

В.А. Башарин, М.А. Карамуллин, В.В. Зацепин,  
А.В. Завирский, Ю.С. Чеховских

## Комбинированное действие ионизирующих излучений и токсикантов

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

**Резюме.** Проанализированы данные отечественных и иностранных литературных источников об исследовании и изученности комбинированных радиационно-химических поражений. Отмечена вероятность появления пострадавших с комбинированными радиационными поражениями при различных сценариях ядерных и радиационных происшествий. Приведены данные о степени разработанности проблемы, современных подходах к клинике и диагностике данного вида патологии. Отмечено, что основное внимание исследователей было направлено на изучение радиационно-механических и радиационно-термических поражений. При исследовании комбинированных радиационно-химических поражений рассматривается преимущественно взаимодействие ионизирующих излучений и боевых отравляющих веществ. Вместе с тем для многих промышленных токсикантов характерно синергическое взаимодействие с ионизирующими излучениями и взаимное утяжеление поражения. Обоснована возможность возникновения комбинированных радиационно-химических поражений в результате совместного действия ионизирующих излучений и угарного газа. Характер взаимодействия ионизирующих излучений, радиопротекторов и антидотов угарного газа в современной литературе практически не освещен. Вероятно, что применение радиопротекторов может отягощать интоксикацию угарным газом. Обоснована необходимость дальнейшего изучения и исследования поражений, вызванных комбинацией радиационного и химического (в том числе монооксида углерода как количественно преобладающего токсиканта при пожарах) факторов. Важным представляется изучение эффективности влияния радиопротекторов на течение и исход комбинированных радиационных поражений при их совместном применении с антидотами угарного газа и оценка их влияния на исход данной патологии в целях совершенствования системы противорадиационной защиты.

**Ключевые слова:** ионизирующие излучения, острая лучевая болезнь, комбинированные радиационные поражения, радиопротектор, антидот, пожар, продукты горения, угарный газ, отравление.

**Введение.** К настоящему времени источники ионизирующих излучений широко используются во всех сферах деятельности человека [12]. Потенциальную угрозу для жизни и здоровья людей создают не только гипотетические сценарии применения ядерного оружия, но и риски радиационных аварий и катастроф на объектах ядерно-энергетического цикла. Анализ радиационных аварий указывает на то, что большая часть этих событий сопровождалась возникновением пожаров [2, 4, 5]. Не исключается совместное воздействие ионизирующих излучений и продуктов горения, сопровождающих пожары, на лиц, задействованных в ликвидации последствий радиационных инцидентов [2, 5].

Проблема комбинированных радиационных поражений (КРП) известна с момента взрывов ядерных бомб в Хиросиме и Нагасаки, где по примерным оценкам число таких поражений доходило до 50% от всех наблюдаемых повреждений [7, 20]. Истинное количество таких пораженных могло быть значительно больше. Однако в первые несколько суток после взрыва при отсутствии медицинской помощи достоверное соотношение пострадавших с изолированными лучевыми и комбинированными поражениями установить не представлялось возможным [19, 20]. Помимо разрушений, вызванных действием ударной волны,

взрывы сопровождались большим количеством пожаров из-за преобладания легких деревянных строений [17, 25].

По данным отечественной [17] и зарубежной [25] литературы, число многофакторных поражений в случае применения ядерного оружия в зависимости от его мощности и условий применения может достигать 60–70% от величины санитарных потерь. В математических моделях, прогнозирующих последствия радиационных инцидентов, также ожидается большая вероятность возникновения комбинированных радиационно-термохимических поражений [19].

Одним из наиболее актуальных вариантов поражения человека при радиационных инцидентах мирного времени представляется комбинация острого радиационного поражения с отравлениями продуктами горения, образующимися при пожарах и других авариях на ядерно-опасных объектах. В частности, как это случилось в 1957 г. в Уиндскейле (Великобритания) – при возгорании графитовой кладки одного из каналов, что привело к массивному пожару, гибели 13 человек и значительному выбросу радиоактивных продуктов в атмосферу [12]. В 1978 г. на Белоярской атомной электростанции (АЭС) возгорание произошло вне активной зоны реактора, но тем не менее привело к массивным разрушениям и отравлению 25

человек продуктами горения. Авария в 1981 г. на АЭС Сан-Онофре (Соединенные Штаты Америки) также начиналась вне активной зоны, но затем произошедшее возгорание привело к выбросу в атмосферу радиоактивных продуктов. В 1986 г. во время катастрофы на Чернобыльской АЭС пожар в активной зоне реактора продолжался в течение нескольких суток, огромная территория подверглась заражению радиоактивными материалами [5]. По мнению А.К. Гуськовой [5], при оказании медицинской помощи пострадавшим при аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. вклад токсичных продуктов горения был недостаточно оценен, что сказалось как на ближайших исходах (отличия в структуре госпитальной заболеваемости и причинах смерти от участников других радиационных аварий), так и при отдаленных последствиях облучения.

Аварии на кораблях с атомными энергетическими установками также зачастую происходят с возникновением пожаров [18].

При пожарах на человека действует комплекс вредных факторов – повышенная температура, недостаток кислорода, токсичные газообразные продукты горения. Однако большая часть (до 60–70%) летальных исходов пострадавших связана с действием именно токсичных продуктов горения, образующихся при термодеструкции различных материалов [9]. В процессе горения и термического разложения материалов образуются десятки токсичных соединений, среди которых можно выделить вещества общеядовитого, пульмонотоксического, цитотоксического и раздражающего действия [15]. Одним из основных продуктов горения является угарный газ, отравления им при пожарах встречаются в 40–60% случаев [9, 15]. Таким образом, при возникновении чрезвычайных ситуаций на радиационноопасных объектах, сопровождающихся пожарами, в структуре санитарных потерь большая часть патологии будет связана с комбинированными радиационно-химическими поражениями (КРХП).

Под КРП понимают патологическое состояние, развившееся в результате одновременного или последовательного воздействия ионизирующих излучений и нелучевых поражающих факторов (механических, термических, химических, биологических) [7, 12]. При этом комбинированными поражениями являются только те, при которых время между действием лучевых и нелучевых поражающих факторов не превышает длительности течения первого поражения, иначе это будут последовательные (изолированные) поражения [17].

Особенностями КРП являются наличие двух или более компонентов поражения, вызванных разными этиологическими факторами и участвующих в формировании общего патологического процесса, наличие ведущего компонента поражения, взаимовлияние различных компонентов поражения, проявляющееся в виде синдрома взаимного отягощения [7, 17].

В клиническом течении КРП выделяют несколько периодов [7].

*Острый период*, проявляющийся возникновением первичных реакций на лучевые и нелучевые поражения, наблюдается, как правило, в течение первых часов-суток после поражения.

Клиническая картина КРП в этот период представлена симптомами первичной реакции на облучение, которые могут маскироваться более выраженными нелучевыми компонентами.

*В период преобладания нелучевых компонентов*, соответствующий периоду мнимого благополучия острой лучевой болезни (ОЛБ), как следует из названия, в клинической картине наблюдаются признаки повреждений, не связанных с лучевым поражением (механических, термических, химических). Признаки лучевого поражения в этом периоде могут клинически не проявляться, хотя при лабораторной диагностике определяются характерные для лучевых поражений изменения в крови и костном мозге. Именно в этом периоде формируются основные патогенетические звенья синдрома взаимного отягощения (СВО), обусловленные неспособностью функциональных возможностей организма обеспечить эффективное течение компенсаторных и восстановительных процессов нелучевых повреждений [17]. Вследствие развития СВО чаще наблюдаются и имеют более тяжелое течение осложнения нелучевых повреждений (респираторный дистресс-синдром взрослых, острая почечная недостаточность, более выраженная постгеморрагическая анемия) [7]. Продолжительность периода преобладания нелучевых компонентов в зависимости от тяжести повреждений может составлять от 2 до 20 суток [4]. Наиболее тяжело протекают радиационно-термические травмы, при тяжелых обширных ожогах быстро развивается клиника тяжелого ожогового шока, приводящего к летальному исходу [24].

*Период преобладания лучевого компонента* соответствует периоду разгара ОЛБ. Начало периода при дозах облучения, вызывающих ОЛБ средней тяжести (2–4 Гр), наступает на 5–10 суток раньше, чем это наблюдается при изолированном лучевом поражении, при облучении в дозе свыше 4 Гр и термических травмах средней тяжести он может наступить уже на 2–5-е сутки [17]. Клиническая картина определяется панцитопеническим синдромом как проявлением костномозгового синдрома ОЛБ в сочетании с нелучевыми компонентами поражения [7]. СВО в этом периоде максимально выражен. Состояние пострадавших резко ухудшается: развиваются инфекционные осложнения поражения – гингивиты, ангины, энтероколиты, пневмонии [7, 17]. В связи с нарушениями свертывающей системы крови выражен геморрагический синдром – наблюдаются множественные кровоизлияния в коже и слизистых оболочках, носовые, желудочные и кишечные кровотечения; учащаются вторичные кровотечения. Наряду с общеинфекционными осложнениями активизируется и приобретает склонность к генерализации раневая инфекция. Процессы регенерации у пораженных значительно замедлены, возможно увеличение зон пер-

вичных раневых и ожоговых некрозов, незаживление ранее обработанных повреждений [7, 17]. Наблюдается повышенная ранимость тканей при хирургических манипуляциях. Этот период считается наиболее тяжелым, осложнения в нем обусловлены последствиями всех компонентов КРП. Продолжительность его может составлять до 6–8 недель в зависимости от тяжести и характера лучевых повреждений [7].

*Период восстановления* в случае благоприятного исхода КРП характеризуется восстановлением репаративных процессов в органах гемопоэза, восстановлением клеточного состава крови, нормализацией иммунного статуса. Наблюдается положительная динамика заживления ран, ожоговых поверхностей. Вместе с тем скорость восстановления кроветворной и иммунной системы крайне низкая, что ограничивает применение хирургических методов в реабилитации больных. Наибольшее внимания со стороны врачей в этом периоде требуют последствия нелучевых повреждений – трофические язвы, контрактуры, ложные суставы и т. д. [17].

Важной особенностью КРП является возможность формирования СВО. СВО – это эффект, при котором патологические факторы не просто складываются, а обуславливают утяжеляющий эффект, который проявляется в более тяжелом течении патологического процесса со значительным риском развития осложнений и наступления летального исхода, чем это наблюдалось бы для каждого повреждения в отдельности либо при простом суммировании эффектов повреждений [4]. В иностранной литературе проблема взаимного утяжеляющего влияния повреждений также хорошо известна [19–24].

Развитие СВО зависит от тяжести лучевого поражения и нелучевой компоненты (при сочетании поражений ниже средней степени тяжести СВО не развивается), времени воздействия факторов КРП [7, 12]. Он наиболее выражен в случае нелучевого поражения, приходящегося на период разгара ОЛБ. Развитие синдрома взаимного отягощения при комбинированных поражениях с химическим компонентом также возможно.

При исследовании взаимовлияния ионизирующих излучений и токсикантов основное внимание уделялось поражениям боевыми отравляющими веществами [24]. По данным В.В. Кустова, Л.А. Тиунова, Г.А. Васильева [8], Т.С. Pellmar, G.D. Ledney [24], совместное воздействие ионизирующих излучений и фосфорорганических соединений вызывает усиление эффектов, которое нельзя объяснить простой суммацией повреждений. Так, установлено значимое снижение эффективных доз фосфорорганических соединений, вызывающих развитие судорожного синдрома, отмечено укорочение периода мнимого благополучия при острой лучевой болезни. Описано синергическое взаимодействие ионизирующих излучений и ингибиторов холинэстеразы, сернистого иприта [22]. При попытке комбинировать гамма-излучение и азотистый иприт в целях терапии злокаче-

ственных опухолей также наблюдалось синергическое взаимодействие факторов – более сильное поражение костного мозга и угнетение кроветворения, чем при простой суммации эффектов [24].

Как показали Л.А. Тиунов и В.В. Кустов [7], совместный эффект некоторых промышленных токсикантов и гамма-излучения при воздействии на организм по ряду показателей превышает сумму эффектов при раздельном действии этих факторов. Установлено, что совместное действие ионизирующего излучения и бензола приводит к взаимному утяжеляющему эффекту [10]. Подобные эффекты были получены при комбинации ионизирующих излучений с такими токсикантами, как метилэтилкетон, соединениями ртути, солями свинца.

Также проводились исследования по изучению особенностей течения КРХП с промышленными токсичными веществами (метгемоглобинообразователи, гемолитические яды, бытовые и промышленные фосфорорганические соединения). Было установлено, что воздействие на организм токсикантов, в основе токсического действия которых лежит развитие гипоксии, до облучения оказывает радиопротекторный эффект [14]. Однако на практике применение таких веществ с радиозащитными целями является неприемлемым в связи с тем, что для получения защитного эффекта необходима интоксикация тяжелой степени. В частности, защитное действие угарного газа начинало проявляться при уровне карбоксигемоглобина в крови 21–22%, максимальная выраженность защитного эффекта наблюдалась при его содержании на уровне 60–70% [8].

При изучении действия угарного газа после воздействия ионизирующего излучения в зависимости от концентраций токсиканта и дозы ионизирующего облучения описаны разнонаправленные эффекты: антагонистическое, аддитивное и синергическое взаимодействие повреждающих факторов [10]. Так, в работах Л.А. Тиунова, О.И. Смирновой [14] показано, что воздействие угарного газа сразу после облучения белых беспородных мышей в дозе 6,0 Гр приводило к увеличению выживаемости и средней продолжительности. Острая интоксикация монооксидом углерода после облучения в дозах 1–3 Гр приводила к увеличению смертности после лучевого воздействия и сокращению жизни облученных животных [8].

Практически во всех экспериментах отмечалось, что наиболее выраженные эффекты совместного влияния ионизирующих излучений и токсикантов наблюдались при достаточно высоких дозах и концентрациях, что совпадает с современными представлениями о механизмах возникновения и развития СВО при комбинированных радиационных поражениях [6, 7, 17]. Данные исследования позволяют предположить, что химический компонент КРП, в частности угарный газ, может наравне с термическим и механическим повреждением существенно отягощать течение радиационных поражений. Вместе с тем конкретные механизмы взаимовлияния ионизирующих излучений

и угарного газа остаются малоизученными. Указанные обстоятельства обуславливают высокую актуальность изучения вопросов профилактики, диагностики и лечения КРХП.

Диагностика КРХП состоит в установлении степени тяжести лучевого поражения и характера, локализации, степени тяжести нерадиационной компоненты. Главные задачи диагностики – определение клинической формы поражения, определение нуждаемости в медицинской помощи на этапах эвакуации, ее объеме и срочности, оценке прогноза и определения эвакуационного предназначения пострадавшего [7, 13]. Индикация лучевого компонента осуществляется на основании анамнеза, данных физической и биологической дозиметрии. Наиболее информативными и доступными симптомами принято считать время появления и кратность рвоты, первичную гиперемии кожи и слизистых оболочек, гипертермию, диарею в течение 12 ч. после облучения. Так как симптомы первичной реакции на облучение могут маскироваться нелучевыми травмами и профилактическим приемом антиэметиков, необходимо оценивать гематологические показатели, такие как количество лимфоцитов в первые 12–72 час. после облучения [25]. При возможности поражения угарным газом оцениваются наличие или отсутствие одышки, головной боли, мышечного тонуса, состояние сознания. При спутанности или отсутствии сознания предполагается средняя или тяжелая степень отравления угарным газом [11]. При радиационных инцидентах мирного времени целесообразно использовать синдромный подход с интегральной оценкой тяжести поражения. Этот подход позволяет определить тяжесть радиационной группой пострадавшего и направить его на тот этап медицинской эвакуации, где необходимая помощь может быть оказана в полном объеме. При комбинированном действии прогноз поражения более серьезен, чем при изолированном поражении. Решения в первые часы принимаются исходя из выраженности ведущего клинического синдрома поражения, которое определяет дальнейший прогноз [7, 10].

Профилактика радиационных поражений у лиц, принимающих участие в ликвидации последствий ядерных и радиационных аварий, у военнослужащих при угрозе воздействия поражающих факторов ядерного взрыва проводится с помощью радиопротекторов. Радиопротекторы обязательны к применению для лиц, находящихся в зоне строгого режима, в случае вынесения заключения о возможности неконтролируемого облучения в ходе работ. У современных табельных радиопротекторных средств эффект достигается в основном за счет фармакологического снижения напряжения кислорода в тканях и клетках благодаря вазоконстрикции и стимуляции потребления кислорода в радиочувствительных тканях. Так, индралин вызывает снижение напряжения кислорода на 20–40% вследствие циркуляторной гипоксии [3]. При совместном воздействии монооксида углерода и радиопротекторных препаратов возможно усиление

гипоксического эффекта. В качестве средства профилактики отравлений монооксидом углерода может применяться ацизол [9, 11]. Между тем данные о взаимовлиянии ацизола и радиопротекторов на организм также отсутствуют.

В настоящее время для пострадавших с КРХП наиболее оправдана существующая тенденция к сокращению этапов медицинской помощи и максимальному приближению этапа специализированной медицинской помощи. Это дает возможность наиболее полно и своевременно выполнить неотложные и срочные мероприятия медицинской помощи, как можно раньше начать лечение ОЛБ. Лечение пострадавших с КРХП должно проводиться в специализированном стационаре, имеющем возможности для лечения всех нелучевых и лучевых компонентов КРП [4, 5]. В этом случае возможно использовать весь спектр средств для лечения проявлений ОЛБ, а в случае крайне тяжелого ее течения с абсолютно неблагоприятным прогнозом – и экспериментальные методики лечения [13].

При этом с учетом ведущего фактора развития гипоксии необходимо назначение кислорода и других антидотов угарного газа [9, 11]. В то же время взаимное влияние средств профилактики радиационных поражений, профилактических и лечебных антидотов мало исследовано.

### Выводы

1. Для поражений, возникающих в результате воздействия ионизирующего излучения и угарного газа, термин КРХП оправдан.

2. Угарный газ может вносить специфические черты в возникновение и течение КРХП, зависящие от очередности воздействия факторов, применения радиозащитных препаратов с различными механизмами действия.

3. При диагностике комбинированных радиационно-химических поражений целесообразно использовать синдромный подход. Первоочередные решения принимают исходя из наиболее выраженного синдрома поражения, определяющего дальнейший прогноз.

4. Вопрос применения профилактических и лечебных антидотов при совместном воздействии токсикантов и ионизирующих излучений в литературных источниках практически не освещен. Вместе с тем исследование взаимовлияния лучевого поражения, интоксикации угарным газом, действия радиопротекторов и антидотов угарного газа представляется актуальным.

5. Перспективным является изучение радиозащитной эффективности радиопротекторов с различными механизмами действия при комбинированном внешнем остром облучении и отравлении угарным газом. Также перспективной может быть оценка совместного влияния радиопротекторов и антидотов угарного газа на течение и исход комбинированного радиационно-химического поражения в результате острого внешнего облучения и отравления угарным

газом в целях совершенствования современной системы мероприятий противорадиационной защиты.

### Литература

- Алексахин, Р.М. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин. – М.: Изд-во АТ, 2001. – 752 с.
- Василенко, И.Я. Медицинские последствия аварии на Чернобыльской АЭС: 16 лет спустя / И.Я. Василенко, О.И. Василенко // Бюлл. по атомной энергии. – 2002. – № 4. – С. 24.
- Васин, М.В. Противолучевые лекарственные средства / М.В. Васин. – М.: ГИУВ МО РФ, 2010. – 180 с.
- Гогин, Е.Е. Сочетанные радиационные поражения / Е.Е. Гогин. – М.: Известия, 2000. – 240 с.
- Гуськова, А.К. 30 лет аварии на Чернобыльской АЭС: опыт ликвидации медицинских последствий / А.К. Гуськова // Мед. радиол. и радиац. безопа. – 2016. – Т. 61, № 3. – С. 30–35.
- Ильин, Л.А. Радиационная медицина: руководство для врачей – исследователей, организаторов здравоохранения и специалистов по радиационной безопасности / Л.А. Ильин. – М.: Изд-во АТ. – 2004. – Т. 2. – 432 с.
- Комбинированные радиационные поражения – патогенез, клиника, лечение / под ред. А.Ф. Цыба, М.Н. Фаршатова. – М.: Медицина, 1992. – 320 с.
- Кустов, В.В. Комбинированное действие промышленных ядов / В.В. Кустов, Л.А. Тиунов, Г.А. Васильев. – М.: Медицина, 1975. – 256 с.
- Маркизова, Н.Ф. Токсичные компоненты пожаров / Н.Ф. Маркизова [и др.]. – СПб.: Фолиант, 2008. – 208 с.
- Петин, В.Г. Комбинированное биологическое действие ионизирующих излучений и других вредных факторов окружающей среды (научный обзор) / В.Г. Петин, И.П. Дергачева, Г.П. Жураковская // Радиация и риск: Бюлл. Нац. радиац.-эпидем. регистра. – 2001. – № 12. – С. 117–134.
- Простакишин, Г.П. Экстренная медицинская помощь при ингаляционных поражениях токсичными веществами / Г.П. Простакишин, Ю.С. Гольдфарб. – М.: ВЦМК «Защита», 2017. – 73 с.
- Радиационная медицина: руководство для врачей-исследователей, организаторов здравоохранения и специалистов по радиационной безопасности / под ред. Л.А. Ильина. – М.: Изд-во АТ, 2004. – Т. 1. – 992 с.
- Селидовкин, Г.Д. Острая лучевая болезнь от общего облучения / Г.Д. Селидовкин, А.В. Барабанова // Радиационная медицина. – М., 2001. – Т. 2. – С. 62–89.
- Тиунов, Л.А. Влияние окиси углерода на исход рентгеновского облучения / Л.А. Тиунов, О.И. Смирнова // Фармакология и токсикология. – 1962. – № 2. – С. 268–271.
- Тришкин, Д.В. Пульмоноксичность продуктов горения синтетических полимеров / Д.В. Тришкин [и др.] // Сиб. научн. мед. журн. – 2018. – № 4. – С. 114–120.
- Харевский, В.А. Разработка комплекса средств защиты оперативного персонала атомных электростанций при пожаре / В.А. Харевский [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации, предотвращение, ликвидация. – 2015. – № 4. – С. 13–18.
- Хоруженко, А.Ф. Комбинированные радиационные поражения при чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени / А.Ф. Хоруженко // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – Т. 4, № 1. – С. 310–323.
- Шараевский, Г.Ю. Медицинские последствия радиационных аварий на атомных подводных лодках / Г.Ю. Шараевский [и др.] // Медико-социальные аспекты проблем ветеранов-атомщиков и пути их решения: тез. науч.-практ. конф. – СПб., 1997. – С. 122–123.
- DiCarlo, A.L. Radiation injury after a nuclear detonation: medical consequences and the need for scarce resources allocation / A.L. DiCarlo [et al.] // Disaster medicine and public health preparedness. – 2011. – Vol. 5, № 1. – P. 32–44.
- DiCarlo, A.L. Radiation combined injury: overview of NIAID research / A.L. DiCarlo, N. Ramakrishnan, R.J. Hatchett // Health physics. – 2010. – Vol. 98, № 6. – P. 863–867.
- Kiang, J.G. Wound trauma increases radiation-induced mortality by activation of iNOS pathway and elevation of cytokine concentrations and bacterial infection / J. G Kiang [et al.] // Radiation research. – 2009. – Т. 173, № 3. – P. 319–332.
- Knudson, G.B. Nuclear, biological, and chemical combined injuries and countermeasures on the battlefield / G.B. Knudson [et al.] // Military medicine. – 2002. – Т. 167. – P. 95–97.
- Ledney, G.D. Combined injury: factors with potential to impact radiation dose assessments / G.D. Ledney, T.B. Elliott // Health physics. – 2010. – Vol. 98, № 2. – P. 145–152.
- Pellmar, T.C. Combined injury: radiation in combination with trauma, infectious disease, or chemical exposures / T.C. Pellmar, G. D. Ledney // Armed Forces Radiobiology Research Inst Bethesda MD, 2005. – P. 1–9.
- Rea, M.E. Proposed triage categories for large-scale radiation incidents using high-accuracy biodosimetry methods / M.E. Rea [et al.] // Health physics. – 2010. – Vol. 98, № 2. – С. 136–144.

B.A. Basharin, M.A. Karamullin, V.V. Zatsepin, A.V. Zavriskiy, Yu.S. Chekhovskikh

### The combined effect of ionizing radiation and toxicants

**Abstract.** The data of domestic and foreign literature on the study and study of combined radiation-chemical lesions are analyzed. The probability of the occurrence of victims with combined radiation injuries under various scenarios of nuclear and radiation incidents is noted. The data on the degree of elaboration of the problem, modern approaches to the clinic and diagnosis of this type of pathology are given. It is noted that the main attention of researchers was directed to the study of radiation-mechanical and radiation-thermal lesions. In the study of combined radiation-chemical lesions, most studies consider them as the interaction of ionizing radiation and chemical warfare agents. At the same time, many industrial toxicants are characterized by a synergistic interaction with ionizing radiation and mutual weighting of a lesion. The possibility of the occurrence of combined radiation-chemical lesions as a result of the joint action of ionizing radiation and carbon monoxide is substantiated. The nature of the mutual influence of ionizing radiation, radioprotectors and antidotes of carbon monoxide in the modern literature is almost not covered. It is likely that the use of radioprotectors can aggravate carbon monoxide intoxication. The necessity of further study and study of lesions caused by a combination of radiation and chemical (including carbon monoxide, as a quantitatively predominant toxicant during fires) factors have been substantiated. It is important to study the effectiveness of radioprotectors for the course and outcome of combined radiation injuries when used together with carbon monoxide antidotes and to assess their impact on the outcome of this pathology in order to improve the anti-radiation protection system.

**Key words:** ionizing radiation, acute radiation syndrome, combined radiation damage, radioprotector, antidote, carbon monoxide.

Контактный телефон: 8-981-795-18-10; e-mail: vwmada-nio@mil.ru