают жгут на конечность выше раны для усиления венозного кровотока из нее (до 150 мл, артерию не пережимать), затем закрывают рану сухими салфетками и туго бинтуют.



Рис. 1. Специальный стол для проведения санитарной обработки пострадавших (противоаварийное учение, Мурманская область, 2018 г.)
Fig. 1. Special table for decontamination of victims (emergency exercise, Murmansk region, 2018)

На этапах оказания медицинской помощи техника проведения СО ран зависит от длительности нахождения в ней радиоактивных веществ. Если после ранения с загрязнением области раны прошло менее 60 мин, есть основания попытаться обработать рану для уменьшения ее контаминации растворимыми соединениями радионуклидов. Для этого в условиях перевязочной рана раскрывается, затем обильно промывается растворами антисептиков (3 %-ая перекись водорода, слабые растворы перманганата калия или фурацилина). Промывание осуществляется обильным орошением из шприца или системы для переливания с последующим осушением области раны. Далее рану закрывают влажными салфетками, герметизируют полиэтиленовой пленкой и проводят полную СО пострадавшего. Такая тактика оправдана при наличии технических условий к её применению при загрязнении кожи свыше 20 000 β-част/(см²×мин) и/или более 200 α-част/(см²×мин) и имеет абсолютные показания при очень сильном загрязнении (в 10 и более раз, превышающем указанные значения).

В случае загрязнения раны изотопами плутония или полония перед обработкой раны внутривенно вводится 15 мл 5 %-ого раствора пентацина или унитиола соответственно, этими же растворами орошаются открытые раны с последующим промыванием.

При попадании в рану твердых частиц с высокой удельной активностью показана специальная первичная хирургическая обработка раны: удаление из нее радиоактивного материала (под дозиметрическим контролем), иссечение краев раны, последующее промывание и бинтование. При больших ранах накладывают временные швы и выпускники из раны (дренажи).

Перевязочный материал и промывную жидкость собирают в герметичные емкости и используют для дозиметрических исследований. Утилизация собранных жидкостей и перевязочных материалов осуществляется в соответствии с типами данных отходов, включая радиоактивные, в установленном порядке.

Если ранение произошло более 60 мин назад, необходимо закрыть рану перевязочными средствами, выполнить тугое бинтование, герметизировать пленкой с фиксацией её краев к коже липкой лентой и провести полную СО.

На этапе первой помощи загрязненные радиоактивными веществами ожоговые поверхности промываются проточной (водопроводной) или питьевой водой из емкости, на этапах оказания медицинской помощи – физиологическим раствором или растворами антисептиков (в течение 3–5 мин или до неснимаемого радиоактивного загрязнения). Область ожогов закрывается влажными салфетками, а при наличии ожоговых пузырей, во избежание их вскрытия, проводится нетугое бинтование. После этого вся область ожога герметизируется полиэтиленовой пленкой для проведения полной СО.

Обеспечение радиационной безопасности медицинского персонала

Дозовые нагрузки на медицинский персонал (не оформленный как персонал группы А или Б), участвующий в проведении СО пострадавших, не должны превышать 1 мЗв за все время работы с пострадавшими и 5 мЗв в текущем календарном году. Работники медицинских организаций ФМБА России, расположенных на территории радиационно опасных объектов (здравпункты, амбулатории) могут иметь другие пределы доз в случае необходимости оказания неотложной помощи – ¼ от основных пределов доз персонала группы А (например, предел дозы облучения тела – 12,5 мЗв в год) (табл. 6).

Следует отметить, что опыт лечения пострадавших в Чернобыльской аварии, поступивших в Клиническую больницу № 6 Третьего главного управления Минздрава СССР в конце апреля 1986 г., свидетельствует, что дозы облучения врачей, среднего и младшего медицинского персонала, имевших относительно длительный (недели) контакт с пациентами с неснимаемым загрязнением и/или поступлением внутрь продуктов деления урана и активации коррозионных элементов, не превышали нескольких мЗв [20].

Для работы в «грязной» зоне санитарно-пропускного отделения используются СИЗ, имеющиеся на предприятии: комбинезоны, респираторы, очки, лицевые щитки, головной убор, две пары эластичных перчаток. При проведении СО пострадавших используются дополнительные средства индивидуальной защиты: полухалат или фартук, нарукавники, бахилы, чехлы и др. Для защиты органов дыхания применяются противоаэрозольные респираторы класса FFP3.

Таблица 6

Общие требования по ограничению облучения медицинского персонала [20]
General requirements for limiting exposure of medical personnel [20]

Пределы доз, условия облучения	Персонал	Мероприятия
Как правило, не более 1 мЗв за время участия в аварийных работах, и не более 5 мЗв в текущем календарном году	Персонал (приравнивается к категории «население») по НРБ) подразделений медицинских организаций ФМБА России, на базе которых организуются этапы оказания медицинской помощи. Персонал медицинских бригад (скорая помощь, радиологическая бригада, врачебно-сестринская бригада и др.)	Оказание медицинской помощи пострадавшим. Оказание первичной медико-санитарной помощи при транспортировке пострадавших
Не более 12,5 мЗв/год (персонал группы Б)	Медицинские работники подразделений медицинских организаций ФМБА России, расположенных на территории радиационного объекта (здравпункты, амбулатории поликлиники)	Оказание неотложной медицинской помощи, участие в СО тяжело пострадавших
Не более 50 мЗв/год	Медицинский персонал радиологических отделений (персонал группы А) при невозможности ограничения дозы до 5 мЗв/год	Оказание медицинской помощи
Не более 100 мЗв/год	Медицинский персонал, оформленный как персонал группы А, с разрешением на планируемое повышенное облучение, участвующий в проведении аварийно-спасательных работ и имеющий статус спасателя	Мероприятия по оказанию медицинской помощи пострадавшим по жизненным показаниям на месте радиационной аварии

Заключение

Своевременно и правильно выполненная стандартная СО снижает облучение кожи, предотвращает поступление радиоактивных веществ внутрь организма. Проведение СО, начиная с этапа первой помощи, позволяет предотвратить перенос (распространение) радиоактивных веществ на последующие этапы медицинской эвакуации. При высоких уровнях радиоактивного загрязнения СО пострадавших должна рассматриваться как составная часть первой и последующей неотложной первичной медико-санитарной помощи и выполняться по назначению или при непосредственном участии медицинского работника. В санитарно-пропускном отделении предприятия, здравпункте и приёмно-сортировочном отделении медицинской организации должны быть условия для проведения частичной и полной СО пострадавших, в том числе и неспособных выполнить ее полностью самостоятельно (в положении лежа и сидя).

Многообразие факторов, влияющих на формирование дозы облучения кожи и организма в целом, требуют дифференцирования подходов к проведению СО. Априори СО должна быть выполнена как можно быстрее после установления факта загрязнения кожных покровов радиоактивными веществами. Главными критериями срочности ее проведения (вне очереди, в первую очередь, во вторую очередь) являются уровни радиоактивного загрязнения кожи, характер загрязнения (радионуклидный состав, физико-химическая форма – контактное, сухое,

капельное загрязнение и др.) и наличие у пострадавших повреждений кожи (ранений, ожогов). На этапах медицинской эвакуации СО может проводиться, если достигнута стабилизация состояния пострадавшего. В случае тяжелого и нестабильного состояния приоритетом является эвакуация пострадавшего в медицинскую организацию, при этом в догоспитальный период, как правило, может быть проведена только частичная СО участков кожи с высокими уровнями загрязнения.

При ранениях, ожогах и других повреждениях кожных покровов, загрязненных радиоактивными веществами, первая и последующая первичная медико-санитарная помощь заключается в различных процедурах – от промывания ран до применения специальных методов комплексной терапии и первичной хирургической обработки ран. В этих сложных случаях медицинским работникам первичного звена следует проводить оперативные консультации со специалистами аварийных центров ФМБА России, а в случае масштабной аварии – привлекать специализированные радиологические бригады для усиления этапов лечебно-эвакуационного обеспечения пострадавших.

Порядок и правила проведения СО, включая использование специальных дезактивирующих средств, должны быть отражены в соответствующих инструкциях, входящих в планы действий персонала радиационно опасных предприятий и планы медицинских организаций ФМБА России по медико-санитарному обеспечению.

Decontamination of Victims in the Event of a Radiation Accident at the Stages of Provision Medical Care

G.P. Frolov, Yu.A. Salenko, M.I. Grachev, I.A. Galstian, V.N. Klochkov

AI Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Moscow, Russia

Contact person: Yuri Anatolyevich Salenko: salenkoua@gmail.com

ABSTRACT

Purpose: To summarize and analyze the results of research and practical recommendations on the decontamination of victims in the event of radiation accidents, including taking into account the authors' experience gained in the initial period of the Chernobyl accident (April – August 1986) and in other local radiation accidents (incidents), as well as during emergency exercises.

Results: The indications for carrying out decontamination and the technique of its implementation were considered, a comparative assessment of the effectiveness of skin decontamination agents was presented. Recommendations were formulated for determining the priority (urgency) of carrying out decontamination, depending on the level of external radioactive contamination of the victims. Criteria, rules and methods for carrying out decontamination were proposed for use in relation to the practice of medical and hygienic measures at the stages of medical evacuation (accident site, enterprise health center, enterprise sanitary inspection department, triage site, hospital admission department). The features of decontamination of victims with combined radiation injuries and contaminated wounds (burns) were considered, issues of ensuring the radiation safety of medical personnel who provide assistance to victims are touched upon.

Conclusion: Timely and correctly performed decontamination reduces the exposure of the skin, prevents the entry of radioactive substances into the body and the transfer (spread) of radioactive substances to the subsequent stages of medical evacuation. The main criteria for the urgency (priority) of carrying out decontamination are the levels of radioactive contamination of the skin, contamination nature (radionuclide composition, physicochemical form, etc.) and the presence of victim's skin lesions (wounds, burns). Decontamination of victims with high levels of radioactive contamination should be considered as a part of the first and subsequent emergency health care and should be carried out as prescribed or with the direct participation of a healthcare professional. At the stages of medical evacuation, decontamination can be carried out if the victim's condition is stabilized. In the case of a serious condition of the victim, the priority is evacuation to a hospital, while in the prehospital period, as a rule, only partial decontamination of skin areas with high levels of contamination can be carried out. The procedure and rules for decontamination, including the use of skin decontaminating agents, should be reflected in the action plans of the personnel of radiation hazardous enterprises and the plans for medical support of medical units of the FMBA of Russia.

Keywords: radiation accident, victims, decontamination, radioactive contamination, skin decontamination, radiation injury, medical care, dosimetric control, personal protective equipment

For citation: Frolov G.P., Salenko Yu.A., Grachev M.I., Galstian I.A., Klochkov V.N. Decontamination of Victims in the Event of a Radiation Accident at the Stages of Provision Medical Care. Medical Radiology and Radiation Safety. 2021;66(3):19–28.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Ильин Л.А. Основы защиты организма от воздействия радиоактивных веществ. М.: Атомиздат, 1977. 256 с.
- Ильин Л.А., Норец Т.А., Швыдко Н.С., Иванов Е.В. Радиоактивные вещества и кожа (метаболизм и дезактивация). М.: Атомиздат, 1972. 304 с.
- Тарасенко Н.Ю., Ходырева М.А., Воробьев А.М. Защита и очистка кожных покровов от радиоактивных загрязнений. М.: Медицина, 1972. 175 с.
- Ходырева М.А. Гигиеническая оценка эффективности некоторых моющих средств при обработке рук, загрязненных радиоактивными веществами // Труды Всесоюзной конференции по медицинской радиологии. Вопросы гигиены и дозиметрии. Т.1. М.: Медгиз, 1957. С. 52-57
- Ходырева М.А. и др. Дезактивация кожных покровов от трансуранических элементов // Гигиена и санитария. 1972. №12. С. 57-61.
- Калистратова В. С., Беляев И. К., Жорова Е. С. и др. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов / Под ред. В.С. Калистратовой. М., 2012. 464 с.
- Osanov DP, Ershov EB, Klickov OV, Rackova VA. Kinetics of Dose Distribution in Structural Layers of Skin Contaminated with Radioactive Materials // Health Phys. 1971. V.20, No.6. P.559-66. DOI: 10.1097/00004032-197106000-00002. PMID: 5568707.
- Осанов Д.П., Клыкков О.В. Дозиметрическое обоснование допустимой поверхностной плотности загрязнения кожи бета-излучателями // Воздействие ионизирующих излучений на кожу. М., 1970. 31 с.
- Грачев М.И., Саленко Ю.А., Абрамов Ю.В., Фролов Г.П., Ключков В.Н., Кухта Б.А. и др. Операционные величины радиоактивного загрязнения кожи в случае радиационной аварии // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2020. Т.65, №3. С. 20-26.
- Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормативы. СанПиН 2.6.1.2523-09. М., 2009. 100 с.
- Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А., Дрожко Е.Г., Ильин Л.А., Крышев И.И. и др. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Под общей ред. Л.А.Ильина, В.А.Губанова. М.: ИздАТ, 2001. 752 с.
- Организация санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий при радиационных авариях: Руководство / Под общ. ред. Л.А.Ильина. М.: ВЦМК «Защита», 2005. 524 с.
- Ключков В.Н., Аветисов Г.М., Гончаров С.Ф., Рубцов В.И., Суровцев Н.А. Обеспечение радиационной безопасности персонала и населения при ликвидации последствий радиационной аварии: Пособие для врачей. М.: ВЦМК «Защита», 2005. 65 с.
- Ключков В.Н. Обеспечение радиационной безопасности персонала предприятий ядерного топливно-энергетического комплекса в условиях радиоактивного загрязнения поверхностей и воздуха производственных помещений: Дис. ... докт. техн. наук, 05.26.02. М.: ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 2009. 324 с.
- МУ 2.6.5.029-2016. Индивидуальный дозиметрический контроль при раневом поступлении плутония и америция. Общие требования: Методические указания.
- Типовое содержание плана медико-санитарного обеспечения персонала и населения учреждениями ФМБА России в случае радиационной аварии: Методические рекомендации. Утв. руководителем ФМБА России 16.04.2010 // Медико-санитарное обеспечение в случае радиационных аварий: Сборник методических документов: М.: ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 2018. С. 21-32.
- Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / Пер. с англ. / Под общ. ред. М.Ф.Киселёва и Н.К.Шандалы. М.: ООО ПКФ «Алана», 2009.
- МУ 2.6.5.040-2016. Определение дозы незапланированного или аварийного облучения персонала предприятий Госкорпорации «Росатом»: Методические указания.
- Обеспечение радиационной безопасности при транспортировке пострадавших с радиоактивным загрязнением: Методические рекомендации ФМБА России 12.077-15. М.: ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 2015.
- Ближайшие и отдаленные последствия радиационной аварии на Чернобыльской АЭС. Итоги работы научных и практических учреждений здравоохранения по ликвидации последствий аварии в 1986 году: Сборн. матер. Всесоюзного симпозиума / Под ред. Л.А.Ильина и Л.А.Булдакова. М.: Институт биофизики МЗ СССР, 1987. 773 с.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 23.12.2020. **Принята к публикации:** 20.01.2021.

REFERENCES

- Ilyin LA. Bases Protect the Body From Exposure to Radioactive Substances. Moscow, Atomizdat Publ., 1977. 256 p. (In Russian).
- Ilyin LA, Norets TA, Shvydko NS, Ivanov EV. Radioactive Substances and Skin (Metabolism and Decontamination). Moscow, Atomizdat Publ., 1972. 304 p. (In Russian).
- Tarasenko NY, Khodyreva MA, Vorobiev AM. Protection and Cleaning of the Skin From Radioactive Contamination. Moscow, Medicine, Publ., 1972. 175 p. (In Russian).
- Khodyreva MA. Hygienic Assessment of the Effectiveness of Certain Detergents in the Treatment of Hands Contaminated with Radioactive Substances. Proceedings of the All-Union Conference on Medical Radiology. Hygiene and Dosimetry Issues. V.1. Moscow, Medgiz Publ., 1957. P. 52-57 (In Russian).
- Khodyreva MA, et al. Skin Decontamination From Transuranic Elements. Hygiene and Sanitation. 1972;12: 57-61 (In Russian).
- Kalistratova VS, Belyaev IK, Zhorova EC, et al. Radiobiology of Incorporated Radionuclides. Ed. Kalistratova VS. Moscow Publ., 2012. 464 p. (In Russian).
- Osanov DP, Ershov EB, Klickov OV, Rackova VA. Kinetics of Dose Distribution in Structural Layers of Skin Contaminated with Radioactive Materials. Health Phys. 1971;20;6:559-66. DOI: 10.1097/00004032-197106000-00002. PMID: 5568707.
- Osanov DP, Klykov OV. Dosimetric Substantiation of the Permissible Surface Density of Skin Contamination by Beta-Emitters. The Effect of Ionizing Radiation on the Skin. Moscow Publ., 1970. 31 p. (In Russian).
- Grachev MI, Salenko YuA, Abramov YuV, Frolov GP, Klochkov VN, Kukhta BA, et al. Operational Values of Radioactive Skin Contamination in the Case of Radiological Accident. Medical Radiology and Radiation Safety. 2020;65;3:20-6 (In Russian). DOI: 10.12737/1024-6177-2020-65-3-20-26.
- Radiation Safety Standards (RSS-99/2009). Sanitary Rules and Regulations SanPiN 2.6.1.2523-09. Moscow Publ., 2009. 100 p. (In Russian).
- Aleksakhin RM, Buldakov LA, Gubanov VA, Drozhko EG, Ilyin LA, Kryshev II, et al. Major Radiation Accidents: Consequences and Protective Measures. Eds. Ilyin LA, Gubanov VA. Moscow, IzdAT Publ., 2001. 752 p. (In Russian).
- Organization of Sanitary-Hygienic and Treatment-and-Prophylactic Measures in Radiation Accidents: Manual. Ed. Ilyin L.A. Moscow Publ., 2005. 524 p. (In Russian).
- Klochkov VN, Avetisov GM, Goncharov SF, Rubtsov VI, Surovtsev NA. Ensuring Radiation Safety of Personnel and the Public During the Mitigation of the Consequences of a Radiation Accident: a Manual for Doctors. Moscow Publ., 2005. 65 p. (In Russian).
- Klochkov VN. Ensuring radiation safety of personnel of nuclear fuel and energy complex Enterprises in Conditions of Radioactive Contamination of Surfaces and air of Industrial Premises. Doctor's Thesis of Technical Sciences, 05.26.02. Moscow Publ., 2009. 324 p. (In Russian).
- MU 2.6.5.029-2016. Individual Dosimetric Control in the Event Plutonium and Americium. Enter the Wound. General Requirements. Guidelines. (In Russian).
- Typical Content of the Plan of Medical and Sanitary Provision of Personnel and Public by FMBA of Russia Institutions in the Event of a Radiation Accident. Guidelines. Approved Head of FMBA of Russia 16.04.2010. Medical and Sanitary Provision in Case of Radiation Accidents. Collection of Methodological Documents. Moscow Publ., 2018. P. 21-32 (In Russian).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4) (In Russian).
- MU 2.6.5.040-2016. Determination of the Dose of Unplanned or Emergency Exposure of Personnel of Enterprises of the State Atomic Energy Corporation "Rosatom". Guidelines (In Russian).
- Ensuring Radiation Safety During Transportation of Victims with Radioactive Contamination. Methodical Recommendations of FMBA of Russia 12.077-15. Moscow Publ., 2015. (In Russian).
- Immediate and Distant Consequences of the Radiation Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant. The Results of the Work of Scientific and Practical Health Care Institutions to Mitigate the Consequences of the Accident in 1986. Collection of Materials of the All-Union Symposium. Eds. Ilyin LA, Buldakov LA. Moscow Publ., 1987. 773 p. (In Russian).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 23.12.2020. **Accepted for publication:** 20.01.2021.