DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-2-48-55
УДК: 614.876:621.039.58(476)

Критерии медицинского реагирования на радиологические аварии в Республике Беларусь

К.Н. Буздалкин [1], Н.Г. Власова [1], А.В. Рожко [1], В.Н. Бортновский [2]

[1] Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Гомель, Беларусь
[2] Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь

Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека во внутреннем и внешнем аварийных планах Белорусской АЭС указан учреждением, осуществляющим специализированное лечение персонала, а также пострадавших лиц из населения, проживающего в зоне аварийного воздействия станции, случайных свидетелей аварии. Белорусская АЭС является первым объектом использования атомной энергии в стране. Опыта лечения радиационных поражений в Беларуси нет. Задача обеспечения готовности к приему и специализированному лечению лиц, подвергшихся аварийному или незапланированному облучению, ставится перед национальным здравоохранением впервые. Цель исследования – установить критерии радиационного воздействия для использования при медицинском реагировании на радиологические аварии в специализированном медицинском учреждении Министерства здравоохранения Республики Беларусь. В результате анализа публикаций международных организаций выбраны критерии радиационного воздействия, которые могут быть применены в условиях белорусских специализированных медицинских учреждений с учётом действующих национальных технических нормативных правовых актов и имеющихся возможностей у участников аварийного реагирования. Для учета качества излучения применительно к детерминированным эффектам принято использовать единицу, ранее не применяемую в Беларуси, – Грей-эквивалент. Критерии включают как дозиметрические величины для случаев внешнего и внутреннего аварийного и незапланированного облучения, так и уровни поступления радиоактивных веществ с неизвестными физико-химическими свойствами в организм, при которых необходимо немедленное медицинское обследование. Отдельного рассмотрения требуют критерии для случаев поверхностного загрязнения кожных покровов и ран радионуклидами.

Ключевые слова: *радиологическая авария, радиационное воздействие, медицинское реагирование, критерий.*

Введение

К медицинскому реагированию в случае радиационной аварии обычно относят мероприятия, связанные с осуществлением предупредительных и срочных защитных мер. Однако в случае переоблучения лиц проводятся также медицинская сортировка на месте аварийной ситуации, декорпорация радионуклидов и индивидуальное специализированное лечение в стационаре по показаниям.

Указанные медицинские процедуры должны применяться оперативно и при любых обстоятельствах на основании медицинских симптомов и результатов дозиметрического обследования. Для определения средств и методов медицинского лечения необходимы данные аварийного индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения, оперативных измерений in vivo содержания радионуклидов в теле и отдельных органах, поверхностного загрязнения кожных покровов, лабораторных анализов биосубстратов in vitro, а также результаты прогноза и реконструкции доз аварийного облучения [1, 2].

В государственном учреждении «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека» (далее Центр) будет осуществляться специализированное лечение персонала Белорусской АЭС. В настоящее время опыта оценки аварийных и незапланированных доз внутреннего облучения свыше 0,1 мЗв и лечения радиационных поражений в Беларуси нет. Задача обеспечения готовности к приему и специализированному лечению лиц, подвергшихся аварийному или незапланированному облучению, ставится перед национальным здравоохранением впервые.

Согласно «Положению об отраслевой подсистеме государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Министерства здравоохранения Республики Беларусь» от 23.12.2009 г. № 138[1], на базе Центра создана радиологическая бригада для организации и оказания специализированной медицинской по-

Бортновский Владимир Николаевич
Гомельский государственный медицинский университет
Адрес для переписки: ул. Ланге 5, Гомель, 246000, Беларусь. E-mail: kafog2@mail.ru

мощи населению, пострадавшему при чрезвычайных ситуациях, связанных с радиационной аварией на объектах использования атомной энергии. Центр во внутреннем и внешнем аварийных планах Белорусской АЭС указан учреждением, осуществляющим специализированное лечение персонала, а также лиц из населения, проживающего в зоне аварийного воздействия станции, случайных свидетелей аварии. В планах указан критерий отправки на специализированное лечение – «доза облучения поражённых должна превышать 1 Зв».

Министерством здравоохранения Республики Беларусь и руководством Центра были приняты необходимые меры по обеспечению готовности к медицинскому реагированию. Приказом министерства в 2017 г. на базе Центра была создана научно-методическая группа Ситуационного кризисного центра Минздрава, которой, в частности, было поручено проводить оценку доз облучения и рассчитывать прогнозы медицинских последствий облучения. Приказом директора Центра в 2018 г. под отделение радиационных поражений Ситуационного кризисного центра выделено 60 коек [3]. В Центре начата подготовка к проведению оценок доз внутреннего облучения, в том числе поглощённых доз в щитовидной железе, к цитогенетической дозиметрии, к лабораторным биоанализам in vitro и in vivo, а также измерениям содержания ^{24}Na в пробах крови для дозиметрии в аварийных ситуациях с возникновением критичности при работе ядерного реактора [4].

Для определения степени тяжести и стадии заболевания, прогнозирования характера течения болезни и возможных осложнений, правильного выбора средств и методов квалифицированного лечения необходимы специальные критерии радиационного воздействия. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) разработало основные медицинские процедуры для реагирования на радиологические аварии [1]. С целью обеспечения эффективности применения процедур МАГАТЭ рекомендует их адаптировать с учётом действующих национальных технических нормативных правовых актов и имеющихся возможностей у участников аварийного реагирования.

Цель исследования – установить критерии радиационного воздействия для использования при медицинском реагировании на радиологические аварии в специализированном медицинском учреждении Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

Задачи исследования

Выполнить анализ публикаций международных организаций и выбрать критерии радиационного воздействия, которые могут быть применены в условиях белорусских специализированных медицинских учреждений с учётом действующих национальных технических нормативных правовых актов и имеющихся возможностей у участников аварийного реагирования.

Материалы и методы

Результаты исследований относятся к случаям аварийного и незапланированного внешнего и внутреннего облучения органов и тканей, для которых МАГАТЭ разработало общие критерии [2]. Общие критерии основаны на современных знаниях о детерминированных эффектах и установлены на уровнях доз, приближающихся к порогам для серьёзных детерминированных эффектов. Обоснования численных значений критериев, учитывающих детерминированные эффекты, изложены в [5].

Изучены рекомендации и публикации Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и МАГАТЭ в области обеспечения радиационной безопасности [1, 2, 5, 6]. При подготовке статьи использовались также методические указания Российской Федерации, национальные технические нормативные правовые акты и локальные правовые акты учреждений и предприятий, участвующих в медицинском реагировании на ядерные и радиологические аварийные ситуации в Республике Беларусь.

Результаты и обсуждение

Проведен анализ требований, предъявляемых к критериям радиационного воздействия для использования при медицинском реагировании на радиологические аварии. Установленные в республике критерии радиационного воздействия предназначены для принятия решений о применении срочных и долгосрочных медицинских мер. Приведённые в гигиенических нормативах Республики Беларусь дозовые коэффициенты (Зв на 1 Бк поступления радионуклида в организм) относятся только к диапазону малых доз (ниже 100 мЗв) и предназначены для оценки стохастических эффектов.

Однако при эксплуатации Белорусской АЭС возможны ситуации, в которых необходимо оценивать детерминированные эффекты, т.е. дозы облучения, значительно превышающие 0,1 Зв. При осуществлении медицинских мероприятий в специализированном медицинском учреждении необходимы иные критерии и детальная дозиметрическая информация, дополнительные данные, например, об объёме облучённой ткани, подлежащему удалению во время хирургического лечения локального лучевого поражения, или свидетельствующие об эффективности декорпорации в случае поступления радионуклидов в организм.

Зиверт и его производные как единицы измерения используются только для оценки стохастических эффектов облучения органов, тканей или всего тела. Использование этой единицы измерения некорректно для оценки доз облучения, превышающих 0,1 Зв. Для учета качества излучения применительно к детерминированным эффектам МКРЗ, МАГАТЭ и ВОЗ предложили использовать единицу «Грей-эквивалент», в частности, чтобы подчеркнуть отличие оцениваемого показателя от эквивалентной дозы [1, 7]. В Грей-эквивалентах предлагалось выражать исклю-

[1] «Положение об отраслевой подсистеме государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Министерства здравоохранения Республики Беларусь» от 23.12.2009 г. № 138 ["Regulations on the Branch subsystem of the State system of emergency prevention and response of the Ministry of health of the Republic of Belarus" dated 23.12.2009 No. 138 (In Russ.)]

чительно усреднённую по определённому органу или ткани поглощённую дозу, взвешенную с учётом относительной биологической эффективности (ОБЭ) излучения AD_T:

$$AD_T = \sum D_{R,T} \cdot RBE_{R,T}, \quad (1)$$

где $D_{R,T}$ – средняя поглощённая доза в органе или ткани *T* от излучения *R, Гр,*

$RBE_{R,T}$ – относительная биологическая эффективность излучения *R* в органе или ткани *T*.

Согласно МУ 2.6.5.040-2016[2], допустимая погрешность оценки доз внутреннего и внешнего облучения, превышающих 1 Зв, оценивается в 100% и 25% соответственно.

ОБЭ-взвешенная поглощенная доза $AD_T(\tau)$, Гр-экв, ожидаемая за время τ, прошедшее после поступления радиоактивного материала, равна:

$$AD_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} AD_T(t)dt, \quad (2)$$

где $AD_t(t)$ – мощность ОБЭ-взвешенной поглощенной дозы в момент времени t в органе или ткани T,

t_0 – время поступления радионуклидов в орган или ткань T.

Относительная биологическая эффективность определяется отношением дозы излучения с низкой линейной передачей энергии к дозе рассматриваемого излучения, которая создаст идентичный биологический эффект. В случае поступления радиоактивного материала ОБЭ-взвешенная поглощенная доза характеризует внутреннее облучение органов и тканей человека в соответствии с качеством излучения и его распределением по телу условного человека. Величина ОБЭ зависит от дозы и мощности дозы, качества излучения, ожидаемого биологического эффекта, а также органа или ткани. Значения коэффициентов ОБЭ в национальных нормативных правовых актах не установлены, поэтому предлагается использовать величины в соответствии с руководством МАГАТЭ [2] (табл. 1).

ОБЭ-дозы, рассчитанные в соответствии с (1) и (2), сравниваются с дозовыми критериями медицинского реагирования отдельно для поступления радиоактивного материала и для внешнего облучения. В таблице 2 приведены дозиметрические критерии, которые предлагается использовать при медицинском реагировании на

Таблица 1

Значения ОБЭ для некоторых детерминированных эффектов (внешнее β- и γ-облучение включает облучение от тормозного излучения) [2]

[Table 1

RBE values for some deterministic effects (external β- and γ-irradiation includes bremsstrahlung) [2]

Эффект [Effect]	Критический орган [Critical organ]	Вид облучения [Type of radiation]	$RBE_{T,R}$	Примечание [Note]
Синдром поражения кроветворения [The syndrome of defeat of hematopoiesis]	Красный костный мозг [Red marrow]	Внутреннее и внешнее [Internal and external] γ	1	
		Внутреннее и внешнее [Internal and external] *n*	3	
		Внутреннее β	1	
		Внутреннее α	2	
Пневмония [Pneumonia]	Легкие [Lungs]	Внутреннее и внешнее [Internal and external] γ	1	Ткань альвеолярно-интерстициального отдела респираторного тракта [Tissue of the alveolar-interstitial part of respiratory tract]
		Внутреннее и внешнее [Internal and external] *n*	3	
		Внутреннее [Internal β	1	
		Внутреннее [Internal α	7	
Желудочно-кишечный синдром [Gastrointestinal syndrome]	Толстый кишечник [Large intestine]	Внутреннее и внешнее [Internal and external] γ	1	Предполагается, что облучение стенок кишечника незначительно в случае альфа-излучателей, однородно распределённых в содержимом толстого кишечника [It is assumed that the irradiation of the intestinal walls is insignificant in the case of alpha emitters uniformly distributed in the contents of the large intestine]
		Внутреннее и внешнее [Internal and external] *n*	3	
		Внутреннее [Internal] β	1	
		Внутреннее [Internal] α	0	
Некроз [Necrosis]	Мягкие ткани [Soft tissues]	Внешнее [External] γ, β	1	Ткань на глубине 5 мм от поверхности кожи на участке более 100 см² [Tissue at a depth of 5 mm from the skin surface in an area of more than 100 cm²]
		Внешнее [External] *n*	3	

[2] МУ 2.6.5.040-2016. Определение дозы незапланированного или аварийного облучения персонала предприятий Госкорпорации «Росатом». М.: ФМБА, 2016. 34 с. [Methodical guidelines 2.6.5.040-2016 “Determination of the dose of unplanned or emergency radiation exposure to personnel of Rosatom State Corporation”. Moscow, FMBA, 2016, 34 p. (In Russ.)]

Окончание таблицы 1

Эффект [Effect]	Критический орган [Critical organ]	Вид облучения [Type of radiation]	$RBE_{T,R}$	Примечание [Note]
Влажная десквамация [Wet desquamation]	Кожа [Skin]	Внешнее [External] γ, β	1	Ткань на глубине 0,5 мм от поверхности на участке более 100 см² [Tissue at a depth of 0.5 mm from the surface in an area of more than 100 cm²]
		Внешнее [External] *n*	3	
Гипотиреоз [Hypothyroidism]	Щитовидная железа [Thyroid]	Поступление изотопов иода [Receipt of iodine isotopes]	0,2	Однородное облучение в пять раз повышает вероятность возникновения детерминированных эффектов (радиойод накапливается неравномерно) [Homogeneous irradiation five times increases the probability of deterministic effects (radio-iodine accumulates unevenly)]
		Другие радионуклиды, накапливающиеся в щитовидной железе [Other radionuclides that accumulate in the thyroid]	1	

Таблица 2

Дозиметрические критерии для использования при медицинском реагировании на радиологические аварии [1]

[Table 2

Dosimetric criteria for use in medical response to radiological accidents [1]

Критерий [Criterion]	Примечание [Note]
Внешнее облучение [External irradiation]	
AD_{Torso} > 1 Гр-экв [Gy-eq]	Относится к внешнему облучению красного костного мозга, легких, тонкого кишечника, гонад, хрусталика глаза и щитовидной железы от излучения однородного поля мощной проникающей радиации (обычно измеряется индивидуальным дозиметром) [It refers to external irradiation of the red marrow, lungs, small intestine, gonads, lens of the eye and thyroid gland from the radiation of a uniform field of powerful penetrating radiation (usually measured by an individual dosimeter)]
AD_{Foetus} > 0,1 Гр-экв [Gy-eq]	Сравнивается со значением AD_{Torso} для беременной женщины [It is compared with the AD_{Torso} value for a pregnant woman]
AD_{Tissue} > 25 Гр-экв [Gy-eq]	Доза на глубине 0,5 см от контакта с источником (например, переноска источника в руке или в кармане) [Dose at a depth of 0.5 cm from contact with the source (for example, carrying the source in a hand or pocket)]
AD_{Skin} >10 Гр-экв [Gy-eq]	На площади до 600 см² (для аппроксимации более чем 1/3 поверхности тела). Это доза на кожные структуры, находящиеся на глубине 50 мг/см² (или 0,5 мм) [On an area of up to 600 cm² (for approximating more than 1/3 of the body surface). This is the dose for skin structures located at a depth of 50 mg / cm² (or 0.5 mm)]
Внутреннее облучение [Internal exposure]	
$AD(\tau)_{Red\ marrow}$ > 0,2 Гр-экв при поступлении актинидов (τ = 30 дней) [0,2 Gy-eq when actinides are received (τ = 30 days]	Здесь и далее $AD(\tau)$ – доза за период τ до достижения порогового поступления (I_{05}). Пороговым поступлением I_{05} является такое количество, которое приводит к воздействию на здоровье у 5% облученных лиц. Биокинетические процессы для актинидов и других радионуклидов различны ($AD(\tau)_{Red\ marrow}$ может отличаться до 50 раз, в то время как внутри группы отличаются не более чем в 3 раза) [Hereafter, $AD(\tau)$ is the dose for the period τ until the threshold intake (I_{05}) is reached. The threshold intake of I_{05} Is the amount that leads to health effects in 5% of exposed individuals. The biokinetic processes for actinides and other radionuclides are different ($AD(\tau)_{Red\ marrow}$ can differ up to 50 times, while within a group they differ no more than 3 times)]
$AD(\tau)_{Red\ marrow}$ > 2 Гр-экв при поступлении радионуклидов, отличных от актинидов (τ = 30 дней) [2 Gy-eq upon receipt of the radionuclides, different from the actinides (τ = 30 days)]	
$AD(\tau)_{Thyroid}$ >2 Гр-экв [Gy-eq] (τ = 30 дней [days])	Для радионуклидов, поглощенных щитовидной железой как критическим органом: радиоактивных изотопов теллура, йода, технеция и рения [For radionuclides absorbed by the thyroid as a critical organ: the radioactive isotopes of tellurium, iodine, technetium, and rhenium]
$AD(\tau)_{Lung}$ >30 Гр-экв [Gy-eq] (τ = 30 дней [days])	Здесь *Lung* означает газообменную область дыхательных путей [Here *Lung* means the gas exchange area of the respiratory tract]
$AD(\tau)_{Offspring}$>0,1 Гр-экв [Gy-eq] (τ = период внутриматочного развития [period of intrauterine development])	

радиологические аварии [1]. В случае внешнего облучения порог для развития детерминированных эффектов зависит от дозы, мощности дозы и относительной биологической эффективности излучения. В случае внутреннего облучения порог зависит от многих факторов, таких как поступившая активность, период полураспада, путь поступления, а также от радионуклида и метаболизма его соединений. Чтобы учесть все фак-

торы, порог для развития определённых детерминированных эффектов должен устанавливаться в терминах активности поступления.

Приведённые коэффициенты относительной биологической эффективности существенно отличаются от взвешивающих коэффициентов для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы (от W_R – множителей поглощенной дозы, учитывающих относительную биологическую эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов и применяемых в радиационной защите [6]).

В Гигиеническом нормативе Республики Беларусь «Критерии оценки радиационного воздействия» от 28.12.2012 г. № 213[3] значения критериев реагирования в случае острого облучения приведены в Греях, а в примечаниях подчёркивается, что имеется ввиду ОБЭ-взвешенная поглощенная доза (при достижении которой необходимы срочные защитные и другие меры реагирования при любых обстоятельствах для предотвращения или сведения к минимуму тяжелых детерминированных эффектов).

В СанПиН Республики Беларусь «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций» от 31.03.2010 г. № 39[4] предельные рекомендуемые уровни доз для аварийных работников приведены в Зивертах (до 500 мЗв). Однако поясняется, что указана величина $H_p(10)$ – индивидуальный эквивалент дозы внешнего облучения, что удобно при использовании стандартных дозиметров (считается, что путем применения средств индивидуальной защиты дозы облучения, получаемые из-за непроникающего внешнего излучения и поступления радионуклидов в организм, предотвращаются).

Уровни поступления в организм радиоактивных веществ с неизвестными физико-химическими свойствами, которые требуют немедленного медицинского наблюдения и при необходимости декорпорации радионуклидов, выбраны в соответствии с [8] и приведены в таблице 3.

Таблица 3

Уровни поступления радиоактивного вещества, при которых необходимо немедленное медицинское наблюдение, Бк [8]

[Table 3

Levels of radioactive substance intake that require urgent intervention, Bq [8]

Радионуклид [Radionuclide]	Поступление [Intake]	Радионуклид [Radionuclide]	Поступление [Intake]
^{3}H	$2.6\cdot10^{9}$	^{134}Cs	$7.2\cdot10^{6}$
^{32}P	$3.0\cdot10^{7}$	^{137}Cs	$9.9\cdot10^{6}$
^{51}Cr	$1.4\cdot10^{9}$	^{140}Ba	$1.7\cdot10^{7}$
^{54}Mn	$6.3\cdot10^{7}$	^{141}Ce	$2.7\cdot10^{7}$
^{59}Fe	$2.8\cdot10^{7}$	^{144}Ce	$2.1\cdot10^{6}$
^{57}Co	$9.9\cdot10^{7}$	^{203}Hg	$4.3\cdot10^{7}$
^{58}Co	$4.7\cdot10^{7}$	^{226}Ra	$3.2\cdot10^{4}$
^{60}Co	$3.7\cdot10^{6}$	^{228}Ra	$7.1\cdot10^{4}$
^{65}Zn	$2.4\cdot10^{7}$	^{228}Th	$2.8\cdot10^{3}$
^{86}Rb	$2.8\cdot10^{7}$	^{232}Th	$8.5\cdot10^{3}$
^{85}Sr	$1.1\cdot10^{8}$	^{234}Th	$1.1\cdot10^{7}$
^{89}Sr	$1.2\cdot10^{7}$	^{234}U	$1.3\cdot10^{4}$
^{90}Sr	$8.7\cdot10^{5}$	^{235}U	$1.5\cdot10^{4}$
^{95}Zr	$1.8\cdot10^{7}$	^{238}U	$1.6\cdot10^{4}$
^{106}Ru	$1.7\cdot10^{6}$	^{237}Np	$2.1\cdot10^{4}$
^{110m}Ag	$8.2\cdot10^{6}$	^{238}Pu[1)]	$1.0\cdot10^{4}$
^{124}Sb	$1.5\cdot10^{7}$	^{239}Pu[1)]	$1.1\cdot10^{4}$
^{125}Sb	$2.2\cdot10^{7}$	^{240}Pu[1)]	$1.1\cdot10^{4}$
^{125}I	$5.8\cdot10^{6}$	^{241}Am[1)]	$1.3\cdot10^{4}$
^{129}I	$8.8\cdot10^{5}$	^{242}Cm	$2.5\cdot10^{4}$
^{131}I	$4.5\cdot10^{6}$	^{244}Cm	$1.5\cdot10^{4}$

[1)] Не применяется в случае раневого поступления альфа-излучающих изотопов.
[1) Not applicable in case of wound entry of alpha-emitting isotopes].

[3] Гигиенический норматив Республики Беларусь «Критерии оценки радиационного воздействия» от 28.12.2012 г. № 213 [Hygienic standard of the Republic of Belarus «Criteria for radiation exposure assessing» dated 28.12.2012 No. 213 (In Russ.)]

[4] СанПиН Республики Беларусь «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций» от 31.03.2010 г. № 39 [Sanitary Regulations and Standards of the Republic of Belarus «Hygienic requirements for the design and operation of nuclear power plants» dated 31.03.2010 No. 39 (In Russ.)]

Общеизвестно, что почти во всех аварийных ситуациях в лучшем случае постоянно проводился лишь контроль дозы внешнего проникающего излучения с применением дозиметров. Дозы от поступления в организм или от загрязнения кожи не оценивались, а только ограничивались путём использования индивидуальных средств защиты органов дыхания и кожных покровов, йодной профилактикой и контролем проведения работ на радиационно опасных участках. Информация о радиационной обстановке использовалась при принятии решений о выборе средств защиты и продолжительности работы в аварийной зоне.

При медицинском реагировании на радиологические аварии должны применяться заранее установленные национальные критерии. Национальная стратегия радиационной защиты в Республике Беларусь начала формироваться значительно позже других стран. В Российской Федерации ещё в 1945 г. организована первая радиологическая лаборатория в Научно-исследовательском институте гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР, специализированные лаборатории при Институте биофизики МЗ СССР, а в 1956 г. основан Ленинградский научно-исследовательский институт радиационной гигиены. В Республике Беларусь только в 2000-е гг. создан Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, а в НПЦ гигиены – лаборатория радиационной безопасности.

Вводятся в эксплуатацию энергоблоки первой Белорусской АЭС. Персонал станции подвергается рискам аварийного и незапланированного облучения. Однако в Беларуси нет организаций, имеющих опыт медицинского реагирования на радиологические аварийные ситуации – такой, как у ФГБУ «Государственный научный центр – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, ФГБУ «Всероссийский центр медицины катастроф «Защита»» МЗ РФ, ФГБУЗ «Клиническая больница № 122 им. Л.Г. Соколова» (Санкт-Петербург), ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России. В Республике Беларусь на уровне территориальных лечебно-профилактических учреждений и многопрофильных больниц, медицинских центров и госпиталей врачебный и средний медицинский персонал не имеет достаточных знаний и опыта диагностики и лечения лучевых поражений.

Проведённые исследования были направлены на изучение международного опыта применения критериев медицинского реагирования в случае радиационной аварии. Однако международные документы и рекомендации носят достаточно общий характер, а результаты практического применения не приводятся. Значительная часть информационных и научно-методических материалов об организации и проведении санитарно-гигиенических и лечебных мероприятий при радиационных авариях недоступна в открытой печати. В данных условиях было предложено принять в качестве национальных критерии медицинского реагирования, рекомендуемые МАГАТЭ и рядом других международных организаций-соавторов.

Заключение

Опыт эксплуатации атомных электростанций показывает, что последствия аварий могли быть снижены за счет эффективного медицинского реагирования. Обеспечению готовности к медицинскому реагированию на радиологические аварийные ситуации придаётся особое значение.

Белорусская АЭС является первым объектом использования атомной энергии в стране. Опыта лечения радиационных поражений в Беларуси нет. Задача обеспечения готовности к приему и специализированному лечению лиц, подвергшихся аварийному или незапланированному облучению, ставится перед национальным здравоохранением впервые.

В результате анализа публикаций международных организаций выбраны критерии радиационного воздействия, которые могут быть применены в условиях белорусских специализированных медицинских учреждений. Проведена их оценка с учётом действующих национальных технических нормативных правовых актов и имеющихся возможностей у участников аварийного реагирования. Для учета качества излучения применительно к детерминированным эффектам принято использовать единицу измерения «Грей-эквивалент».

Критерии включают как дозиметрические величины для случаев внешнего и внутреннего аварийного и незапланированного облучения, так и уровни поступления радиоактивных веществ с неизвестными физико-химическими свойствами в организм, при которых необходимо немедленное медицинское наблюдение. Критерии для случаев поверхностного загрязнения кожных покровов и ран радионуклидами в статье не обсуждались и требуют отдельного рассмотрения.

Литература

1. Общие процедуры медицинского реагирования при ядерной или радиологической аварийной ситуации. Серия «Аварийная готовность и реагирование», IAEA-EPR-MEDICAL. Вена: МАГАТЭ, 2009. 327 с.
2. Критерии для использования при обеспечении готовности и реагирования в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации. Общее руководство по безопасности GSG-2. Вена: МАГАТЭ, 2012. 132 с.
3. Буздалкин К.Н., Власова Н.Г. Проблемы оценки доз аварийного облучения оперативного персонала АЭС // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. 2020. № 2(24). С. 125–130.
4. Буздалкин К.Н., Власова Н.Г., Рожко А.В., Бортновский В.Н. Оценка доз облучения при медицинском реагировании на радиологические аварии в Республике Беларусь // Сб. научн. статей Респ. научн.-практ. конф. Гомель: ГГМУ. 2020. № 21, Т. 2. С. 135–138.
5. Development of an Extended Framework for Emergency Response Criteria: Interim Report for Comment, IAEA-TECDOC-1432. Vienna: IAEA, 2005. 108 p.
6. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности. Общие требования безопасности GSR-3. Вена: МАГАТЭ; 2015. 520 с.
7. International commission on radiological protection. Relative Biological Effectiveness (RBE), Quality Factor (Q) and Radiation Weighting Factor (wR), Publication 92. Oxford and New York: Pergamon Press, 2003. 122 p.
8. Medical management of persons internally contaminated with radionuclides in a nuclear or radiological emergency. A manual for medical personnel. Vienna: IAEA, 2018. 119 p.

Поступила: 01.11.2020 г.

Буздалкин Константин Николаевич – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории радиационной защиты Республиканского научно-практического центра радиационной медицины и экологии человека Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Гомель, Беларусь

Власова Наталия Генриховна – доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией радиационной защиты Республиканского научно-практического центра радиационной медицины и экологии человека Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Гомель, Беларусь

Рожко Александр Валентинович – доктор медицинских наук, доцент, директор Республиканского научно-практического центра радиационной медицины и экологии человека Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Гомель, Беларусь

Бортновский Владимир Николаевич – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой общей гигиены, экологии и радиационной медицины Гомельского государственного медицинского университета. **Адрес для переписки:** ул. Ланге 5, Гомель, 246000, Беларусь; E-mail: kafog2@mail.ru

Для цитирования: Буздалкин К.Н., Власова Н.Г., Рожко А.В., Бортновский В.Н. Критерии медицинского реагирования на радиологические аварии в Республике Беларусь // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 2. С. 48–55. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-2-48-55

Criteria of medical response to radiological emergencies in the Republic of Belarus

Constantin N. Buzdalkin[1], Natalia G. Vlasova[1], Alexander V. Rozhko[1], Vladimir N. Bortnovsky[2]

[1]The Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology of the Ministry of health of the Republic of Belarus, Gomel, Belarus

[2]Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

The Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology in the Internal and External Emergency Plans of the Belarusian nuclear power plant is specified as an institution that provides specialized treatment for personnel, as well as persons from the population living in the emergency zone of the station. The plant is the first facility in the Republic that used nuclear energy. There is no experience in treating radiation injuries in Belarus. This is the first time that the National Health Service has been assigned the task of ensuring readiness for the reception and specialized treatment of people who have been exposed to emergency or unplanned radiation. The purpose of the work is to establish criteria for radiation exposure for use in a Belarusian specialized medical institution in case of medical response to radiological accidents. As a result of the analysis of publications of international organizations, the criteria of radiation exposure that can be applied in the conditions of Belarusian specialized medical institutions were selected. Assessment of the criteria was made taking into account existing national technical regulations and the available capabilities of emergency response participants. To account for the quality of radiation in relation to deterministic effects "Gy-equivalent" is used. The criteria include both dosimetric values for cases of external and internal accidental and unplanned exposure, and levels of radioactive substances with unknown physical and chemical properties entering the body that require urgent medical intervention. Criteria for cases of surface contamination of skin and wounds require separate consideration.

Key words: *radiological accident, radiation exposure, medical response, criterion.*

References

1. General medical response procedures for a nuclear or radiological emergency. Emergency preparedness and response series, IAEA-EPR-MEDICAL. Vienna: IAEA; 2009. 327 p. (In Russian).
2. Criteria for use in providing preparedness and response in the event of a nuclear or radiological emergency. General safety guide GSG-2. Vienna: IAEA; 2012. 132 p. (In Russian).
3. Buzdalkin KN, Vlasova NG. Problems emergency radiation doses estimation. *Medical and Biological problems of Life Activity*. 2020; 2(24): 125–130. (In Russian).

Vladimir N. Bortnovsky
Gomel State Medical University
Address for correspondence: Lange str., 5, Gomel, 246000, Belarus; E-mail: kafog2@mail.ru

4. Buzdalkin KN, Vlasova NG, Rozhko AV, Bortnovsky VN. Assessment of radiation doses in medical response to radiological accidents in the Republic of Belarus. *Collection of scientific articles of the Republican scientific and practical conference.* Gomel: GSMU. 2020; 21(2): 135–138. (In Russian).
5. Development of an Extended Framework for Emergency Response Criteria: Interim Report for Comment, IAEA-TECDOC-1432. Vienna: IAEA; 2005. 108 p.
6. Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards. General safety requirements GSR-3. Vienna: IAEA; 2015. 520 p. (In Russian).
7. International commission on radiological protection. Relative Biological Effectiveness (RBE), Quality Factor (Q) and Radiation Weighting Factor (wR), Publication 92. Oxford and New York: Pergamon Press; 2003. 122 p.
8. Medical management of persons internally contaminated with radionuclides in a nuclear or radiological emergency. A manual for medical personnel. Vienna: IAEA; 2018. 119 p.

Received: November 07, 2020

Constantin N. Buzdalkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Radiation Protection Laboratory, The Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology of the Ministry of Health of the Republic of Belarus, Gomel, Belarus

Natalia G. Vlasova – Doctor of biological Sciences, Professor, Head of the Radiation Protection Laboratory, The Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology of the Ministry of health of the Republic of Belarus, Gomel, Belarus

Alexander V. Rozhko – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Director of the Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology of the Ministry of Health of the Republic of Belarus, Gomel, Belarus

For correspondence: Vladimir N. Bortnovsky – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of General Hygiene, Ecology and Radiation Medicine, Gomel State Medical University (Lange str., 5, Gomel, 246000, Belarus; E-mail: kafog2@mail.ru)

For citation: Buzdalkin C.N., Vlasova N.G., Rozhko A.V., Bortnovsky V.N. Criteria of medical response to radiological emergencies in the Republic of Belarus. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021. Vol. 4, No. 2. P. 48-55. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-2-48-55