

УДК 371.315

*В.И. Гуменюк, А.М. Кармишин, В.В. Синицын*

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРАЖЕННЫХ ПО СТЕПЕНЯМ ТЯЖЕСТИ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЯХ**

*V.I. Gumenyuk, A.M. Karmishin, V.V. Sinitsyn*

## **DISTRIBUTION AFFECTED BY SEVERITY WITH OF TECHNOGENIC ACCIDENT**

Рассматриваются вопросы различного представления структуры пораженных по степени поражения при техногенных авариях. Даются общие интегральные представления, позволяющие оценивать структуру пораженных, а также аналитические выражения для частных случаев.

ТЕХНОГЕННАЯ АВАРИЯ. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ОБЪЕКТЫ. СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ ПОРАЖЕНИЯ. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРАЖЕННЫХ ПО СТЕПЕНЯМ ТЯЖЕСТИ. СИРИЯ. ХИМИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ. ЗАРИН.

The article observes the issues of various representations of distribution of contaminated by a value of severity of contamination during anthropogenic accidents. The generic integral representations are given for estimation of contamination structure and their analytical expressions in particular cases.

TECHNOGENIC ACCIDENT. ELEMENTARY OBJECTS. SEVERITY DEGREE OF CONTAMINATION. DISTRIBUTION OF CONTAMINATED BY A VALUE OF SEVERITY. SYRIA. CHEMICAL WEAPONS. ZARIN.

Из экспериментальных данных и теоретических исследований известно, что реализация поражающего действия техногенных аварий носит случайный характер. Одна из причин, определяющая стохастический характер поражающего действия техногенных аварий на персонал промышленных объектов и население, — их биологическая неоднородность (вариабельность) к действию того или иного поражающего фактора, возникающего при аварии. Стохастический характер поражающего действия техногенных аварий усиливается из-за неравномерности поля поражающего фактора (полей поражающих факторов при их комбинированном действии). В силу стохастического характера поражающего действия при техногенной аварии количество пораженного населения (персонал объекта), а также наблюдаемые у него степени тяжести поражения могут быть различны.

Можно утверждать, что и степень разрушения элементов инфраструктуры, а также степени повреждения техники также могут быть различны. В дальнейшем одинаковые группы населения (различающиеся по возрасту, полу, состоянию здоровья и т. п.), однотипные эле-

менты инфраструктуры, техники и т. п. будем называть обобщенным термином элементарный объект, т. е. объект, который можно рассматривать только в одном из двух состояний при техногенной аварии: поражен или не поражен [1].

Умение оценивать структуру пораженных (возможную структуру пораженных) позволяет решать ряд практически важных задач, среди которых можно выделить следующие [1–6]:

научно обоснованная оценка возможных последствий техногенных аварий, а также диверсионно-террористических актов, необходимая для принятия управленческих решений по их снижению;

обоснование технических решений и (на их основе) организационных мероприятий по снижению опасности техногенных аварий;

оценка сил и средств, необходимых для ликвидации последствий аварий (диверсионно-террористических актов), в том числе для спасения жизней пострадавших;

обоснование требований к системе защиты и ликвидации последствий техногенных аварий, в том числе их оперативности ее функционирования.

Кроме того, структура пораженных при техногенных авариях является одной из групп исходных данных для обоснования методов и созданных на их основе методик оценивания экономического ущерба.

Известно, что степень поражения делят (на качественном уровне) по тяжести состояния организма человека на четыре степени [1]: I степень тяжести поражения, или легкая; II степень тяжести поражения, или средняя; III степень тяжести поражения, или тяжелая; IV степень тяжести поражения, или крайне тяжелая.

Сложилось некоторые особенности при классификации пораженных. В результате действия токсичных химических веществ при авариях химически опасных объектов или диверсионно-террористических актах с применением токсичных химических веществ (как в метро в Токио, 1996 г.) в токсикологии не рассматривается третья степень тяжести поражения, однако введены эффекты поражения легче первой степени тяжести — первичные, или начальные, эффекты поражения, которые называются пороговыми. Таким образом, при действии токсичных химических веществ градация пораженных на четыре группы осталась, однако она несколько не совпадает с общепринятой градацией (классификацией) по степеням тяжести поражения.

Отметим, что градация по четырем степеням тяжести не поражений, а разрушений (здания, строения и т. п.) или повреждений (техника) осталась. В данном случае степень тяжести разрушений или повреждений определяется тем, какой вид ремонта необходим для восстановления объектов инфраструктуры и техники: текущий; средний; капитальный; это когда восстановление объекта не целесообразно — IV степень тяжести.

Методы описания структуры пораженных начали развиваться примерно 20 лет назад в работах ученых Военной академии химической защиты [1], при этом в рассмотрение и был введен термин «структура пораженных».

В настоящее время под структурой пораженных элементарных объектов понимается их распределение по степеням тяжести поражения [1, 2, 4–6].

Представление структуры пораженных может быть сделано четырьмя различными способами (вариантами) [1, 2]:

как доля элементарных объектов, получивших поражение не ниже заданной степени тяжести  $P_{>}$ , от общего числа подвергшихся воздействию поражающих факторов;

как доля элементарных объектов, получивших поражение заданной степени тяжести  $P_i$ , от общего числа подвергшихся воздействию поражающих факторов;

как доля элементарных объектов, получивших поражение не ниже заданной степени тяжести  $G_{>i}$ , от общего числа пораженных;

как доля элементарных объектов, получивших поражение заданной степени тяжести  $G_i$ , от общего числа пораженных.

Рассмотрим первый вариант представления структуры пораженных, к которому можно прийти, рассмотрев общую площадь поражающего действия техногенной аварии ( $S_n$ ) и плотность распределения на ней элементарных объектов,  $f_n(x, y) = f_n(S)$ ,  $m^{-2}$ .

Знание общей площади поражающего действия аварии (то есть площади, за пределами которой поражающим действием аварии с достаточной для практики точностью можно пренебречь) и плотности распределения элементарных объектов на ней позволяет найти долю элементарных объектов, получивших поражение не ниже заданной ( $i$ -й) степени тяжести.

Рассмотрим элементарную площадку  $dS = dx dy$ , на которой будет находиться некоторое количество элементарных объектов  $dN$ . Очевидно, что  $dN$  можно определить через плотность распределения элементарных объектов и общее количество  $N_0$  подвергшихся воздействию поражающих факторов аварии в районе расположения потенциально опасного промышленного объекта:

$$dN = N_0 f_n(S) dS = N_0 f_n(x, y) dx dy. \quad (1)$$

При техногенной аварии на рассматриваемой элементарной площадке  $dS$  будет сформирована некоторая величина поражающего фактора  $\Pi\Phi(S)$ , или  $\Pi\Phi(x, y)$ , которая и определит вероятность поражения  $P(S) = G(S) = P(x, y) = G(x, y)$  не ниже заданной (рассматриваемой) степени тяжести поражения элементарного объекта. Тогда количество элементарных объектов  $dN_{>i}$ , получивших поражения не ниже заданной степени тяжести, на элементарной площадке  $dS$ , составит

$$dN_{>i} = N_0 G(S) f_{\Pi}(S) dS = \\ = N_0 G(x, y) f_{\Pi}(x, y) dx dy. \quad (2)$$

Суммируя количество элементарных объектов по всем элементарным площадкам в пределах площади поражающего действия техногенной аварии, по определению найдем общее количество подвергшихся воздействию поражающего фактора аварии:

$$\int_0^{N_0} dN = N_0 \int_0^{S_{\Pi}} f_{\Pi}(S) dS = \\ = N_0 \iint_{S_{\Pi}} f_{\Pi}(x, y) dx dy = N_0. \quad (3)$$

Аналогично, суммируя элементарные объекты, получившие поражения не ниже  $i$ -й степени тяжести, по всем элементарным площадкам  $dS$ , получим их общее количество  $N_{>i}$ :

$$N_{>i} = \int_0^V dN_{>i} = N_0 \int_0^{S_{\Pi}} G(S) f_{\Pi}(S) dS = \\ = N_0 \iint_{S_{\Pi}} G(x, y) f_{\Pi}(x, y) dx dy. \quad (4)$$

Отметим, что в соотношении (4)  $G(x, y)$  есть не что иное, как координатный закон поражения — наиболее полный пространственный показатель опасности техногенной аварии [4–6].

Тогда на основании выражений (3) и (4) несложно оценить долю элементарных объектов, получивших поражения не ниже заданной степени тяжести, от общего числа подвергшихся воздействию техногенной аварии:

$$\Pi_{>i} = \frac{\int_0^{S_{\Pi}} G_{>i}(x, y) f_{\Pi}(S) dS}{\int_0^{S_{\Pi}} f_{\Pi}(S) dS} = \\ = \int_0^{S_{\Pi}} G_{>i}(x, y) f_{\Pi}(S) dS. \quad (5)$$

В общем случае соотношение (5) может быть рассчитано численными методами, однако при некоторых ограничениях и допущениях возможны и аналитические решения. Так, при равномерном распределении элементарных объектов на общей площади поражающего действия техногенной аварии выражение (5) примет вид

$$\Pi_{>i} = \frac{\int_0^{S_{\Pi}} G_{>i}(x, y) f_{\Pi}(S) dS}{S_{\Pi}} = \frac{S_{0(>i)}}{S_{\Pi}}, \quad (6)$$

где  $S_{0(>i)}$  — интегральный показатель опасности техногенной аварии — приведенная зона поражения [5, 6], м<sup>2</sup>;

Для некоторого типа аварий (таких, как взрывы конденсированных взрывчатых веществ, выбросы токсичных химических веществ в виде пара и тонкодисперсного аэрозоля) показано [1], что выражение (2) принимает вид

$$\Pi_{>i} = \left( \frac{\text{ПФ}_{50(>i)}}{\text{ПФ}_{50(>1)}} \right)^{-r} \overline{\text{ПФ}}_{\text{гр}}^r e^{4k}, \quad (7)$$

где  $\text{ПФ}_{50(>i)}$ ,  $\text{ПФ}_{50(>1)}$  — медианное значение величины поражающего фактора, вызывающего у элементарного объекта поражение не ниже  $i$ -й и первой (пороговой) степени тяжести для токсичных химических веществ [1, 7–11];  $k$  — параметр факторного закона поражения [1, 7–11];  $r$  — параметр поля поражающего фактора [1, 2, 12];  $\overline{\text{ПФ}}_{\text{гр}}$  — граничное значение величины поражающего фактора, при котором с достаточной для практики точностью можно пренебречь поражениями не ниже первой степени тяжести (не ниже пороговых при авариях химически опасных объектов),

$$\overline{\text{ПФ}}_{\text{гр}} = \frac{\text{ПФ}}{\text{ПФ}_{50(>1)}}.$$

Структуру пораженных не ниже  $i$ -й степени тяжести по входящим в нее степеням тяжести поражения можно представить так:

<i>Поражение не ниже</i>	<i>Включает степень тяжести поражения</i>
первой степени $\Pi_{>1}$	I, II, III, IV
второй степени $\Pi_{>2}$	II, III, IV
третьей степени $\Pi_{>3}$	III, IV
четвертой степени $\Pi_{>4}$	IV

На основании этих данных несложно получить и второй вариант структуры пораженных — в виде доли  $\Pi_i$  элементарных объектов, получивших поражение заданной степени тяжести от общего числа подвергшихся воздействию.

Для определения доли объектов, получивших поражение заданной степени тяжести, необходимо из доли объектов, подвергшихся воз-

действию и получивших поражение не ниже  $i$ -й степени тяжести, вычтуть долю объектов, получивших поражение не ниже  $(i+1)$ -й степени тяжести:

$$\Pi_i = \Pi_{>i} - \Pi_{i+1}. \quad (8)$$

Получим

$$\Pi_i = \frac{\Pi\Phi_{50(>i)}^{-r} - \Pi\Phi_{50(>i+1)}^{-r}}{\Pi\Phi_{50(>1)}^{-r}} \Pi\Phi_{гр}^r e^{\frac{r^2}{4k}}. \quad (9)$$

Отметим следующее свойство функции  $\Pi_i$ : сумма  $\Pi_i$  равна доле  $\Pi_{>1}$  пораженных не ниже первой степени тяжести.

Действительно:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^4 \Pi_i &= \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4 = \\ &= (\Pi_{>1} - \Pi_{>2}) + (\Pi_{>2} - \Pi_{>3}) + (\Pi_{>3} - \Pi_{>4}) + \\ &\quad + (\Pi_{>4} - \Pi_{>5}). \end{aligned}$$

Раскрывая скобки, получим

$$\sum_{i=1}^4 \Pi_i = \Pi_{>1} - \Pi_{>5}.$$

Поскольку пятая степень тяжести поражения в рассмотрение не вводится, то  $\Pi_{>5}$  равно нулю. Тогда из последнего уравнения непосредственно следует

$$\sum_{i=1}^4 \Pi_i = \Pi_{>1}.$$

Перейдем теперь к рассмотрению следующего варианта представления структуры пораженных — в виде доли  $G_{>i}$  элементарных объектов, получивших поражение не ниже заданной степени тяжести, от общего числа пораженных.

Для этого необходимо долю  $\Pi_{>i}$  объектов, получивших поражение не ниже заданной степени тяжести, разделить на долю объектов, получивших поражение не ниже первой степени тяжести:

$$G_{>i} = \frac{\Pi_{>i}}{\Pi_{>1}}. \quad (10)$$

Выполнив необходимые действия, получим

$$G_{>i} = \left( \frac{\Pi\Phi_{50(>i)}^{-r}}{\Pi\Phi_{50(>1)}^{-r}} \right)^{-r}. \quad (11)$$

Отметим следующее свойство функции  $G_{>1}$ , которое непосредственно следует из (6) и (7): доля пораженных не ниже первой степени тяжести от общего числа пораженных равна единице.

Рассмотрим определение последнего варианта структуры пораженных — в виде доли объектов, получивших поражение заданной степени тяжести  $G_1$ , от общего числа пораженных. Для этого необходимо из доли  $G_{>i}$  объектов, получивших поражение не ниже  $i$ -й степени тяжести, вычтуть долю  $G_{>i+1}$  объектов, получивших поражение не ниже  $(i+1)$ -й степени тяжести:

$$G_i = G_{>i} - G_{>i+1}. \quad (12)$$

С учетом (10) будет

$$G_i = \frac{\Pi\Phi_{50(>i)}^{-r} - \Pi\Phi_{50(>i+1)}^{-r}}{\Pi\Phi_{50(>1)}^{-r}}. \quad (13)$$

Свойство функции  $G_{>i}$ : сумма  $G_i$  равна единице. Доказательство:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^4 G_i &= G_1 + G_2 + G_3 + G_4 = \\ &= (G_{>1} - G_{>2}) + (G_{>2} - G_{>3}) + (G_{>3} - G_{>4}) + \\ &\quad + (G_{>4} - G_{>5}). \end{aligned}$$

Раскрывая скобки, получим

$$\sum_{i=1}^4 G_i = G_{>1}.$$

Но выше было доказано, что  $G_{>1} = 1$ . Отсюда сразу следует

$$\sum_{i=1}^4 G_i = 1.$$

Таким образом, в некоторых случаях (воздушные ударные волны, образующиеся при авариях взрывоопасных объектов; ингаляционное воздействие токсичных химических веществ при авариях химически опасных объектов) структура пораженных выражается через параметры факторных законов поражения и параметры поля поражающего фактора. Во всех остальных случаях необходим численный расчет первого варианта структуры пораженных по общему соотношению (5) с использованием математических моделей, описывающих формирование полей поражающих факторов и факторных законов поражения.

**Структура пораженных, %, при применении химических боеприпасов, снаряженных отравляющим веществом зарин (изотермия)**

Категории структуры пораженных	Поражения, %			
	Пороговые ( $PCt_{50}$ )	I степени тяжести ( $ECt_{50}$ )	II степени тяжести ( $ICt_{50}$ )	Летальные ( $LCt_{50}$ )
$P_{\geq i}$	10,6	1,3	0,7	0,03
$P_i$	9,3	0,6	0,67	0,03
$G_{\geq i}$	100	12,3	6,6	0,3
$G_i$	87,7	5,7	6,3	0,3

Рассмотренные методы оценивания структуры пораженных можно усилить, если координатный закон поражения рассматривать с учетом времени наступления тех или иных поражений. В этом случае можно получить динамику формирования структуры пораженных, которая и позволит в перспективе обосновать требования по оперативности осуществления мероприятий защиты при возникновении техногенной аварии потенциально опасного промышленного объекта.

Оценим структуру пораженных применительно к ситуации в Сирии, где в августе 2013 года предположительно было применено химическое оружие и погибло около 1500 человек. Токсикологические характеристики отравляющего вещества зарин, которое предположительно было применено, приводятся во многих изданиях, в частности в [1].

В таблице приведены все четыре варианта структуры пораженных, которые могут быть полезны при проведении экспертизы по вопросу о действительном применении химического оружия.

Из данных, представленных в таблице, следует, что количество летальных поражений примерно в 20 раз меньше, чем количество пораженных второй степени тяжести, т. е. пораженных, которым требуется длительная госпитализация и лечение (в среднем не меньше 2 недель). Таким

образом, исходя из заявленного уровня летальных поражений, длительная госпитализация должна была потребоваться примерно 30000 человек. О таком количестве госпитализированных в результате «применения химического оружия» (в полном смысле этого слова) информация отсутствует, что приводит к вполне определенным выводам. Таким образом, структура пораженных позволяет объективно оценить, было ли применение оружия или нет в конкретном случае.

Методы оценки приведенной зоны поражения при авариях взрывоопасных объектов (взрывы конденсированных взрывчатых веществ и газовоздушных смесей) описаны, например, в [12].

Необходимо отметить, что уже разработаны методы оценивания комбинированных поражений не ниже заданной степени тяжести при действии поражающих факторов различных или одинаковых по природе, но имеющих различные биомишени в организме человека (различные механизмы поражающего действия) [7–11]. Комбинированное действие поражающих факторов — наиболее реальный сценарий проявления опасности техногенных аварий.

Эти модели учитывают как эффекты усиления совместного поражающего действия (синергизм), независимого действия, так и ослабления (антагонизм) при применении, например, медицинских средств защиты населения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кармишин, А.М. Теория поражающего действия ОМП [Текст] / А.М. Кармишин, О.П. Кравченко, М.В. Гагарин. — М.: ВАХЗ, 1995. — 150 с.

2. Кармишин, А.М. Структура пораженных при техногенных авариях [Текст] / А.М. Кармишин, В.А. Киреев, А.И. Карнюшкин, В.М. Шишин // Сб.

матер. IX НПК (14–15 мая 2009 г.) «Проблемы прогнозирования ЧС». — М.: Центр «Антистихия», 2009.— С. 230–236.

3. **Кармишин, А.М.** Графоаналитический метод моделирования эвакуации при пожаре [Текст] / А.М. Кармишин, А.И. Карнюшкин, В.М. Шишин // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: Матер. междунар. научно-практ. конф. 20 марта 2012 г.— М.: АГПС МЧС России, 2012.— С. 278–279.

4. **Кармишин, А.М.** Актуальные проблемы оценки пространственно-временных показателей опасности техногенных аварий [Текст] / А.М. Кармишин, А.И. Карнюшкин, В.А. Киреев // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. VIII научно-практическая конференция. 8–10 октября 2008 г. Доклады и выступления.— СПб.: Изд-во УГПС МЧС России, 2009.— С. 199–210.

5. **Кармишин, А.М.** Оценка пространственно-временных показателей опасности техногенных аварий [Текст] / А.М. Кармишин, В.А. Киреев, В.И. Гуменюк // Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Сб. научных тр. V Всерос. научно-практ. конф.— СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2013.— С. 70–77.

6. **Кармишин, А.М.** О количественных показателях опасности техногенных аварий [Текст] / А.М. Кармишин, В.А. Киреев, В.И. Гуменюк // Научно-технические ведомости СПбГПУ.— 2013. № 2(171). С. 281–288.

7. **Кармишин, А.М.** Математические методы фармакологии, токсикологии и радиобиологии [Текст] / А.М. Кармишин, В.А. Киреев.— Монография, изд. 2-ое, перераб. и доп.— М.: ООО «АПР», 2011.— 330 с.

8. **Кармишин, А.М.** Токсикологические характеристики физиологически активных веществ [Текст]

/ А.М. Кармишин, В.А. Киреев, А.И. Карнюшкин, В.Ф. Резничек // Безопасность в техносфере.— 2012. №4.— М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.— С. 42–46.

9. **Кармишин, А.М.** К вопросу оценки токсичности химически опасных веществ при чрезвычайных ситуациях химической природы [Текст] / А.М. Кармишин, В.А. Киреев, С.В. Заонегин, В.Д. Гладких [и др.] // Химическая и биологическая безопасность: Специальный выпуск, посвященный Федеральной целевой программе «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2014 годы)». ФМБА.— М., 2012.— С. 117–121.

10. **Кармишин, А.М.** Оценка опасности воздействия опасных факторов пожара [Текст] / А.М. Кармишин, В.А. Киреев, А.И. Карнюшкин // Актуальные проблемы пожарной безопасности: Тезисы докладов XXI Международной научно-практической конференции. Ч. 1 — М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.— С. 16–21.

11. **Кармишин, А.М.** К вопросу об оценке опасных факторов пожара [Текст] / А.М. Кармишин, В.А. Киреев, А.И. Карнюшкин [и др.] // Проблемы прогнозирования ЧС.— IX НПК 14–15 мая 2009 г. Проблемы прогнозирования ЧС.— М.: Центр «Антистихия» 2009.— С. 158–163.

12. **Кармишин, А.М.** Оценка показателей опасности при авариях взрывоопасных объектов [Текст] / А.М. Кармишин, В.А. Киреев, А.И. Карнюшкин // Сб. матер. X научно-практ. конф. «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций». 5–6 октября 2010 г. Доклады и выступления.— М.: Центр «Антистихия», 2010.— С. 207–213.

## REFERENCES

1. **Karmishin A.M., Kravchenko O.P., Gagarin M.V.** Teoriia porazhaiushchego deistviia OMP [Tekst].— M.: VAKhZ, 1995.— 150 s. (rus.)

2. **Karmishin A.M., Kireev V.A., Karniushkin A.I., Shishin V.M.** Struktura porazhennykh pri tekhnogennykh avariiaxh [Tekst] // Sbornik materialov IX NPK.— 14–15 maia 2009 g. Problemy prognozirovaniia ChS.— M.: Tsentr «Antistikhii» 2009.— S. 230–236. (rus.)

3. **Karmishin A.M., Karniushkin A.I., Shishin V.M.** Grafoanaliticheskii metod modelirovaniia evakuatsii pri pozhare [Tekst] // Pozharotushenie: problemy, tekhnologii, innovatsii. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii 20 marta 2012 g.— M.: AGPS MChS Rossii, 2012.— S. 278–279. (rus.)

4. **Karmishin A.M., Karniushkin A.I., Kireev V.A.** Aktual'nye problemy otsenki prostranstvenno-vremennykh pokazatelei opasnosti tekhnogennykh avarii/stat'ia [Tekst] // Problemy prognozirovaniia chrezvychainykh

situatsii. VIII nauchno-prakticheskaiia konferentsiia. 8–10 oktiabria 2008 g. Doklady i vystupleniia.— SPb.: Izd-vo UGPS MChS Rossii, 2009.— S. 199–210. (rus.)

5. **Karmishin A.M., Kireev V.A., Gumeniuk V.I.** Otsenka prostranstvenno-vremennykh pokazatelei opasnosti tekhnogennykh avarii [Tekst] // Bezopasnost' v chrezvychainykh situatsiiaxh: sbornik nauchnykh trudov V sserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii.— SPb.: Izd-vo politekhn. un-ta, 2013.— S. 70–77. (rus.)

6. **Karmishin A.M., Kireev V.A., Gumeniuk V.I.** O kolichestvennykh pokazateliakh opasnosti tekhnogennykh avarii [Tekst] // Nauchno-tekhicheskie vedomosti SPbGPU.— 2013. № 2(171).— S. 281–288. (rus.)

7. **Karmishin A.M., Kireev V.A.** Matematicheskie metody farmakologii, toksikologii i radiobiologii [Tekst] // Monografiia.— Izd. 2-e, pererab. i dop.— M.: ООО «APR», 2011.— 330 s. (rus.)

8. **Karmishin A.M., Kireev V.A., Karniushkin A.I., Reznichuk V.F.** Toksikologicheskie kharakteristiki fiziologicheski aktivnykh veshchestv [Tekst] // Bezopasnost' v tekhnosfere.— 2012. №4.— М.: MGTU im. N.E. Baumana, 2012.— S. 42–46. (rus.)

9. **Karmishin A.M., Kireev V.A., Zaonegin S.V., Gladkikh V.D. [i dr.]**. K voprosu otsenki toksichnosti khimicheskoi opasnykh veshchestv pri chrezvychainykh situatsiyakh khimicheskoi prirody [Tekst] // Khimicheskaya i biologicheskaya bezopasnost': Spetsial'nyi vypusk, posviashchenniy Federal'noi tselevoi programme «Natsional'naya sistema khimicheskoi i biologicheskoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii (2009— 20014 gody)». FMBA.— М., 2012.— S. 117–121. (rus.)

10. **Karmishin A.M., Kireev V.A., Karniushkin A.I.** Otsenka opasnosti vozdeystviya opasnykh faktorov pozha-

ra [Tekst] // Aktual'nye problemy pozharnoi bezopasnosti: Tezisy dokladov XXI Mezhdunarodnoi nauchno-prakt. konf., Ch. 1 — М.: FGU VNIPO MChS Rossii, 2009.— S. 16–21. (rus.)

11. **Karmishin A.M., Kireev V.A., Karniushkin A.I. [i dr.]**. K voprosu ob otsenke opasnykh faktorov pozhara. Problemy prognozirovaniya ChS. [Tekst].— IX NPK. 14–15 maia 2009 g. Problemy prognozirovaniya ChS. — М.: Tsentr «Antistikhii», 2009.— S. 158–163. (rus.)

12. **Karmishin A.M., Kireev V.A., Karniushkin A.I.** Otsenka pokazatelei opasnosti pri avariakh vzryvoopasnykh ob'ektov [Tekst] // Sb. mater. X nauchno-prakticheskoi konferentsii «Problemy prognozirovaniya chrezvychainykh situatsii. Otsenka riskov vzniknoveniya chrezvychainykh situatsii». 5–6 oktiabria 2010 g. Doklady i vystupleniya.— М.: Tsentr «Antistikhii», 2010.— S. 207–213 s. (rus.)

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**ГУМЕНЮК Василий Иванович** — доктор технических наук профессор заведующий кафедрой управления и защиты в чрезвычайных ситуациях Санкт-Петербургского государственного политехнического университета; 195251, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: kaf-uzchs@mail.ru

**КАРМИШИН Александр Михайлович** — доктор технических наук профессор Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана; 105005, 2-я Бауманская ул., д. 5, г. Москва, Россия; e-mail: Vaxzk8chif@pochta.ru

**СИНИЦЫН Виталий Васильевич** — кандидат военных наук профессор Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана; 105005, 2-я Бауманская ул., д. 5, г. Москва, Россия; e-mail: Vaxzk8chif@pochta.ru

#### AUTHORS

**GUMENYUK Vasily I.** — Head of Chair «Management and Protection in Emergency Situations» (MPES), Doctor of Science, Professor; St. Petersburg State Polytechnical University; 195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia; e-mail: kaf-uzchs@mail.ru

**KARMISHIN Alexander M.** — Doctor of Science, Professor; Bauman Moscow State Technical University; 105005, 2-nd Bauman Str. 5, Moscow, Russia; e-mail: Vaxzk8chif@pochta.ru

**SINITSYN Vitaly V.** — Candidate of Military Science, Professor; Bauman Moscow State Technical University; 105005, 2-nd Bauman Str. 5, Moscow, Russia; e-mail: Vaxzk8chif@pochta.ru