

ОСОБЕННОСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ МЕСТНЫХ ЛУЧЕВЫХ ПОРАЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ

Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский
биофизический центр им. А.И. Бурназяна (Россия, Москва, ул. Живописная, д. 46)

Актуальность. Активное развитие ядерных и радиационных технологий и, как следствие, частое использование источников ионизирующего излучения во многих сферах жизнедеятельности (народное хозяйство, наука, техника, медицина и др.) привело к значительному увеличению группы лиц, контактирующих с ионизирующим излучением и, соответственно, к возрастанию риска нештатных и аварийных ситуаций с увеличением количества пострадавших от радиации. В клинике радиационной патологии человека местные лучевые поражения встречаются значительно чаще, чем другие острые радиационные поражения.

Цель – определить частоту развития отдаленных радиобиологических эффектов у пациентов с местными лучевыми поражениями различной степени тяжести, проходивших стационарное лечение в клинике Федерального медицинского биофизического центра им. А.И. Бурназяна ФМБА России (ФМБЦ им. А.И. Бурназяна).

Методология. Изучена частота развития последствий местных лучевых поражений различной степени тяжести на основании сведений, отраженных в медицинских картах 146 пациентов, пострадавших в результате радиационных аварий с 1950 по 2013 г. и проходивших стационарное лечение в клинике ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в период последствий.

Результаты и их анализ. Определены частоты отдаленных последствий местных лучевых поражений в зависимости от степени тяжести, локализации и площади поражения. Степень тяжести определяет характерный «клинический портрет» радиобиологических последствий местных лучевых поражений.

Заключение. Сведения об особенностях частоты отдаленных последствий местной радиационной травмы могут быть использованы специалистами медицинских организаций, оказывающих медицинскую помощь пациентам, пострадавшим в результате радиационных аварий, при определении адекватной тактики лечения и реабилитации, обеспечивающей максимальное сохранение трудоспособности, в период последствий.

Ключевые слова: радиационная авария, радиобиология, радиационная травма, местное лучевое поражение, последствие.

Введение

Активное развитие ядерных и радиационных технологий и, как следствие, частое использование радиационных источников во многих сферах экономической деятельности (наука, техника, медицина и др.) привело к значительному увеличению группы лиц, контактирующих с ионизирующим излучением и, соответственно, к возрастанию риска нештатных и аварийных ситуаций с увеличением количества пострадавших от радиации [1, 6].

В клинике радиационной патологии человека местные лучевые поражения (МЛП) встречаются значительно чаще, чем другие острые радиационные поражения, обусловленные облучением всего тела или большей его части.

При анализе отраслевой принадлежности предприятий, на которых в последние годы возникли нештатные радиационные ситуации и аварии, выявлено, что только 25% их приходится на предприятия атомной промышленности, остальные 75% – на другие отрасли экономики (чаще нефтегазовую), где широко применяется радиационная дефектоскопия. Изолированные, без острой лучевой болезни МЛП возникают в аварийных ситуациях при эксплуатации рентгеновских аппаратов и ускорителей заряженных частиц. Радиационные аварии с радиоизотопными источниками приводят к развитию МЛП у 70–75% пострадавших, и еще примерно в 10% случаев имеет место сочетание МЛП с острой лучевой болезнью [7, 8].

✉ Кретов Андрей Сергеевич – руководитель Центра профпатологии, Гос. науч. центр РФ – Федер. мед. биофизич. центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России (Россия, 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46), e-mail: and2610@yandex.ru;

Галстян Ирина Алексеевна – д-р мед. наук доц., зав. лаб., Гос. науч. центр РФ – Федер. мед. биофизич. центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России (Россия, 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46), e-mail: igalstyan@rambler.ru;

Бушманов Андрей Юрьевич – д-р мед. наук проф., первый зам. ген. директора, Гос. науч. центр РФ – Федер. мед. биофизич. центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России (Россия, 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46), e-mail: radclin@yandex.ru

Основополагающими радиобиологическими эффектами для острой местной радиационной травмы в ранние сроки являются патогенетические механизмы, связанные с непосредственным повреждением клеток, повреждением или гибелью росткового слоя тканей с изменениями в межклеточном веществе и накоплением токсичных продуктов распада клеток и тканей. В последующем включаются процессы, связанные с нарушением проницаемости сосудов и клеточных мембран. Развивается повреждение сети микроциркуляции, путей лимфооттока, нервных окончаний и стволов. На фоне повреждения естественных барьеров и тканевого иммунитета развивается раневая инфекция, в том числе с участием сапрофитов, приобретающих патогенные свойства. Воздействие ионизирующего излучения способно вызывать серьезные функциональные и морфологические изменения не только в коже, но и в подлежащих анатомических структурах (кровеносные и лимфатические сосуды, нервы, фасции, мышцы, сухожилия, кости, суставы и т. д.). Возникающие в тканях патологические процессы постепенно расширяют зону повреждения и в совокупности с изменениями в первичном очаге могут приводить к формированию нарушений функций в различных органах и системах организма, влиять на клиническую картину, исход заболевания и трудоспособность [2, 4].

К исходам МЛП относят заживление полное, с дефектами (рубцовая ткань, атрофия тканей) и его отсутствие (язвы и некроз, осложненные инфекцией) [3, 5]. В фазе последствий наблюдается развитие нарушений пигментации, сухости кожи, телеангиоэктазий, атрофии кожи и подлежащих тканей, клетчатки, мышц и т. д., лучевого склероза и фиброза, поздних лучевых язв, остеопороза, остеонекроза, контрактур [6].

Таким образом, к настоящему времени хорошо изучены вопросы патогенеза, патоморфологии и клиники МЛП, описаны виды последствий. Вместе с тем, недостаточно изученными остаются вопросы частоты возникновения разных видов последствий при МЛП разной степени тяжести, особенно в зависимости от локализации и площади поражения.

Цель – определить частоту развития радиобиологических эффектов у пациентов с МЛП разной степени тяжести, проходивших стационарное лечение в клинике Федерального медицинского биофизического центра им. А.И. Бурназяна ФМБА России (ФМБЦ им. А.И. Бурназяна) в период последствий.

Материал и методы

Для изучения особенностей последствий МЛП различной степени тяжести использовали медицинские карты пациентов, проходивших стационарное лечение в клинике ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в период последствий.

В группу исследования включили 146 пациентов, перенесших острую местную радиационную травму в легкой и до крайне тяжелой степени без развития острой лучевой болезни в результате радиационных аварий в период с 1950 по 2013 г. Учитывая, что 6 пациентов имели несколько очагов радиационного поражения различной локализации, общее количество наблюдений составило 154 случая. Возраст пациентов на момент получения МЛП составил от 16 до 62 лет, средний возраст – $(35,2 \pm 10,6)$ года.

Характеристика обследуемой группы пациентов в зависимости от дозы облучения и вида излучения, вызвавшего МЛП, представлена на рис. 1, 2.

Статистическую обработку данных проводили с помощью стандартной программы для персональных ЭВМ (Excel). Оценку значимо-

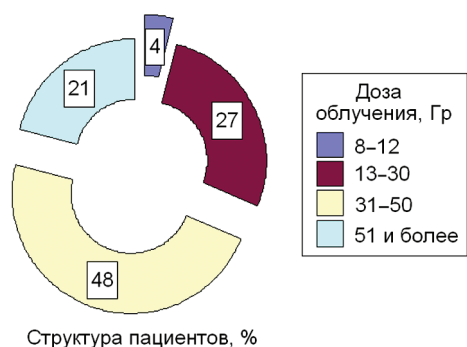


Рис. 1. Распределение пациентов, перенесших МЛП, в зависимости от полученной дозы облучения.

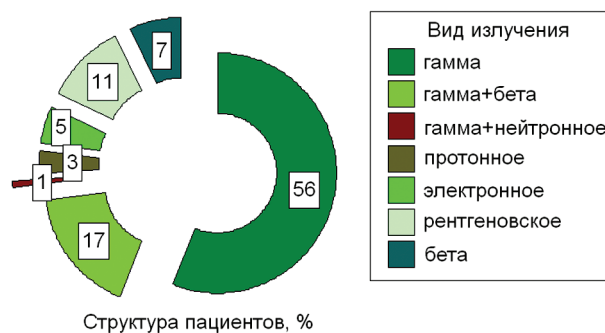


Рис. 2. Распределение пациентов, перенесших МЛП, в зависимости от вида излучения.

Таблица 1

Показатели видов последствий в зависимости от степени тяжести МЛП, n (%)

Последствие МЛП	Степень (тяжесть) МЛП			
	I (легкая)	II (средняя)	III (тяжелая)	IV (крайне тяжелая)
Количество, в том числе:	6	39	76	33
атрофия	3 (50,0)	31 (79,5)	70 (92,1)	25 (75,8)
рубцы	1 (16,7)	27 (69,2)	66 (86,8)	25 (75,8)
телеангиэктазии	1 (16,7)	20 (51,3)	43 (56,6)	14 (42,4)
поздние лучевые язвы		12 (30,8)	67 (75)	27 (81,8)
малигнизация поздних лучевых язв			2 (2,6)	
нарушение пигментации	1 (16,7)	20 (51,3)	43 (56,6)	14 (42,4)
ампутации и резекции		2 (5,3)	26 (34,2)	21 (63,6)
повторные ампутации и резекции			8 (10,5)	8 (24,2)
гиперкератоз		8 (20,5)	27 (35,5)	5 (15,1)

сти различий показателей анализировали по t-критерию Стьюдента.

Результаты и их анализ

Для исследования видов и частоты формирования отдаленных последствий МЛП пациенты, наблюдавшиеся в период последствий (3 мес и более с момента радиационной аварии), были распределены по группам в соответствии со степенью тяжести перенесенного МЛП. Пациентов с легкой степенью тяжести МЛП было 6, со средней – 39, с тяжелой – 76, с крайне тяжелой – 33 (табл. 1).

Полученные данные демонстрируют явный прирост частоты развития последствий от I к III степени тяжести МЛП, атрофии, рубцов, телеангиэктазий, гиперкератозов, нарушений пигментации, а затем некоторое снижение показателей при IV степени тяжести МЛП в сравнении с III степенью. Поздние лучевые язвы, ампутации и резекции регистрируются, начиная со средней степени тяжести МЛП, и частота их возрастает прямо пропорционально степени тяжести. Повторные ампутации и резекции регистрируются, начиная с тяжелой степени МЛП, и частота их возрастает

прямо пропорционально степени тяжести. Зарегистрированы 2 случая малигнизации длительно существующих поздних лучевых язв при тяжелой степени МЛП.

Дополнительно для укрупнения групп отдельных видов МЛП проведено исследование частоты в объединенных группах: 1-я – пациенты, перенесшие МЛП в легкой и средней степени тяжести; 2-я – пациенты, перенесшие МЛП в тяжелой и крайне тяжелой степени (табл. 2).

В обеих подгруппах пациентов наиболее часто наблюдались такие виды последствий, как атрофия, рубцы, телеангиэктазии и нарушения пигментации. Среди пациентов, перенесших местную лучевую травму III–IV степени, выявлен статистически значимый рост показателей частоты возникновения рубцов и поздних лучевых язв, а также диагностированы 2 случая проведенных ампутаций и резекций. Случаи малигнизации поздних лучевых язв, повторных ампутаций и резекций регистрируются также среди пациентов, перенесших МЛП III–IV степени.

Для изучения частоты возникновения последствий МЛП в зависимости от площади

Таблица 2

Показатели видов последствий в группах пациентов с разной степенью тяжести МЛП, n (%)

Последствие МЛП	Степень МЛП		p <
	I–II	III–IV	
Количество наблюдений, в том числе:	45	109	
атрофия	34 (75,6)	95 (87,2)	0,05
рубцы	28 (62,2)	91 (83,5)	
телеангиэктазии	21 (46,7)	57 (52,3)	
поздние лучевые язвы	12 (26,7)	84 (77,1)	0,05
малигнизация поздних лучевых язв		2 (1,8)	
нарушение пигментации	21 (46,7)	6 (52,3)	
ампутации и резекции	2 (4,4)	47 (43,1)	0,05
повторные ампутации и резекции		16 (14,7)	
гиперкератоз	8 (17,8)	32 (29,4)	

Таблица 3

Показатели видов последствий в подгруппах пациентов с разной площадью и степенью тяжести МЛП, n (%)

Последствие МЛП	Площадь МЛП до 1 %		p <	Площадь МЛП 1–9 %		p <
	I–II степень	III–IV степень		I–II степень	III–IV степень	
Количество наблюдений, в том числе:	33	64		12	45	
атрофия	25 (75,8)	56 (87,5)	0,05	9 (75,0)	39 (86,7)	0,05
рубцы	20 (60,6)	56 (87,5)		8 (66,7)	35 (77,8)	
телеангиэктазии	14 (42,4)	31 (48,4)		7 (58,3)	26 (57,8)	
поздние лучевые язвы	10 (30,3)	52 (81,2)	0,05	2 (16,7)	32 (71,1)	0,05
малигнизация поздних лучевых язв					2 (4,4)	
нарушение пигментации	14 (42,4)	31 (48,4)		7 (58,3)	26 (57,8)	
ампутации и резекции	1 (3)	31 (48,4)	0,05	1 (8,3)	16 (35,6)	0,05
повторные ампутации и резекции		10 (15,6)			6 (13,3)	
гиперкератоз	5 (15,1)	18 (28,1)		3 (25,0)	14 (31,1)	

каждая группа пациентов была дополнительно разделена на подгруппы: до 1 % площади тела включительно, от 1 до 9 % площади тела (табл. 3).

При исследовании частоты последствий в подгруппах пациентов, перенесших МЛП I–II степени, в зависимости от площади (см. табл. 3) в обеих группах пациентов наиболее часто наблюдались такие виды последствий, как атрофия, рубцы, телеангиэктазии, нарушения пигментации, поздние лучевые язвы, гиперкератоз, а также единичные случаи ампутаций и резекций. Повторных случаев ампутаций и резекций не регистрировалось. В целом, увеличение площади местной радиационной травмы характеризуется ростом частоты наблюдаемых отдаленных последствий. Вместе с тем, наблюдается снижение частоты поздних лучевых язв в группе с МЛП I–II степени и площадью 1–9 % поверхности тела. Данный факт обусловлен особенностями сложившихся групп – подавляющее количество случаев МЛП с площадью поражения до 1 % тела имеют локализацию на верхних конечностях и, в частности, кисти, которые при лечении в острый период без применения микрохирургических методов (реваскуляризованные лоскуты) характеризуются достаточно ограниченными возможностями формирования коллатерального кровоснабжения области поражения, что, в свою очередь, приводит к нарушениям трофики и формированию поздних лучевых язв.

При исследовании частоты последствий в подгруппах пациентов, перенесших МЛП III–IV степени, в зависимости от площади (см. табл. 3) в обеих группах наиболее часто регистрировались такие виды последствий, как атрофия, рубцы, телеангиэктазии, нарушения пигментации, поздние лучевые язвы, гиперкератоз. До 50 % случаев сопровожда-

лись необходимостью ампутаций и резекций, более 10 % случаев характеризовались необходимостью проведения повторных ампутаций и резекций. В данной группе зарегистрированы единичные случаи малигнизаций поздних лучевых язв. Отмечено снижение частоты наиболее тяжелых последствий МЛП (поздние лучевые язвы, ампутации и резекции, повторные ампутации и резекции) среди пациентов, перенесших МЛП III–IV степени с площадью 1–9 % поверхности тела, что объясняется более активным применением хирургических технологий лечения в острый период.

Вместе с увеличением степени тяжести радиационного поражения выявлен статистически значимый рост показателей частоты возникновения рубцов и поздних лучевых язв, а также проведенных ампутаций и резекций.

Дополнительно были изучены частоты возникновения последствий МЛП верхних конечностей в зависимости от степени тяжести поражения (38 случаев с легкой и средней степенью тяжести; 85 случаев – с тяжелой и крайне тяжелой степенью). В обеих подгруппах пациентов наиболее часто наблюдались такие виды последствий, как атрофия, рубцы, телеангиэктазии, нарушения пигментации, поздние лучевые язвы, гиперкератоз (табл. 4). Подгруппа пациентов, перенесших местную лучевую травму III–IV степени, характеризуется увеличением частоты наблюдаемых отдаленных последствий. Более 50 % таких случаев сопровождались необходимостью ампутаций и резекций, более 10 % – повторных ампутаций и резекций, а также единичных случаев малигнизации поздних лучевых язв. Увеличение степени тяжести радиационного поражения сопровождалось статистически значимым ростом показателей частоты возникновения рубцов, поздних лучевых язв, ги-

Таблица 4

Показатели видов последствий на верхних конечностях в группах пациентов, перенесших МЛП, n (%)

Последствие МЛП	Степень МЛП		p <
	I–II	III–IV	
Количество наблюдений, в том числе:	38	85	
атрофия	30 (79,0)	75 (88,2)	0,05
рубцы	24 (63,2)	72 (84,7)	
телеангиэктазии	18 (47,4)	45 (52,9)	0,05
поздние лучевые язвы	12 (31,6)	65 (76,5)	
малигнизация поздних лучевых язв		2 (2,1)	
нарушение пигментации	18 (47,4)	45 (52,9)	0,05
ампутации и резекции	2 (5,3)	44 (51,6)	
повторные ампутации и резекции		16 (18,8)	
гиперкератоз	7 (18,4)	30 (35,3)	0,05

перкератозов, а также проведенных ампутаций и резекций.

Сравнить частоту возникновения последствий в подгруппах пациентов, перенесших МЛП других локализаций, не представляется возможным в связи с неравномерностью количества пациентов в группах (единичные случаи).

Выводы

1. Частота и тяжесть последствий местных лучевых поражений находится в прямой зависимости от степени их тяжести.

2. Площадь местных лучевых поражений влияет на частоту формирования и тяжесть последствий.

3. Местные лучевые поражения с тяжелой и крайне тяжелой степенью более 1 % площади тела характеризуются некоторым снижением частоты последствий, что обусловлено активным применением хирургических методов лечения и физиологическими особенностями локализации.

4. Период последствий местных лучевых поражений характеризуется риском малигнизации поздних лучевых язв.

Литература

1. Аветисов Г.М., Барабанова А.И., Грачев М.И. [и др.]. Местные лучевые поражения у населения: диагностика и лечение / под ред. А.К. Гуськовой. М. : ВЦМК «Защита», 2001. 76 с.
2. Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н., Легеза В.И. Основы медицинской радиобиологии. СПб. : Фолиант, 2004. 384 с.
3. Гуськова А.К. Основные принципы лечения местных лучевых поражений // Клинич. медицина. 1986. № 11. С. 113–119.
4. Давыдовская Т.И., Протасова Т.Г., Барабанова А.В. Динамика морфологических изменений кожи и подлежащих тканей при тяжелых местных поражениях от внешнего гамма-излучения // Бюл. радиац. медицины. 1988. № 3. С. 26–30.
5. Кижаяев Е.В. Клиника и лечение местных лучевых поражений // Воен.-мед. журн. 1993. № 6. С. 57–61, 80.
6. Надежина Н.М., Галстян И.А. Лечение местных лучевых поражений : монография. М. : ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2013. 99 с.
7. Петушков В.Н. Структура острых радиационных поражений // Бюл. радиац. медицины. 1988. № 3. С. 27–32.
8. Soloviev V.Yu., Ilyin L.A., Baranov A.E. [et al.]. Radiation Accidents in the Former USSR. Medical Management of Radiation Accidents. Eds: I.A. Gusev, A.K. Guskova. F.A. Mettler. Second Edition. London : New York : Washington : CRC Press, 2001. P. 157–165.

Поступила 26.11.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Вклад авторов: А.С. Кретов – сбор и анализ данных, написание первого варианта статьи; И.А. Галстян – методическое сопровождение и редактирование окончательного варианта статьи; А.Ю. Бушманов – методология и дизайн исследования, методическое сопровождение.

Для цитирования. Кретов А.С., Галстян И.А., Бушманов А.Ю. Особенности последствий местных лучевых поражений различной степени тяжести // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2022. № 1. С. 95–100. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-1-95-100

Features of consequences of local radiation injuries of varying severity

Kretov A.S., Galstyan I.A., Bushmanov A.Yu.

State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency
(46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123098, Russia)

✉ Andrey Sergeevich Kretov – head of the center of occupational diseases, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123098, Russia), e-mail: and2610@yandex.ru;

Irina Alekseevna Galstyan – Dr. Med. Sci. Associate Prof. head of the laboratory, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123098, Russia), e-mail: igalstyan@rambler.ru;

Andrey Yurievich Bushmanov – Dr. Med. Sci. Prof., first deputy general director, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123098, Russia), e-mail: radclin@yandex.ru

Abstract

Relevance. The active development of nuclear and radiation technologies and, as a result, the significant use of ionizing radiation sources in many spheres of life (national economy, science, technology, medicine, etc.) has led to a significant increase in the group of people in contact with ionizing radiation, and, accordingly, to an increase in the risk of abnormal and emergency situations with an increase in the number of victims of radiation. In the clinic of human radiation pathology, local radiation injuries are much more common than other acute radiation injuries.

Intention. To determine rates of long-term radiobiological effects in patients with local radiation injuries of varying severity who underwent inpatient treatment in the Clinic of the State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency.

Methodology. Rates of the consequences of local radiation lesions of varying severity were assessed based on the medical records of 146 patients who were affected by radiation accidents from 1950 to 2013 and underwent inpatient treatment in the Clinic of the State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency during the aftermath.

Results and Discussion. Rates of long-term consequences were assessed depending on severity, location and size of local radiation injuries. Degrees of severity determine typical “clinical portraits” of the radiobiological consequences of local radiation injuries.

Conclusion. Information about specific rates of long-term consequences of local radiation injuries can be used by healthcare professionals who care of patients affected by radiation accidents when determining adequate treatment and rehabilitation tactics for maximum preservation of working capacity in the period of consequences.

Keywords: radiation accident, radiobiology, radiation injury, local radiation injury, consequence.

References

1. Avetisov G.M., Barabanova A.I., Grachev M.I. [et al.]. Mestnye luchevye porazheniya u naseleniya: diagnostika i lechenie [Local radiation lesions in the population: diagnosis and treatment]. Ed. A.K. Gus'kov. Moskva. 2001. 76 p. (In Russ.)
2. Butomo N.V., Grebenyuk A.N., Legeza V.I. Osnovy meditsinskoj radiobiologii [Fundamentals of Medical Radiobiology]. Sankt-Peterburg. 2004. 384 p. (In Russ.)
3. Gus'kova A.K. Osnovnye printsipy lecheniya mestnykh luchevykh porazhenii [Basic principles of treatment of local radiation lesions]. *Klinicheskaya meditsina* [Clinical Medicine]. 1986. N 11. Pp. 113–119. (In Russ.)
4. Davydovskaya T.I., Protasova T.G., Barabanova A.V. Dinamika morfologicheskikh izmenenii kozhi i podlezhashchikh tkanei pri tyazhelykh mestnykh porazheniyakh ot vneshnego gamma-izlucheniya [Dynamics of morphological changes of the skin and underlying tissues in severe local lesions from external gamma radiation]. *Byulleten' radiatsionnoi meditsiny* [Radiation Medicine Bulletin]. 1988. N 3. Pp. 26–30. (In Russ.)
5. Kizhaev E.V. Klinika i lechenie mestnykh luchevykh porazhenii [The clinical picture and treatment of local radiation lesions]. *Voenno-meditsinskii zhurnal* [Military medical journal]. 1993. N 6. Pp. 57–61, 80. (In Russ.)
6. Nadezhina N.M., Galstyan I.A. Lechenie mestnykh luchevykh porazhenii : monografiya [Treatment of local radiation lesions]. Moskva. 2013. 99 p. (In Russ.)
7. Petushkov V.N. Struktura ostrykh radiatsionnykh porazhenii [Structure of acute radiation lesions]. *Byulleten' radiatsionnoi meditsiny* [Radiation Medicine Bulletin]. 1988. N 3. Pp. 27–32. (In Russ.)
8. Soloviev V.Yu., Ilyin L.A., Baranov A.E. [et al.]. Radiation Accidents in the Former USSR. Medical Management of Radiation Accidents. Eds: I.A. Gusev, A.K. Guskova. F.A. Mettler. Second Edition. London : New York : Washington : CRC Press. 2001. Pp. 157–165. (In Russ.)

Received 26.11.2021

For citing: Kretov A.S., Galstyan I.A., Bushmanov A.Yu. Osobennosti posledstviy mestnykh luchevykh porazhenii razlichnoi stepeni tyazhesti. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2022. N 1. Pp. 95–100. (In Russ.)

Kretov A.S., Galstyan I.A., Bushmanov A.Yu. Features of consequences of local radiation injuries of varying severity. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2022. N 1. Pp. 95–100. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-1-95-100