

## К вопросу оценки поражающего воздействия ионизирующего излучения на человека и защиты от него

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.1.75

© Технологии гражданской безопасности, 2023

**В.А. Кулганов, С.В. Косырев, К.С. Васнецов**

### Аннотация

В статье рассматриваются вопросы поражающего воздействия ионизирующего излучения на человека, разработанные авторами критериальные функции летальных исходов человека от ионизирующего излучения и защиты от него. Определены показатели повреждаемости систем организма, проведена оценка поражающего воздействия ионизирующего излучения на организм человека, показаны закономерности тяжести радиационных поражений.

Авторами предложен способ расчета значения показателя удельной повреждаемости систем организма человека, что позволило выявить количественные закономерности тяжести радиационных поражений, в том числе прогнозного характера.

**Ключевые слова:** доза; организм человека; поражающее воздействие; закономерности; эффект; ионизирующее излучение; облучение; повреждаемость; показатели; защита.

## On the Issue of Assessing the Damaging Effect of Ionizing Radiation on Humans and Protection Against It

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.1.75

© Civil Security Technology, 2023

**V. Kulganov, S. Kosyrev, K. Vasnetsov**

### Abstract

The article deals with the issues of ionizing radiation damaging effects on humans, the criterion functions of human deaths from ionizing radiation and protection from it developed by the authors. Indicators of damage to body systems were determined, the damaging effect of ionizing radiation on the human body was assessed, patterns of severity of radiation lesions were shown.

The authors have proposed a method for calculating the value of the specific damage index of human body systems, which made it possible to identify quantitative patterns of the radiation damageseverity, including predictive nature.

**Key words:** dose; human body; damaging effect; regularities; effect; ionizing radiation; irradiation; damage; indicators; protection.

20.02.2023

## Введение

При воздействии ионизирующего излучения (ИИ) на организм человека в биоткани происходят сложные химические и биологические процессы. Основным звеном в биологическом воздействии излучений является ионизация на клеточном уровне. В результате этого происходит разрушение молекул воды и сложных органических молекул, входящих в состав клетки\* [2, 7].

Известно, что в состав клетки входит около 70% воды. Молекула воды под действием ИИ расщепляется на водород  $H^+$  и гидроксильную группу  $OH$ , которые через цепь вторичных превращений образуют продукты с высокой химической активностью: гидратный окисел  $HO_2$  и перекись водорода  $H_2O_2$ . Эти соединения вступают в реакции с органическими молекулами клетки, разрушая их и изменяя биологическую активность (повреждают механизм деления, нарушают обмен веществ) [2, 8, 9]. Изменения на клеточном уровне и гибель клеток приводят к нарушению функций отдельных органов и организма в целом [8, 17].

Облучение организма может быть внешним или внутренним. Если источник ИИ находится вне организма, то он создает внешнее облучение. При попадании радиоактивных веществ внутрь организма с воздухом, водой, пищей происходит внутреннее облучение [19].

При одной и той же интенсивности внутреннее облучение опаснее внешнего по следующим причинам [18, 22]:

резко увеличивается продолжительность облучения, так как она совпадает с длительностью пребывания радиоактивных веществ в организме;

доза внутреннего облучения возрастает из-за постоянного контакта источника ИИ с облучаемой тканью. Особенно опасно в этом отношении действие заряженных частиц, так как вся их энергия поглощается в прилегающей ткани;

как правило, радиоактивные вещества концентрируются в отдельных органах, а не равномерно по всему организму, что еще больше усиливает их локальное действие.

Как при внешнем, так и при внутреннем облучении эффект воздействия ИИ на человека зависит прежде всего от его продолжительности и величины суммарной дозы [10].

Вопросы оценки поражающего воздействия ИИ на организм человека на данный момент недостаточно хорошо изучены. Исследования проводились учеными в основном в вопросах комбинированного действия малых доз ИИ на организм животных [5, 6, 11, 12].

Кроме того, следует продолжать исследования, выявляющие изменения в состоянии здоровья врачей, ликвидаторов радиационной катастрофы на Чернобыльской АЭС, подвергшихся и подвергающихся воздействию ИИ в сочетании с другими видами излучений, а также работающих и проживающих на загрязненных радиоактивными веществами территориях [1, 3, 13, 14].

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что эта проблема является недостаточно изученной и требует более детального рассмотрения.

## 1. Оценка поражающего воздействия ионизирующего излучения в организме

С увеличением продолжительности облучения радиационный эффект повышается. Чем более длительно облучение во времени, тем меньше его поражающее воздействие. При малых мощностях доз становятся заметными восстановительные процессы в организме [15].

Если бы степень восстановления была равна или превышала степень повреждения, то облучение не вызывало бы вредных последствий. Однако компенсация никогда не бывает полной: около 80% вредных последствий является обратимыми, а 20% относят к стойким дефектам организма. Обратимая часть поражения восстанавливается через 3–4 месяца [19].

По продолжительности воздействия на организм человека облучение подразделяют на однократное и многократное [20, 21].

В зависимости от величины общей дозы воздействие ИИ на организм приводит к последствиям двух видов: соматическим и генетическим.

Соматические эффекты проявляются непосредственно в облучаемом организме и делятся на две группы: ранние (проявление в течение времени  $\leq 30$ –60 суток) и отдаленные (месяцы и годы). Проявление генетических эффектов обнаруживают лишь в последующих поколениях [13, 14, 21].

Ранние соматические эффекты наблюдают при воздействии относительно больших доз облучения ( $D > 50$  рад) — острое поражение. Эти эффекты сильно зависят от величины дозы, ее мощности и являются не стохастическими (детерминированными). Это означает, что они предопределены для такой дозы. С ее увеличением возрастает тяжесть поражения, а ниже определенного значения, называемого порогом (50 рад), они никак не проявляются.

Характерной особенностью лучевой болезни является появление так называемой первичной реакции, характеризующейся возникновением тошноты, изнуряющих рвоты и поноса, судорог мышц. Первичная реакция развивается в первые часы после облучения (0,5–4 часа) и может продолжаться в течение 1–4-х суток. В это время личный состав подразделений (формирований) Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), участвующий в ликвидации последствий аварий на радиационно опасных объектах (РОО), становится ограниченно боеспособным. Первичная реакция сменяется скрытым периодом (от первой недели до 30 суток), за которым наступают разгар и исход (разрешение) лучевой болезни. Смертельный исход в этом случае наблюдают при дозах свыше 250...300 бэр,

\* Безопасность жизнедеятельности для медицинских колледжей и училищ: Учебник / С.Б. Варющенко, М.И. Гурьянов, В.А. Кулганов и др. М.: КНОРУС, 2021. С. 155–161.

при дозах более 500–600 бэр возможна гибель (при отсутствии лечения) 100% спасателей и населения [22].

Несмотря на то, что при общем облучении человека воздействию ИИ подвергаются все органы тела, только с некоторыми из них связана тяжесть лучевых поражений. При дозах до 600–800 бэр главным в развитии лучевой болезни является поражение системы кроветворения (костного мозга), а при дозах 800–2000 бэр — поражение желудочно-кишечного тракта.

Таким образом, костный мозг и кишечник являются основными критическими системами при остром облучении.

Отдаленные соматические эффекты проявляются только через много месяцев или лет после облучения. При остром однократном облучении наиболее тяжелыми являются увеличение частоты катаракт и стойкие изменения кожи. В области малых доз (5–10 рад/год) в основном наблюдают увеличение злокачественных образований.

При увеличении (уменьшении) дозы, например, в два раза, риск также увеличивается (уменьшается) в два раза. Отсюда и формулируется беспороговая концепция действия малых доз: как бы не уменьшать дозу, риск всегда остается, хотя и малым, но конечным.

К ранним эффектам облучения отнесем симптомы первичной реакции — тошноту и рвоту у облученных людей. Показатели повреждаемости систем организма по этому критерию приведены в табл. 1, они получены по результатам количественных данных о частоте возникновения ранних эффектов у людей, содержащихся в [22].

Из табл. 1 видно, что при использовании в качестве критериальной функции данных о частоте первичных реакций получаем практически одинаковые значения порога повреждаемости систем организма. Малая величина средней эффективной дозы в последнем случае отражает лишь факт отягощения организма другими патологическими состояниями, что обуславливает большую удельную повреждаемость систем по сравнению с другими приведенными вариантами.

Применительно к поражению людей при однократном общем облучении также принято выделять несколько клинически различающихся форм лучевого поражения. Если вероятность такого воздействия на людей различной степени тяжести рассматривать в качестве критериальной функции, то повреждаемость систем их организма будет характеризоваться показателями, представленными в табл. 2.

Все клинические формы поражения характеризуются одинаковой величиной удельной повреждаемости систем организма. Различия между ними имеются в пороговом числе поврежденных систем организма.

При этом последнюю форму поражения правильной рассматривать в качестве крайне тяжелой. При ней с большей вероятностью возможен смертельный исход, чем при предшествующих формах лучевого поражения.

Применительно к человеку имеются многочисленные данные, на основании которых можно построить критериальные функции летальных исходов человека. По такого рода функциям нами определены показатели повреждаемости систем организма (табл. 3).

Таблица 1

**Повреждаемость систем организма людей по критерию первичных реакций на облучение**

Средняя эффективная доза, Р	Порог повреждаемости систем, усл. ед.	Удельная повреждаемость, Р <sup>-1</sup>	Точность аппроксимации моделью гамма-распределения, %
177	10,9	0,0618	1
200	10,2	0,0512	5
162	15	0,0925	13
75*	10	0,1330	17

\* **Примечание:** дробное облучение в течение четырех дней по 25 Р ежедневно до суммарной дозы в 100 Р условно отнесено к однократному облучению.

Таблица 2

**Повреждаемость систем организма людей по клиническим признакам острого лучевого поражения**

Форма поражения (по Герстнеру)	Средняя эффективная доза, Р	Удельная повреждаемость систем, Р <sup>-1</sup>	Порог повреждаемости систем, усл. ед.
Невыраженная	50	0,115	6
Слабая	140	0,115	16
Средняя	175	0,115	20
Серьезная	250	0,115	29
Тяжелая	325	0,115	37
Смертельная (крайне тяжелая)	415	0,115	49

Таблица 3

**Повреждаемость систем организма человека по критерию смертельных исходов**

Средняя летальная доза, Р	Порог повреждаемости систем, усл. ед.	Удельная повреждаемость систем, Р <sup>-1</sup>
425	12,7	0,0300
425	11	0,0251
450	13	0,0288
380	10	0,0263
400	14	0,0350
347	6	0,0173

Приведенные выше материалы по оценке повреждаемости систем организма касались преимущественно животных. В интересах оценки возможных потерь живой силы за счет действия радиации следует рассмотреть критерии повреждаемости систем организма в межвидовом аспекте.

Межвидовой анализ проведен с использованием в качестве критериальной функции вероятности летальных исходов животных в условиях однократного общего гамма-облучения.

Анализ результатов исследований [22, 23] позволил установить преимущественные значения максимальной нелетальной, средней летальной и минимальной абсолютно летальной дозы и их наиболее вероятную среднюю величину для условий одностороннего гамма-облучения животных при мощности дозы в несколько десятков рентген в минуту. По данным, относящимся к каждому виду животных, были получены показатели повреждаемости систем организма (табл. 4).

Значения показателя удельной повреждаемости систем каждого вида были представлены в функции величин средних смертельных доз. Было подобрано уравнение прямой следующего вида:

$$\lambda = l(\bar{x} - \bar{x}_0), \quad (1)$$

где:

$\lambda$  — удельная повреждаемость систем;

$l$  — коэффициент зависимости с учетом видовых различий,  $\bar{x}$ ;

$\bar{x}_0$  — средняя летальная доза,  $\bar{x}_0$  — средняя, ранее полученная доза.

При значениях коэффициентов  $l = 0,102 \times 10^{-3}$  и  $\bar{x}_0 = 225$  Р уравнение дало способ определения соответствующих характеристик применительно к человеку (см. табл. 4). Рассчитанные параметры для него оказались следующими:  $\lambda = 0,0204$ ;  $r = 8,8$ ;  $\sigma = 143$  Р, при условии, что  $\bar{x} = 425$  Р.

Наряду с изложенными приемами экстраполяции, основывающейся на использовании данных, по крайней мере, для двух видов животных, представляет интерес способ, для реализации которого достаточно характеристик по одному виду животных. Зависимость порогового числа систем от величины средних летальных доз для различных видов с достаточно хорошим приближением может быть представлена уравнением прямой линии:

$$tgr_{\epsilon} = 0,00216 \bar{x}_{\epsilon}, \quad (2)$$

где « $\epsilon$ » означает вид животных.

Коэффициент 0,00216 получен применительно к данным табл. 4. Уравнение позволило определить значения показателей повреждаемости систем организма человека, совпадающие практически со значениями, найденными по первому способу.

Принимая во внимание характер вышеприведенного уравнения, можно сформулировать следующую эмпирическую закономерность. При оценке тяжести лучевого поражения по критерию летальности — отношение показателей порогового уровня повреждаемости систем к величине средней летальной дозы является величиной постоянной для разных видов животных.

Что касается видовых различий средних летальных доз острых облучений, то они аналитически могут быть связаны следующими соотношениями [9]:

$$\begin{aligned} D_{\text{ч}}(D_{\text{М}}) &= 0,2D_{\text{М}} + 0,5 \cdot 10^{-3} D_{\text{М}}^2; \\ D_{\text{ч}}(D_{\text{К}}) &= 0,23D_{\text{М}} + 0,77 \cdot 10^{-3} D_{\text{К}}^2; \\ D_{\text{ч}}(D_{\text{С}}) &= 0,815D_{\text{М}} + 0,227 \cdot 10^{-3} D_{\text{С}}^2, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $D_{\text{ч}}$ ,  $D_{\text{М}}$ ,  $D_{\text{К}}$ ,  $D_{\text{С}}$  — дозы, относящиеся к человеку, мыши, крысе, собаке, соответственно.

Межвидовой аспект оценки изменения средних летальных доз облучения с учетом мощности его дозы рассмотрен выше.

## 2. Основные закономерности тяжести лучевых болезней

Изложенные в статье фактические материалы позволяют сформулировать количественные закономерности тяжести радиационных поражений, в том числе прогнозного характера.

1. Функция поражения людей проникающей радиацией различной интенсивности или длительности облучения может быть представлена гамма-распределением доз облучения с параметрами  $\lambda^{(p)}$  и  $r^{(p)}$ , идентифицируемыми как статистические критерии тяжести поражения и именуемыми, соответственно, удельной повреждаемостью систем организма и порогом повреждаемости:

$$F(D) = P(D < d, \lambda^{(p)} = a, r^{(p)} = b), \quad (4)$$

где  $a$  и  $b$  — конкретные значения параметров.

2. Между функциями лучевых поражений различной степени тяжести у людей вследствие такого вида облучения фиксированной мощности или длительности воздействия существуют отношения сходства по критерию удельной повреждаемости систем организма

Таблица 4

Оценка повреждаемости систем организма у различных видов животных и у человека по критерию смертельных исходов

Виды	Средняя летальная доза, Р, $\bar{x}$	Пороговое число поврежденных систем, $r$	Удельная повреждаемость систем, $\lambda$	Среднее квадратическое отклонение, Р, $\sigma$
Крыса	875	57,9	0,0661	115
Мышь	775	41,6	0,0538	120
Собака	510	14,7	0,0288	133
Человек	425	-	-	-

и различия по пороговому уровню повреждаемости систем. Закономерность справедлива для всех видов облучений.

В символической форме:

$$\forall P_t \forall \delta P(\lambda_1(P_t, S_j)) = \dots = \lambda_i(P_t, S_j) = \dots = \lambda_n(P_t, S_j), \quad (5)$$

где:

$\{P_t\}, t = \overline{1, v}$  — множество значений различной интенсивности или длительности облучения;

$\{S_j\}, j = \overline{1, m}$  — вид облучения (гамма-облучение, нейтронное облучение и т.д.).

3. Между функциями лучевых поражений одинаковой степени тяжести у животных и людей вследствие такого вида облучения различной мощности или длительности, а также вследствие облучения в условиях химической или механической защиты организма или без нее при облучении такого вида и такой мощности или длительности существуют отношения сходства по критерию порогового уровня повреждаемости систем организма и различия по критерию удельной повреждаемости их, т.е.:

$$\exists i \forall P_t P(r_{i, \xi}(P_t(S_j))) = const, \quad (6)$$

$$\exists i \forall P_t P(r_{i, \bar{\xi}}(P_t(S_j))) = const,$$

где  $\xi$  и  $\bar{\xi}$  — условия наличия защиты и ее отсутствия, соответственно.

4. Между функциями лучевых поражений одинаковой степени тяжести у людей вследствие различных видов облучения с такой (фиксированной) мощностью или длительностью воздействия существуют отношения сходства по критерию порогового уровня повреждаемости систем организма и различия по критерию удельной повреждаемости систем организма, т.е.:

$$\exists i \forall S_j P(r_i(S_j(P_t))) = const. \quad (7)$$

5. Дополнительный анализ величины порога повреждаемости систем организма, присущего животным разных видов, дает основание для следующего заключения: одни и те же виды животных обладают одинаковой устойчивостью к смертельно поражающему действию радиации независимо от условий облучения, характеризуемой определенными величинами порогового уровня повреждаемости систем организма и равной приблизительно (в условных единицах): 60 — для крыс, 40 — для мышей, 15 — для собак и менее 10 для человека.

Величина порога существенно зависит от генотипа этой линии животных, а также от биологических факторов — возраста, пола.

Учитывая неодинаковую относительную степень развития поражения на различных уровнях биологической интеграции при одной и той же дозе облучения, следовало бы указать на следующую закономерность.

6. Несмертельные поражения, отражающие развитие патологических процессов преимущественно одного определенного уровня биологической интеграции организма, характеризуются большей удельной повреждаемостью систем этого уровня нежели смертельные поражения, обуславливающие тотальное повреждение всех систем организма.

В развитие последней закономерности следует указать, что лучевое поражение организма можно представить как сумму поврежденных систем на различных уровнях биологической интеграции, т.е.:

$$\bar{k}(x) = \sum_i \alpha_i \bar{k}_i(x), \quad (8)$$

где:

$\bar{k}(x)$  — есть общее число поврежденных систем организма;

$i$  — уровень биологической интеграции;

$\alpha_i$  — доля поврежденных систем  $i$ -го уровня в общей сумме поврежденных систем.

Таким образом, необходимо учесть, что системы низшего уровня повреждаются при меньших дозах, чем системы высшего уровня, а доля последних в общей сумме поврежденных систем возрастает с увеличением дозы облучения. Отсюда становится понятным, что относительное участие каждой системы в формировании феноменологически наблюдаемого поражения уменьшается по мере вовлечения в процесс более высоких уровней организма. Смертельные исходы, как следствие повреждения многих систем на разных уровнях организма, обуславливают меньшую величину удельной повреждаемости систем, чем симптомы клинического разгара заболевания. В зависимости от того, какая критериальная функция лучевого поражения берется для определения критериев повреждаемости систем организма, можно получить различные значения последних.

### 3. Защита от воздействия радиационных поражающих факторов

Необходимо отметить, что поражающее воздействие ионизирующего излучения в организме может быть вызвано рядом радиационных поражающих факторов (РПФ) при авариях на РОО (атомных электростанциях (АЭС)) [4, 14, 15].

Основным РПФ при этом является внешнее и внутреннее облучение, количественно характеризуемое соответствующими поглощенными дозами [7, 16].

В целях поддержания требуемой боеспособности и повышения эффективности выполнения задач воинскими формированиями и специалистами МЧС России в условиях воздействия вышеперечисленных факторов необходимо организовывать и осуществлять мероприятия по радиационной защите (РЗ). К которым можно отнести [7, 14, 15, 21]:

защита экранированием;

использование защитных свойств объектов, вооружения и техники, местности;

использование средств индивидуальной защиты;  
 применение коллективных средств защиты;  
 использование медицинских средств защиты;  
 защита временем;  
 дезактивация личного состава, объектов и местности.

Использование защитных экранов (кожухов) позволяет повысить кратность ослабления до 3,5 ... 5,0.

Использование медицинских средств защиты оказывает воздействие на физиологические процессы в организме, предупреждая тем самым развитие патологического процесса и уменьшая его тяжесть.

При высоких значениях уровней радиации, а также при выходе из зоны заражения (загрязнения) необходимо проводить дезактивацию, в том числе с применением табельных средств.

Только комплексное и эффективное использование мероприятий РЗ обеспечит выполнение задач личным

составом воинских подразделений, формирований МЧС России.

## Заключение

Таким образом, проведенные исследования по оценке поражающего воздействия ионизирующего излучения на организм человека, позволили определить основные функциональные зависимости тяжести радиационных поражений, в том числе прогнозного характера.

Получение критических доз облучения может привести к выводу из строя личного состава воинских подразделений и формирований МЧС России, срыву выполнения задач по предназначению. В целях снижения воздействия РПФ, в первую очередь — на личный состав, необходимо грамотно и эффективно осуществлять мероприятия РЗ и постоянно их совершенствовать.

## Литература

1. *Бондаревский-Колотий В. А.* Особенности заболеваемости врачей, подвергающихся действию ионизирующего излучения // *Вестник гигиены и эпидемиологии*. 2021. Т. 25. № 4. С. 412–413. EDN: ABBZPT.
2. Радиационная, химическая, биологическая защита: Учебник / С. Б. Варющенко, П. Р. Гильванов, Д. Г. Колесов и др.; под ред. С. Б. Варющенко, С. В. Косырева. 2-е изд., перераб. и дополн. СПб.: ВКА имени А. Ф. Можайского, 2010. С. 140–165.
3. Влияние малых доз ионизирующего излучения с различной его мощностью на структурные компоненты неостриатума / Н. А. Насонова, А. М. Карандеева, В. Н. Ильичева и др. // *Вестник новых медицинских технологий*. 2021. Т. 15. № 4. С. 62–66. DOI 10.24412/2075-4094-2021-4-2-1. EDN: IZPBVR.
4. *Воробьев В. А.* Мониторинг ионизирующего излучения в окружающей среде / В. А. Воробьев, А. Н. Селантьева // *Евразийское Научное Объединение*. 2020. № 5–7 (63). С. 580–582. EDN: FRDTWM.
5. Комбинированное действие хронического ионизирующего излучения и многократного лазерного воздействия на когнитивные функции крыс / О. И. Колганова, О. С. Измествьева, В. В. Панфилова, Л. П. Жаворонков // *Радиация и риск: Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра*. 2022. Т. 31. № 1. С. 40–48. DOI 10.21870/0131-3878-2022-31-1-40-48. EDN: ISRPEY.
6. Комбинированное действие ионизирующих излучений и токсикантов / В. А. Башарин, М. А. Карамуллин, В. В. Зацепин и др. // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2019. № 1(65). С. 225–229. EDN: WYUNFO.
7. *Косырев С. В.* Радиационная защита войск и объектов. СПб.: ВКА имени А. Ф. Можайского, 2004. 206 с.
8. *Кулганов В. А., Матюшенко К. В., Изотов А. С.* Оценка поражения организма животных и человека при воздействии различных доз радиации // *Экология и развитие общества*. 2021. № 2–3 (36). С. 54–61.
9. *Кулганов В. А., Соколов Д. А.* Методика оценивания качества воды и размеров зоны санитарной охраны водопроводов в районах дислокации войск // *Экология и развитие общества*. 2019. № 4(31). С. 67–74.
10. *Кулганов В. А., Соколов Д. А.* Современные подходы к оценке степени загрязнения атмосферного воздуха в районах дислокации войск // *Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)*. 2019. № 49(75). С. 123–129.
11. *Федотова А. С.* Изменение показателей периферической крови овец при действии малых доз ионизирующего излучения // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева*. 2022. Т. 14. № 4. С. 83–89. DOI 10.36508/RSATU.2022.19.47.012. EDN: VSGWVY.
12. *Федотова А. С.* Иммуногематологические характеристики и функциональная активность клеток крови крупного рогатого скота при действии малых доз ионизирующего излучения / А. С. Федотова, Г. В. Макарская, С. В. Тарских // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 3(168). С. 71–79. DOI 10.36718/1819-4036-2021-3-71-79. EDN: IRZZOV.
13. *Марченко Т. А.* Преодоление последствий социально-психологических проблем населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях Российской Федерации: Опыт и итоги // *Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы V Междунар. науч.-практ. конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны*. В 4 ч. Ч. I. М.: АГПС МЧС России, 2021.
14. Российский национальный доклад: 35 лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986–2021: Моногр. / А. А. Финогенов, В. А. Ткачев, А. М. Локшин, Т. А. Марченко и др. М.: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2021.
15. *Кулганов В. А., Соколов Д. А.* Социально-экологические последствия антропогенного и военного воздействия на природную среду // 2017 год глазами ученых: результаты научных исследований: Сб. трудов. Краснодар, 2018. С. 85–92.
16. *Левина И. В.* Защита от ионизирующего излучения // *Аграрные конференции*. 2020. № 1(19). С. 18–21. EDN: LLOUNR.
17. Метод обнаружения загрязнений подстилающей поверхности по характеристикам обратно рассеянного ионизирующего излучения / В. А. Кулганов, И. В. Свитнев, Д. А. Соколов, Р. А. Нигматуллин // *Материалы IV Всеросс. науч. конференции «Экология и космос» им. академика К. Я. Кондратьева / Под общ. ред. Ю. В. Кулшова*. СПб.: ВКА имени А. Ф. Можайского, 2020. С. 206–212.
18. Методика оценки готовности системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения / А. И. Мазаник, Н. П. Валув, И. Ю. Сергеев, Г. А. Николаев // *Сибирский пожарно-спасательный вестник*. 2022. № 2 (25). С. 131–141. EDN: HFYXZH.
19. Оценка обстановки при авариях (разрушениях) на потенциально опасных объектах в мирное время: Учеб.-метод. пособие / С. Б. Варющенко, А. В. Вилков, В. А. Кулганов и др. СПб.: Издательство СПбГУ, 2017. С. 45–47.
20. Проблема оценки безопасности жизнедеятельности при сочетании воздействия передающих радиотехнических объектов и природного ионизирующего излучения / Б. А. Баландович, С. В. Широкопуп, А. И. Мартыненко и др. // *Заметки ученого*. 2022. № 3. С. 257–267. EDN: GAAIJY.
21. *Полов Е. В., Пантелеев В. А., Сегаль М. Д., Гаврилов С. Л., Овсяник А. И., Лысенко И. А.* Участие подразделений МЧС России и использование специализированных средств и систем в мероприятиях по реагированию на радиологические аварийные ситуации // *Технологии техносферной безопасности*. 2019. Вып. 3 (85). С. 115–126. DOI: 10.25257/TTS.2019.3.85.115-126.
22. *Ширенко А. П., Максимов Г. К.* Основы теории оценивания комплексной поражаемости личного состава: Учеб. пособ. Ч. 1. Гипотезы, модели, критерии и информационное обеспечение оценивания. М.: МО СССР, 1978. С. 104–112.
23. *Ястребов Г. С.* Безопасность жизнедеятельности и медицина катастроф. М.: Феникс, 2014. 416 с.

**Сведения об авторах**

**Кулганов Владимир Александрович:** д. м. н., проф., Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, проф. кафедры. Санкт-Петербург, Россия. SPIN-код: 7500-0281.

**Косырев Сергей Викторович:** д. в. н., проф., Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, проф. кафедры. Санкт-Петербург, Россия. SPIN-код: 5263-0351.

**Васнецов Константин Сергеевич:** адъютант, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, подполковник. Санкт-Петербург, Россия.

**Information about author**

**Kulganov Vladimir A.:** ScD (Medical Sc.), Professor, Military-space Academy named after A.F. Mozhaisky, Professor of the Department. Saint-Petersburg, Russia. SPIN-scientific: 7500-0281.

**Kosyrev Sergey V.:** ScD (Military Sc.), Professor, Military-space Academy named after A.F. Mozhaisky, Professor of the Department. Saint-Petersburg, Russia. SPIN-scientific: 5263-0351.

**Vasnetsov Konstantin S.:** Adjunct of Militaryspace Academy named after A.F.Mozhaisky, Lieutenant Colonel. Saint-Petersburg, Russia.

## Издания ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Авторы, название	URL
<i>Баньщикова З.Е. и др.</i> Справочное пособие по организации выполнения мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и проведению аварийно-спасательных работ силами и средствами органов государственной власти, органов местного самоуправления в мирное и военное время.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=26212676">http://elibrary.ru/item.asp?id=26212676</a>
<i>Дурнев Р.А. и др.</i> Технологии подготовки диссертационных работ в области защиты от чрезвычайных ситуаций. Научно-методическое издание.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=26340114">http://elibrary.ru/item.asp?id=26340114</a>
<i>Пучков В.А. и др.</i> Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации. Материалы Всероссийского совещания с руководителями федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации по проблемам гражданской обороны и защиты населения и XII Научно-практической конференции.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=26496461">http://elibrary.ru/item.asp?id=26496461</a>
<i>Фалеев М.И. и др.</i> Основы стратегического планирования в области гражданской обороны и защиты населения. Научно-методический труд.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=26571679">http://elibrary.ru/item.asp?id=26571679</a>
<i>Акимов В.А. и др.</i> Наземно-космический мониторинг чрезвычайных ситуаций.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27268186">http://elibrary.ru/item.asp?id=27268186</a>
<i>Качанов С.А. и др.</i> Стратегия развития системы-112 в Российской Федерации. Монография. 2-е изд., перераб. и доп.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27408544">http://elibrary.ru/item.asp?id=27408544</a>
<i>Акимов В.А. и др.</i> Глобальные и национальные приоритеты снижения риска бедствий и катастроф. Монография.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27562706">http://elibrary.ru/item.asp?id=27562706</a>
Историческое и культурное наследие в системе МЧС России. Памятники архитектуры и мемориальные ценности.	<a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=29103188">https://elibrary.ru/item.asp?id=29103188</a>
<i>Аюбов Э.Н. и др.</i> МЧС России в борьбе с чрезвычайными ситуациями.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27613062">http://elibrary.ru/item.asp?id=27613062</a>
<i>Аюбов Э.Н. и др.</i> Природные угрозы	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27613013">http://elibrary.ru/item.asp?id=27613013</a>
<i>Аюбов Э.Н. и др.</i> Техногенные угрозы. Гидродинамические и транспортные аварии.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27612998">http://elibrary.ru/item.asp?id=27612998</a>
Аюбов Э.Н. и др. Техногенные угрозы. Радиационные и химические аварии	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27612987">http://elibrary.ru/item.asp?id=27612987</a>
Аюбов Э.Н. и др. Социальные угрозы	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27613407">http://elibrary.ru/item.asp?id=27613407</a>
Аюбов Э.Н. и др. Терроризм и криминогенные угрозы	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27613403">http://elibrary.ru/item.asp?id=27613403</a>
Аюбов Э.Н. и др. Пожары и взрывы	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27613397">http://elibrary.ru/item.asp?id=27613397</a>
Аюбов Э.Н. и др. Опасности в горах	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27613393">http://elibrary.ru/item.asp?id=27613393</a>