

Т.В. Азизова, М.Б. Мосеева, К.В. Брикс

ОСТРАЯ ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ КРИТИЧНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Южно-Уральский институт биофизики (Россия, г. Озерск, Челябинская обл., Озерское шоссе, д. 19)

Введение. Радиационные аварии являются редким событием, однако, в настоящее время нельзя полностью исключить возможность их возникновения. В этой связи особую ценность для прогноза последствий кратковременного облучения с высокой мощностью дозы имеет весь накопленный в мире опыт.

Цель – представить описание клинических симптомов и признаков у работников, подвергшихся острому гамма-нейтронному облучению.

Методология. В настоящей работе рассматривается авария критичности, произошедшая 2 января 1958 г. на Производственном объединении «Маяк» при работе с экспериментальным сосудом, содержащим раствор нитрата урана. В результате аварии кратковременному гамма-нейтронному облучению подверглись четыре работника, у которых впоследствии развилась острая лучевая болезнь в различной степени тяжести.

Результаты и их анализ. Представлены симптомы первичной реакции, развития нарушений в различных органах и системах и течение острой лучевой болезни у пострадавших.

Заключение. При острой лучевой болезни в крайне тяжелой степени тяжести в ранний период после острого облучения наблюдаются нарушения в различных органах и тканях, при этом сердечно-сосудистый коллапс является наиболее критичным физиологическим состоянием. Нарушения в различных органах и тканях в отдаленный период после острого облучения являются вторичными проявлениями как ранней неспецифической реакции на облучение, так и специфических радиационно-индуцированных прямых повреждений высокорadioчувствительных клеток.

Ключевые слова: радиационная авария, гамма-нейтронное облучение, острая лучевая болезнь, Производственное объединение «Маяк», полиорганные нарушения.

Введение

Радиационные аварии являются редким событием, однако, в настоящее время нельзя полностью исключить возможность их возникновения в связи с широким использованием источников ионизирующего излучения (в промышленности, энергетике, медицине), а также ввиду угрозы ядерного терроризма. В связи с этим изучение влияния кратковременного облучения высокой мощности на здоровье человека остается актуальным. При этом особую ценность для прогноза последствий острого облучения имеет весь накопленный в мире опыт.

Острая лучевая болезнь (ОЛБ) – совокупность клинических синдромов, развивающихся при кратковременном облучении всего организма или его части в дозах, превышающих 1 Гр [3, 11]. В зависимости от величины поглощенной дозы излучения и, соответственно, в зависимости от преобладания признаков поражения тех или иных систем организма выделяют

несколько форм (синдромов) ОЛБ, а именно, церебральная, токсемическая, кишечная и костномозговая формы в русскоязычной литературе и нейроваскулярный, желудочно-кишечный и гемопоэтический синдромы в зарубежной литературе. Однако схожесть клинических проявлений свидетельствует о системной воспалительной реакции, что в тяжелых случаях приводит к полиорганной недостаточности.

Цель – представить описание клинических симптомов и признаков у работников, подвергшихся острому гамма-нейтронному облучению в результате аварии критичности, произошедшей на Производственном объединении «Маяк» 2 января 1958 г.

Описание аварии

Подробное описание аварии критичности, произошедшей 2 января 1958 г. на внутризаводской экспериментальной установке, для точного определения критических параметров

✉ Азизова Тамара Васильевна – канд. мед. наук, гл. науч. сотр., зам. дир. по науке, зав. клинич. отд. Юж.-Урал. ин-т биофизики (Россия, 456780, г. Озерск, Челябинская обл., Озерское шоссе, д. 19), ORCID: 0000-0001-6954-2674, e-mail: clinic@subi.su;

Мосеева Мария Борисовна – науч. сотр., Юж.-Урал. ин-т биофизики (Россия, 456780, г. Озерск, Челябинская обл., Озерское шоссе, д. 19), ORCID: 0000-0003-3741-6600, e-mail: clinic@subi.su;

Брикс Ксения Васильевна – науч. сотр., Юж.-Урал. ин-т биофизики (Россия, 456780, г. Озерск, Челябинская обл., Озерское шоссе, д. 19), ORCID: 0000-0001-8815-9742, e-mail: clinic@subi.su

Таблица 1

Характеристика пострадавших в аварии

Работник	Пол	Возраст, лет	Суммарная доза профессионального хронического внешнего гамма-излучения до аварии (Hr10), Зв	Острое гамма-нейтронное облучение	
				Доза (минимум–максимум), Гр	Мощность дозы (минимум–максимум), Гр/с
Л.	Мужской	30	0,09	69,50–124,50	0,58–1,04
М.	Мужской	24	0,10	76,30–131,30	0,64–1,09
Б.	Мужской	28	0,01	30,20–48,70	0,25–0,41
К.	Женский	33	3,59	7,13–12,13	0,06–0,10

ров емкостей, находящихся в повседневном использовании, представлено в [8, 12]. Кратко при перемещении раствора нитрата урана из экспериментального сосуда в емкости с более благоприятной геометрией произошла самоподдерживающаяся цепная реакция. Вместо использования сливной линии, как было предписано, трое работников (Л., М. и Б.) подняли экспериментальный сосуд и начали его двигать для того, чтобы вручную разлить содержимое в другие емкости. Тотчас же они заметили вспышку, и в это же время раствор с делящимся веществом был с силой выброшен из сосуда. Кроме работников Л., М. и Б., облучению подвергся четвертый работник (К.), находящийся на расстоянии 2,5 м от источника излучения. Все участники эксперимента немедленно покинули помещение и были подвергнуты дезактивации, а затем госпитализированы в специализированное медицинское учреждение.

Исходя из активности продуктов ядерного синтеза в растворе, выход одиночных импульсов составил примерно $2 \cdot 10^{17}$ делений. Впоследствии экспериментальная установка была демонтирована. Характеристика пострадавших в радиационной аварии работников и оценки доз облучения представлены в табл. 1. Следует отметить, что все пострадавшие до аварии подвергались хроническому профессиональному облучению.

Клиническое течение ОЛБ

Вскоре после облучения у трех работников (Л., М. и Б.) развились типичные симптомы первичной реакции (продромального синдрома) ОЛБ, такие как рвота, головная боль, слабость, диарея и повышение температуры тела (табл. 2). При неврологическом обследовании выявлено, что работники Л. и М., подвергшиеся облучению в очень высоких дозах,

Таблица 2

Симптомы первичной реакции (продромальный синдром) у пострадавших в аварии

Симптом и признак	Работник			
	Л.	М.	Б.	К.
Рвота	Непрекращающаяся, через 5 мин	Непрекращающаяся, через 10 мин	Множественная, через 10 мин	Множественная, через 30 мин
Локализация эритемы кожи в течение 1-го часа	Лицо, грудь, верхние конечности	Лицо, грудь, верхние конечности	Лицо, верхние конечности	Лицо, верхние конечности
Головная боль	Очень сильная, через 1 мин	Очень сильная, через 5–10 мин	Сильная, через 15 мин	Средняя, через 20 мин
Слабость	Очень сильная, через 30 с; не мог идти	Очень сильная, через 5 мин	Сильная, через 15 мин	Средняя, через 30 мин
Боли в животе в течение первых 2 ч	Да	Да	Да	Нет
Диарея в течение первых 2 ч	Да	Да	Да	Нет
Артериальное давление, мм рт.ст.	до аварии 130/70 в течение первых 4 ч 90/50	140/80 80/35	140/80 110/60	140/80 120/80
Частота сердечных сокращений через 2 ч (уд/мин)	116	110	100	120
Частота дыхательных движений через 2 ч (мин)	24	20	20	18
Температура тела через 2 ч (°C)	39,3	39,2	38,2	37,0
Нарушение рефлексов (рефлексы повышены)	Да	Да	Да	Нет
Нарушение чувствительности	Да	Да	Нет	Нет
Общее состояние	Дезориентация, возбуждение	Дезориентация, возбуждение	Возбуждение	Возбуждение

Таблица 3

Симптомы критической фазы у пострадавших в аварии

Симптом / признак	Работник			
	Л.	М.	Б.	К.
Периферическая кровь				
Агранулоцитоз	Нет; лейкопения на 6-й день	На 6-й день	На 6-й день	На 7-й день
Тромбоцитопения	ниже $150 \cdot 10^9/\text{л}$ ниже $30 \cdot 10^9/\text{л}$	На 5-й день Нет	На 2-й день На 5-й день	На 3-й день На 7-й день На 11-й день
Эритроциты, меньше $3 \cdot 10^{12}/\text{л}$	Нет	Нет	На 9-й день	С 5-го по 8-й день
Система кровообращения				
Сосудистая гипотония	С 1-го по 6-й день	С 1-го по 7-й день	С 1-го по 9-й день	Нет
Изменения на ЭКГ	С 3-го дня	Со 2-го дня	Со 2-го дня	Со 2-го по 4-й день
Тахикардия	С 1-го по 6-й день	С 1-го по 7-й день	С 1-го по 9-й день	С 1-го по 60-й день
Дыхательная система				
Одышка, увеличение частоты дыхательных движений	С 5-го дня	С 4-го дня	С 5-го дня	Нет
Желудочно-кишечный тракт				
Диарея	Нет	Нет	Нет	Нет
Непроходимость кишечника	На 5-й день	На 3-й день	На 8-й день	Нет
Рвота и боли в животе	Да	Да	Нет	Нет
Нервная система				
Нарушение сознания (сомнолентное состояние)	С 4-го дня	С 3-го дня	С 6-го дня	Нет
Нарушение рефлексов	С 1-го по 6-й день	Со 2-го по 7-й день	Со 2-го дня	Со 2-го по 44-й день
Нарушение чувствительности	С 1-го по 6-й день	Со 2-го дня	Нет	Нет
Атаксия	С 3-го дня	Со 2-го дня	Нет	Нет
Выделительная система				
Олигурия, протеинурия	С 3-го дня	С 4-го дня	Нет	Нет
Синдромы				
Геморрагический синдром	Со 2-го дня	Со 2-го дня	С 8-го дня	Нет
Инфекционный синдром	Нет	Нет	Нет	На 15-й день (лакунарная ангина)
Эпилепсия	Нет	Нет	С 8-го дня	С 11-го дня
Смерть	На 6-й день	На 7-й день	На 10-й день	Через 24 года
Основная причина смерти / код по МКБ-10	ОЛБ / T66	ОЛБ / T66	ОЛБ / T66	Рак легкого / C34.9

находились в состоянии дезориентации с первых часов после острого облучения. У них наблюдались нарушения рефлексов и чувствительности. Уже с 1-го дня у работников Л. и М. были зарегистрированы сосудистая гипотония и тахикардия, а на 2–4-й день после острого облучения регистрировались атаксия, олигурия и геморрагический синдром (табл. 3). У работника Б. в отличие от работников Л. и М. подобных симптомов не наблюдали (см. табл. 2, 3).

Несмотря на то, что у работника К. были симптомы первичной реакции, такие же как и у других участников радиационной аварии, у него не выявлено сосудистой гипотонии, одышки, диареи и лихорадки в критической фазе, а нервно-сосудистый синдром был слабо выражен (см. табл. 2 и 3). Латентный период у работника К. был коротким, и уже на 7-й день после острого облучения число нейтрофилов

в периферической крови составило $0,2 \cdot 10^9 \text{ л}^{-1}$, а число тромбоцитов снизилось до $52 \cdot 10^9 \text{ л}^{-1}$.

Изменения показателей в периферической крови у работников Л., М., Б. и К. представлены на рис. 1–4. В течение первых часов после аварии наблюдалось значительное увеличение числа нейтрофилов, а к 7–8-му дню после облучения, напротив, – достигало нуля за исключением работника Л., который умер прежде, чем число нейтрофилов достигло нуля. Уже на 2-е сутки у всех работников в периферической крови регистрировалась глубокая абсолютная лимфопения (менее $0,1 \cdot 10^9 \text{ л}^{-1}$), сохранившаяся до момента смерти, за исключением работника К. Падение тромбоцитов ниже $150 \cdot 10^9 \text{ л}^{-1}$ началось на 1-й неделе у всех работников, но критическая тромбоцитопения (ниже $30 \cdot 10^9 \text{ л}^{-1}$) была зарегистрирована позднее, и сроки ее наступления зависели от дозы облучения, за исключением работника Л.,

который умер на 6-й день после острого облучения. Снижение числа эритроцитов (ниже $3 \cdot 10^{12} \text{ л}^{-1}$) в периферической крови у работника Б. наблюдалось на 9-й день и у работника К. – с 5-го по 8-й день.

В то время набор лекарственных препаратов для лечения острой лучевой болезни был

ограничен (седативные, анальгезирующие, противосудорожные препараты, витамины, антибиотики).

Работник Л. умер на 6-й день после облучения, непосредственной причиной смерти явились выраженная сосудистая недостаточность и отек мозга. Работник М. умер от нарастаю-

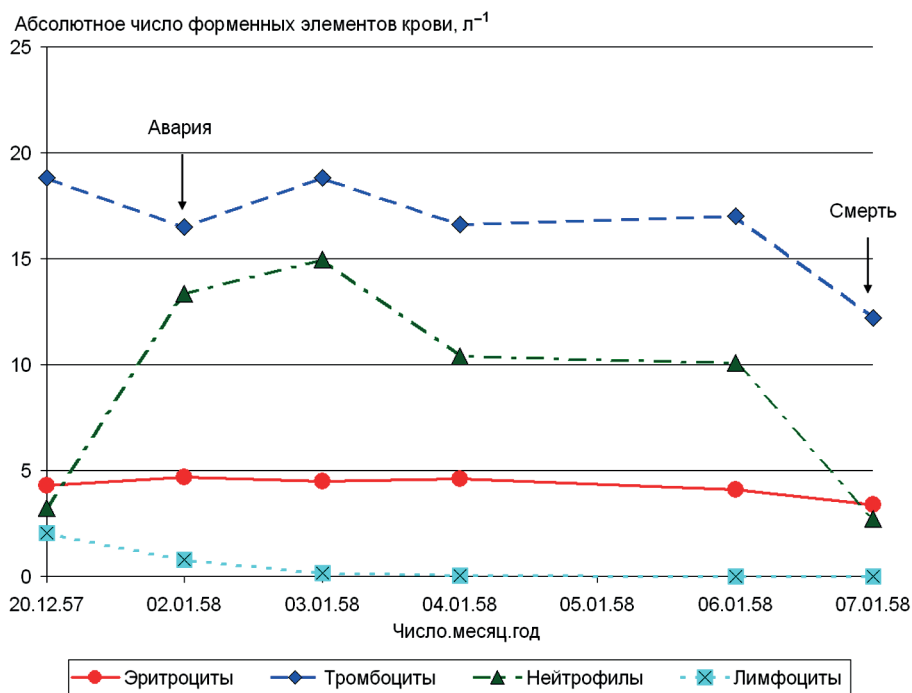


Рис. 1. Динамика абсолютного числа эритроцитов ($\times 10^{12} \text{ л}^{-1}$), тромбоцитов ($\times 10^{10} \text{ л}^{-1}$), нейтрофилов ($\times 10^9 \text{ л}^{-1}$) и лимфоцитов ($\times 10^9 \text{ л}^{-1}$), начиная с анализа до аварии и ежедневно после аварии, у работника Л.

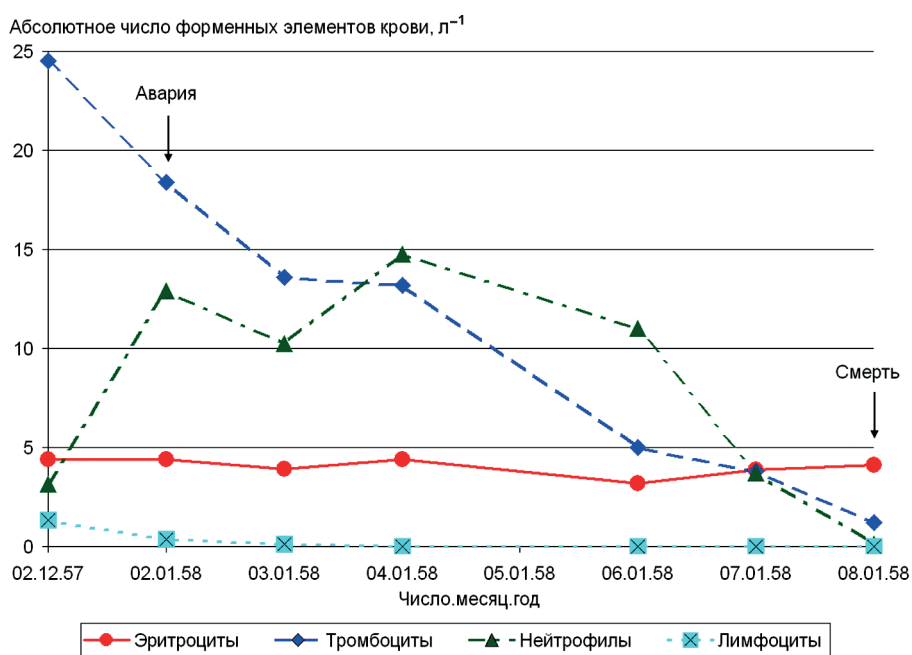


Рис. 2. Динамика абсолютного числа нейтрофилов ($\times 10^9 \text{ л}^{-1}$), лимфоцитов ($\times 10^9 \text{ л}^{-1}$), тромбоцитов ($\times 10^{10} \text{ л}^{-1}$) и эритроцитов ($\times 10^{12} \text{ л}^{-1}$), начиная с анализа до аварии и ежедневно после аварии, у работника М.

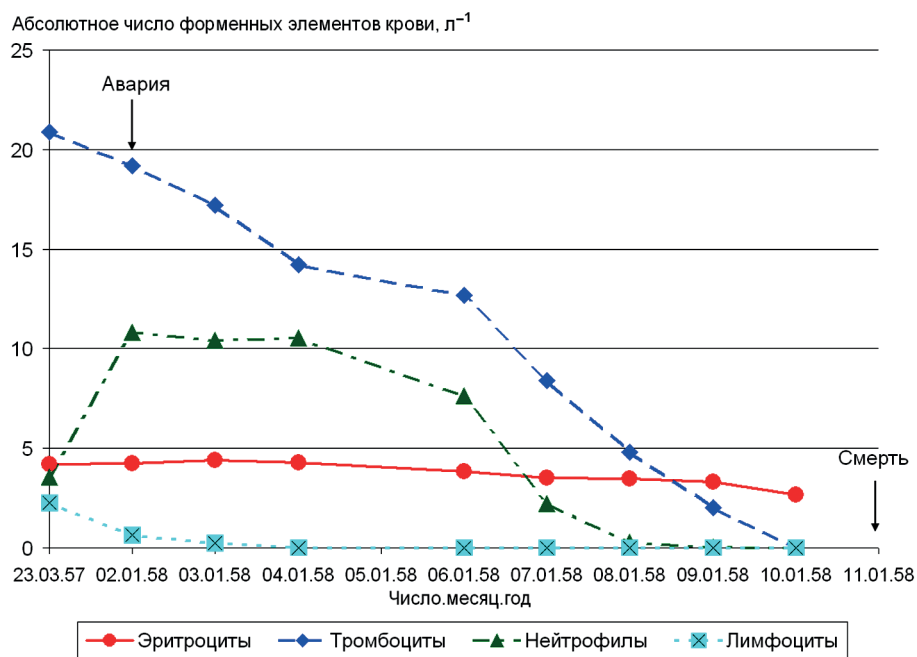


Рис. 3. Динамика абсолютного числа эритроцитов ($\times 10^{12} \text{ л}^{-1}$), тромбоцитов ($\times 10^{10} \text{ л}^{-1}$), нейтрофилов ($\times 10^9 \text{ л}^{-1}$) и лимфоцитов ($\times 10^9 \text{ л}^{-1}$), начиная с анализа до аварии и ежедневно после аварии, у работника Б.

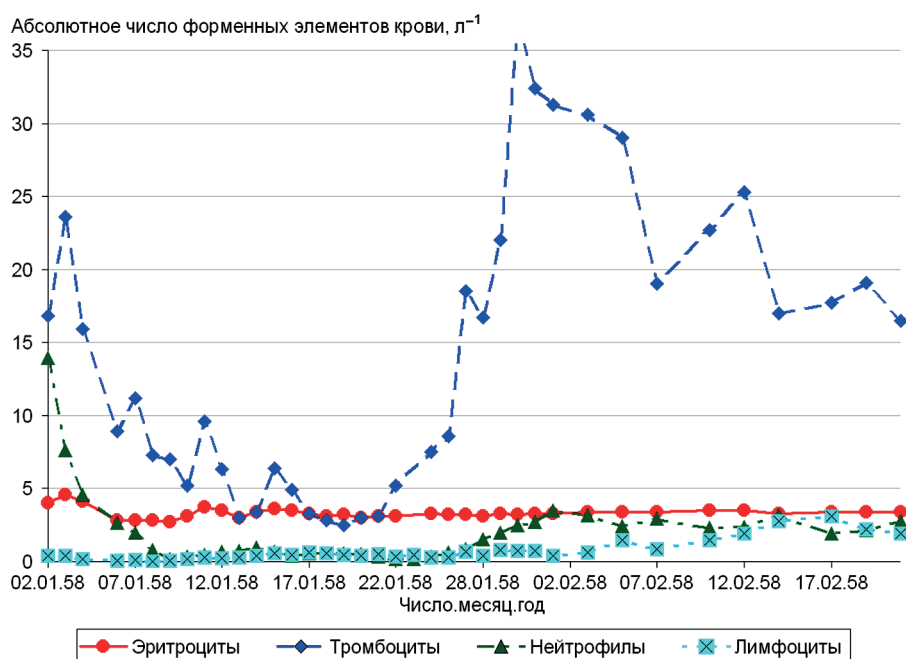


Рис. 4. Динамика абсолютного числа эритроцитов ($\times 10^{12} \text{ л}^{-1}$), тромбоцитов ($\times 10^{10} \text{ л}^{-1}$), нейтрофилов ($\times 10^9 \text{ л}^{-1}$) и лимфоцитов ($\times 10^9 \text{ л}^{-1}$), начиная с первого дня аварии, у работника К.

щего отека легких и мозга на фоне нарушений сердечно-сосудистой деятельности и аплазии кроветворных органов на 7-й день после облучения.

У работника Б. смерть последовала на 10-й день после облучения от нарастающей интоксикации в результате обширных некротических изменений скелетных мышц, слизистых

оболочек пищеварительного тракта, на фоне аплазии кроветворных органов он умер.

Работник К. восстановил здоровье через 3 мес после аварии и продолжил свою профессиональную деятельность на предприятии. В отдаленном периоде наблюдения у работника К. были зарегистрированы радиационная катаракта (в возрасте 35 лет через 2 года по-

сле острого облучения), артериальная гипертензия (в возрасте 41 года через 7 лет после острого облучения). В течение всего последующего периода наблюдения показатели периферической крови у работника К. оставались стабильными в пределах границ физиологической нормы. Работник К. умер от рака легкого через 24 года (1982 г.) в возрасте 58 лет.

Обсуждение. Известно, что в первые часы после острого радиационного воздействия развивается первичная реакция на облучение – продромальный синдром, продолжительность которого зависит от поглощенной дозы острого облучения [1, 2, 4, 7, 9–11, 13]. Продромальный синдром у работников, подвергшихся гамма-нейтронному облучению в дозе более 10 Гр, характеризовался более выраженными нарушениями в органах и системах. Непрекращающаяся рвота с первых минут после облучения и диарея, развившаяся в первые часы после облучения, а также сильная физическая слабость – прогностические признаки наиболее тяжелых форм ОЛБ (сердечно-сосудистой и церебральной) [4, 7, 9, 11]. У работников, пострадавших в аварии критичности 2 января 1958 г., эти симптомы и признаки продромального синдрома развились в течение первых часов после аварии. Более того, уже в 1-ю неделю после острого облучения (критическая фаза) регистрировались симптомы и признаки в различных органах и системах, включая нервную систему (центральный и вегетативный отдел), желудочно-кишечный тракт, системы кровообращения и дыхания. Три работника, описанные в настоящей работе, умерли в критический период ОЛБ, так как на момент аварии не было в наличии мощных современных методов интенсивного лечения и отсутствовали современные препараты, такие как цитокины. Четвертый работник, подвергшийся облучению в меньших дозах, несмотря на отсутствие современного лечения, восстановил свое здоровье. С другой стороны – пострадав-

ших при аварии в городах Несвиже и Токай-муре интенсивно лечили современными препаратами, однако, не удалось избежать развития нарушений во многих органах и системах [11], что привело к гибели пострадавших.

В настоящее время полагают, что комплекс полиорганных нарушений в различной степени тяжести развивается не только в результате прямого радиационно-индуцированного повреждения радиочувствительных клеток (костный мозг, кишечный эпителий, эндотелий сосудов), но и неспецифических изменений в сосудистой системе, в частности, в эндотелиальных клетках и иммунной системе, приводящих к развитию неконтролируемого синдрома системного воспалительного ответа [6, 11]. Опыт, полученный при лечении пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, говорит о положительной роли медикаментозного лечения пациентов с тяжелой степенью тяжести ОЛБ и меньшей роли трансплантации костного мозга или стволовых клеток [5]. Дальнейшее изучение и понимание патофизиологических механизмов формирования полиорганных нарушений открывает перспективные пути улучшения результатов лечения ОЛБ.

Выводы

1. При острой лучевой болезни крайне тяжелой степени тяжести в ранний период после острого облучения наблюдаются нарушения в различных органах и тканях, при этом сердечно-сосудистый коллапс является наиболее критичным физиологическим состоянием.
2. Нарушения в различных органах и тканях в отдаленный период после острого облучения являются вторичными проявлениями как ранней неспецифической реакции на облучение, так и специфических радиационно-индуцированных прямых повреждений высоко-радиочувствительных клеток.

Литература

1. Байсоголов Г.Д. Клиническая картина острой лучевой болезни и состояние кроветворения при ней // Радиация и риск. Спец. вып. 2002. С. 9–13.
2. Баранов А.Е. Оценка дозы и прогнозирование динамики количества нейтрофилов периферической крови по гематологическим показателям при гамма-облучении человека // Медицинская радиология. 1987. № 12. С. 3–18.
3. Гуськова А.К. Классификация лучевой болезни / ред. Ильин Л.А. М.: ИздАТ, 2001. Т. 2. Радиационные поражения человека. С. 41–61.
4. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека : очерки. М.: Медицина, 1971. 384 с.
5. Стюарт Ф.А. [и др.]. Отчет МКРЗ по тканевым реакциям, ранним и отдаленным эффектам в нормальных тканях и органах – пороговые дозы для тканевых реакций в контексте радиационной защиты / ред.: А.В. Аклев, М.Ф. Киселев. Челябинск : Книга, 2012. 384 с. (Труды МКРЗ; публикация 118).

6. Шано В.П., Нестеренко А.Н., Гюльмамедов Ф.И., Гюльмамедов П.Ф. Сепсис и синдром системного воспалительного ответа // Анестезиология и реаниматология. 1998. № 4. С. 60–63.
7. Anno G.H., Baum S.J., Withers H.R., Young R.W. Symptomatology of acute radiation effects in humans after doses of 0.5–30 Gy // Health Phys. 1989. Vol. 56, N 1. P. 821–838. DOI: 10.1097/00004032-198906000-00001.
8. Gusev G., Guskova A.K., Mettler F.A. Medical Management of Radiation Accidents. London: New York: Washington CRS Press, 2001. 611 p.
9. Hall E.J. Acute effects of total-body irradiation // Radiobiology for the radiologist / Eds.: John J.R., Sutton P., Marino D. Philadelphia : Lippincott Williams and Wilkins, 2000 P. 124–135.
10. International Atomic Energy Agency. Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries. Vienna : International Atomic Energy Agency, 1998. Safety Report Series N 2.
11. International Atomic Energy Agency. Medical management of radiation injuries. Vienna : International Atomic Energy Agency, 2020. Safety Reports Series N 101.
12. McLaughlin T.P., Monahan S.P., Pruvost N.L. [et al.]. A review of criticality accidents. 2nd ed. Report N LA-13638. Los Alamos : Los Alamos National Laboratory, 2000. 158 p.
13. Thoma G.E., Wald N. The diagnosis and management of accidental radiation injury // Journal of occupational medicine. 1959. Vol. 1, N 8. P. 421–447.

Поступила 06.01.2023 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи. Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года».

Вклад авторов: Т.В. Азизова, К.В. Брикс – работа с первичной медицинской документацией, написание статьи; М.Б. Мосеева – работа с литературой, написание статьи.

Для цитирования. Азизова Т.В., Мосеева М.Б., Брикс К.В. Острая лучевая болезнь в результате аварии критичности на предприятии атомной промышленности // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2023. № 1. С. 5–12. DOI: 10.25016/2541-7487-2023-0-1-05-12.

Acute radiation sickness due to criticality accidents at a nuclear production facility

Azizova T.V., Moseeva M.B., Briks K.V.

Southern Urals Biophysics Institute (19, Ozyorskoe highway, Ozyorsk, Chelyabinsk region, Russia)

✉ Tamara Vasilyevna Azizova – PhD Med. Sci., principal scientist, deputy director, head of clinical department, Southern Urals Biophysics Institute (19, Ozyorskoe highway, Ozyorsk, Chelyabinsk region, 456780, Russia), ORCID: 0000-0001-6954-2674, e-mail: clinic@subi.su;

Maria Borisovna Moseeva – scientist, Southern Urals Biophysics Institute (19, Ozyorskoe highway, Ozyorsk, Chelyabinsk region, 456780, Russia), ORCID: 0000-0003-3741-6600, e-mail: clinic@subi.su;

Ksenia Vasilyevna Briks – scientist, Southern Urals Biophysics Institute (19, Ozyorskoe highway, Ozyorsk, Chelyabinsk region, 456780, Russia), ORCID: 0000-0001-8815-9742, e-mail: clinic@subi.su

Abstract

Introduction. Nuclear accidents are rare, however, today they cannot be entirely excluded. Thereupon the wealth of global experience is of particular value for prediction of outcomes that potentially follow short-term exposures to ionizing radiation at high dose rates.

The objective is to describe clinical symptoms and signs in workers exposed to acute gamma-neutron radiation.

Methodology. This paper considers health effects after radiation exposure due to a critical accident that happened on January, 2 1958 during operations with an experimental flask containing uranium nitrate solution at the Mayak PA. During accident four workers were exposed to short-term gamma-neutron radiation and subsequently suffered from acute radiation syndrome of different severity degree.

Results and discussion. Symptoms of the initial response, development of disorders in various organs and systems and the course of the acute radiation syndrome in exposed individuals are described.

Conclusion. Multiple organs or tissues are involved in severe acute radiation syndrome at an early period after acute exposure, at that cardiovascular collapse is the most critical physiological state. Multiple organs or tissues failure in the long-term period after acute exposure is a secondary manifestation both of the primary non-specific response to radiation and specific radiation-induced direct damage of highly sensitive cells

Keywords: radiation accident, gamma-neutron exposure, acute radiation syndrome, Production Association «Mayak», multiple organ failure.

References

1. Baisogolov G.D. Klinicheskaya kartina ostroi luchevoi bolezni i sostoyanie krovetvoreniya pri nei [Clinical picture of acute radiation sickness and the status of the haematopoietic system]. *Radiatsiya i risk*. [Radiation and risk] 2002; (Spetsial'nyi vypusk):9–13. (In Russ.).
2. Baranov A.E. Otsenka dozy i prognozirovaniye dinamiki kolichestva neutrofilov perifericheskoi krovi po gematologicheskimi pokazatelyami pri gamma-oblucheni cheloveka [Dose estimate and prognosis of peripheral blood neutrophil count dynamics based on haematological indices in humans after gamma ray exposure]. *Meditsinskaya radiologiya* [Medical radiology and radiation safety]. 1987; (12):3–18. (In Russ.).
3. Gus'kova A.K. Klassifikatsiya luchevoi bolezni [Radiation syndrome classification]. Ed. L.A. Il'in. Moscow. 2001. Vol. 2. Radiatsionnye porazheniya cheloveka [Radiation injuries in humans]. Pp. 41–61. (In Russ.).
4. Gus'kova A.K., Baisogolov G.D. Luchevaya bolezni cheloveka [Radiation syndrome in a human]. Moscow. 1971. 384 p. (In Russ.).
5. Styuart F.A. [et al.]. Otchet MKRZ po tkanevym reaktsiyam, rannim i otdalennym efektam v normal'nykh tkanyakh i organakh – porogovye dozy dlya tkanevykh reaktsii v kontekste radiatsionnoi zashchity [ICRP statement on tissue reactions, early and late effects of radiation in normal tissues and organs – threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context]. Eds.: A.V. Akleev, M.F. Kiselev. Chelyabinsk. 2012. 384 p. (Trudy MKRZ; publikatsiya 118 [ICRP Publication 118]). (In Russ.).
6. Shano V.P., Nesterenko A.N., Gyl'mamedov F.I., Gyl'mamedov P.F. Sepsis i sindrom sistemnogo vospalitel'nogo otveta [Sepsis and systemic inflammatory response syndrome]. *Anesteziologiya i reanimatologiya* [Anesthesiology and Critical Care Medicine]. 1998; (4):60–63. (In Russ.).
7. Anno G.H., Baum S.J., Withers H.R., Young R.W. Symptomatology of acute radiation effects in humans after doses of 0.5–30 Gy. *Health Phys.* 1989; 56(1):821–838. DOI: 10.1097/00004032-198906000-00001.
8. Gusev G., Guskova A.K., Mettler F.A. Medical Management of Radiation Accidents. London : New York : Washington : CRS Press. 2001. 611 p.
9. Hall E.J. Acute effects of total-body irradiation. *Radiobiology for the radiologist* / Eds.: John J.R., Sutton P., Marino D. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2000. P. 124–35.
10. International Atomic Energy Agency. Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1998. Safety Report Series N 2.
11. International Atomic Energy Agency. Medical management of radiation injuries. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2020. Safety Reports Series N 101.
12. McLaughlin T.P., Monahan S.P., Pruvost N.L. [et al.]. A review of criticality accidents. 2nd ed. Report N LA-13638. Los Alamos : Los Alamos National Laboratory, 2000. 158 p.
13. Thoma G.E., Wald N. The diagnosis and management of accidental radiation injury. *Journal of occupational medicine*. 1959; 1(8):421–447.

Received 06.01.2023

For citing: Azizova T.V., Moseeva M.B., Briks K.V. Ostraya luchevaya bolezni v rezul'tate avarii kritichnosti na predpriyatii atomnoi promyshlennosti. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2023; (1):5–12. (In Russ.)

Azizova T.V., Moseeva M.B., Briks K.V. Acute radiation sickness due to critical accidents at a nuclear production facility. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2023; (1):5–12. DOI: 10.25016/2541-7487-2023-0-1-05-12