

УДК 519.6

ТЕРАКТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ХИМИЧЕСКОГО АГЕНТА: РАСЧЕТ ЗОН ПОРАЖЕНИЯ

БЕЛЯЕВ Н. Н.^{1*}, *д.т.н., проф.*,
КАЛАШНИКОВ И. В.^{2*}, *к.т.н.*,
ШАРАНОВА Ю. Г.^{3*}, *ст. преп.*,
СТРЕЛЬЦОВА Ю. М.^{4*}, *студ.*

^{1*} Кафедра «Гидравлика и водоснабжение», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, г. Днипро, Украина, 49010, тел. +38(056) 273-15-09, e-mail: gidravlika2013@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

^{2*} Государственное предприятие «Проектно-изыскательный институт железнодорожного транспорта «Укрзалізничпроект», ул. Красноармейская, 7, г. Харьков, Украина, 61052, тел. +38 (057) 724-41-25, e-mail: uzp38@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2814-380X

^{3*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днипро, Украина, 49600, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: Sharanova2017@gmail, ORCID ID: 0000-0002-4626-0327

^{4*} Кафедра «Гидравлика и водоснабжение», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, г. Днипро, Украина, 49010, тел. +38(056) 273-15-09, e-mail: gidravlika2013@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0622-3841

Аннотация. *Цель.* Разработка численного метода оценки территориального риска в случае теракта с использованием химического агента. *Методы.* Для описания процесса рассеивания химического агента, выброшенного в случае теракта используется двумерное уравнение массопереноса примеси в атмосферном воздухе. Уравнение учитывает параметры метеоситуации, интенсивность эмиссии химического агента, наличие зданий возле места выброса химически опасного вещества. Для численного интегрирования моделирующего уравнения используется конечно разностный метод. Особенностью разработанной численной модели является возможность оценки территориального риска, в случае теракта, при различных метеоусловиях и наличии зданий. *Результаты.* Разработан специализированный пакет программ, который может быть использован для оценки территориального риска, как в случае терактов, с применением химических агентов, так и в случае экстремальных ситуаций на химически опасных объектах и транспорте. Метод может быть реализован на компьютерах малой и средней мощности, что позволяет его широко использовать для решения задач рассматриваемого класса. Представлены результаты вычислительного эксперимента, позволяющие оценить возможности предложенного метода оценки территориального риска в случае теракта с использованием химического агента. *Научная новизна.* Предложен эффективный метод оценки территориального риска в случае теракта с применением химически опасного вещества. Метод может быть использован для оценки территориального риска в условиях городской застройки, что позволяет получать адекватные данные о возможных зонах поражения. Метод основан на численном интегрировании фундаментального уравнения массопереноса, выражающего закон сохранения массы в жидкой среде. *Практическая значимость.* Предложенный метод оценки территориального риска в случае теракта с применением химического агента может быть использован для расчета зон поражения возле административных зданий, центров и других социально значимых объектов.

Ключевые слова: территориальный риск; теракт; химическое загрязнение; численное моделирование, загрязнение воздушной среды

ТЕРАКТ З ВИКОРИСТАННЯМ ХІМІЧНОГО АГЕНТА: РОЗРАХУНОК ЗОН УРАЖЕННЯ

БІЛЯЄВ М. М.^{1*}, *д.т.н., проф.*,
КАЛАШНИКОВ І. В.^{2*}, *к.т.н.*,
ШАРАНОВА Ю. Г.^{3*}, *ст. викл.*,
СТРЕЛЬЦОВА Ю. М.^{4*}, *студ.*

^{1*} Кафедра «Гідравліки та водопостачання», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38(056) 273-15-09, e-mail: gidravlika2013@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

^{2*} Державне підприємство «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту України «Укрзалізничпроект», вул. Червоноармійська, 7, м. Харків, Україна, 61052, тел. +38 (057) 724-41-25, e-mail: uzp38@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2814-380X

^{3*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24а, м. Дніпро, Україна, 49600, тел. 067 995-38-77, e-mail: Sharanova2017@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4626-0327

^{4*} Кафедра «Гідравліки та водопостачання», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна 2, Дніпро, Україна, 49010, Україна, 49010, тел. +38(056) 273-15-09, e-mail: gidravlika2013@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0622-3841

Анотація. Ціль. Розробка чисельного методу оцінки територіального ризику в разі терористичного нападу із використанням хімічного агента. **Методи.** Для опису процесу розсіювання хімічного агента, викинутого в разі теракту використовується двомірне рівняння масопереносу домішки в атмосферному повітрі. Рівняння враховує параметри метеоситуації, інтенсивність емісії хімічного агента, наявність будівель біля місця викиду хімічно небезпечної речовини. Для чисельного інтегрування моделюючого рівняння використовується кінцево-різницевий метод. Особливістю розробленої чисельної моделі є можливість оцінки територіального ризику, в разі теракту, при різних метеоумовах і наявності будівель. **Результати.** Розроблено спеціалізований пакет програм, який може бути використаний для оцінки територіального ризику, як у випадку терактів, із застосуванням хімічних агентів, так і в разі екстремальних ситуацій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті. Метод може бути реалізований на комп'ютерах малої і середньої потужності, що дозволяє його широко використовувати для вирішення задач даного класу. Представлені результати обчислювального експерименту, що дозволяють оцінити можливості запропонованого методу оцінки територіального ризику в разі терористичного нападу із використанням хімічного агента. **Наукова новизна.** Запропоновано ефективний метод оцінки територіального ризику в разі теракту із застосуванням хімічно небезпечної речовини. Метод може бути використаний для оцінки територіального ризику в умовах міської забудови, що дозволяє отримувати адекватні дані про можливі зони ураження. Метод заснований на чисельному інтегруванні фундаментального рівняння масопереносу, що виражає закон збереження маси в рідкому середовищі. **Практична значимість.** Запропонований метод оцінки територіального ризику в разі терористичного нападу із застосуванням хімічного агента може бути використаний для розрахунку зон ураження біля адміністративних будівель, центрів та інших соціально значущих об'єктів.

Ключові слова: територіальний ризик; теракт; хімічне забруднення; чисельне моделювання; забруднення повітряного середовища

TERRORIST ACTS USING CHEMICAL AGENTS: CALCULATION OF RISK AREAS

BILIAIEV M. M.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KALASHNIKOV I. V.², *Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof.*,
SHARANOVA U. G.³, *Sen. Teach.*
STRELTSOVA Yu. M.⁴, *stud.*

^{1*} Department of «Hydraulics and Water Supply», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 273-15-09, e-mail gidravlika2013@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

² State Enterprise «Design and Exploration Institute of Railway Transport of Ukraine «Ukrzaliznichproekt», 24-A, Str. Red Army, 7, Kharkov, 61052, tel. +38 (057) 724-41-25, e-mail: uzp38@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2814-380X

³ Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, Sharanova2017@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4626-0327

⁴ Department of «Hydraulics and Water Supply», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 273-15-09, e-mail gidravlika2013@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0622-3841

Abstract. Purpose. Development of a numerical method for assessing territorial risk in the event of a terrorist attack using a chemical agent. **Methodology.** To describe the process of dispersing a chemical agent ejected in the event of a terrorist attack, a two-dimensional equation for the mass transfer of an impurity in atmospheric air is used. The equation takes into account the parameters of the meteorological situation, the intensity of the chemical agent emission, the presence of buildings near the site of the release of a chemically hazardous substance. For numerical integration of the modeling equation, a finite difference method is used. A feature of the developed numerical model is the possibility of assessing the territorial risk, in the event of a terrorist attack, under different weather conditions and the availability of buildings. **Findings.** A specialized package of programs has been developed that can be used to assess the territorial risk, as in the case of terrorist attacks, with the use of chemical agents, and in the event of extreme situations at chemically hazardous facilities and transport. The method can be implemented on small and medium-sized computers, which allows it to be widely used for solving the problems of the class under consideration. The results of a computational experiment are presented that allow one to assess the possibilities of the proposed method for assessing territorial risk in the event of a terrorist attack using a chemical agent. **Originality.** An effective method of assessing territorial risk in the event of a terrorist attack using a chemically hazardous substance is proposed. The method can be used to assess the territorial risk in an urban environment, which allows you to obtain adequate data on possible areas of damage. The method is based on the numerical integration of the fundamental mass transfer equation, which expresses the law of conservation of mass in a liquid medium. **Practical value.** The

proposed method for assessing territorial risk in the event of a terrorist attack using a chemical agent can be used to calculate the affected areas near administrative buildings, centers and other socially significant facilities.

Keywords: territorial risk; terrorist act; chemical pollution; numerical modeling, air pollution

Постановка проблемы

В настоящее время, особую актуальность приобретают задачи, связанные с прогнозом последствий терактов. За рубежом повышенное внимание уделяется оценке последствий террористических актов с возможным применением химического (биологического) агента [1, 2, 3, 7-9]. Это связано с тем, что высока доступность для террористов химически опасных веществ, поскольку многие такие вещества (хлор, аммиак и т.п.) широко используются в технологических процессах на различных производствах. Приобретение таких опасных веществ террористами – вполне возможная ситуация. В этой связи, за рубежом, при изучении данной проблемы очень часто рассматривается эмиссия именно таких химически опасных веществ при теракте [6].

Известно, что теракты имеют место в условиях застройки. Это может быть промышленная застройка или застройка в селитебной зоне. Поэтому, для оценки последствий возможного теракта в создаваемых математических моделях обязательно следует учесть влияние зданий на рассеивание химического (биологического) агента. Но такой учет крайне осложняет решение задачи, поскольку для прогноза возможных зон поражения следует знать поле скорости ветрового потока между зданиями. Для решения этой задачи необходимо решить аэродинамическую задачу и определить это поле скорости.

Анализ последних исследований и публикаций

Анализ литературных источников показал, что в Украине не проводятся исследования по оценке последствий терактов в условиях городской застройки, при которых применяется химический (биологический) агент. Есть ряд публикаций, где используются нормативные методики типа ОНД-86 или методика прогноза последствий аварий на химически опасных объектах и транспорте для оценки уровня загрязнения воздушной среды при выбросе химически опасных веществ. Для оценки такого уровня загрязнения, при авариях на производствах используется методики, типа «Токси» [4], «Аммиак», «SLAB» [6], реализующие модель Гаусса, или аналитическое решение уравнения массопереноса – также не могут быть применены, поскольку не учитывают влияние зданий на рассеивание химического (биологического) агента. Одним из подходов к оценке территориального риска при экстремальных ситуациях на транспорте является применение численных кинематических моделей [3]. Однако, применение этих моделей ограничено случаем рассеивания опасных веществ

над ровной поверхностью. Применять данные модели для оценки последствий терактов в городе, на промышленном объекте – нельзя.

В этой связи актуальной задачей является разработка эффективных методов оценки риска, в частности, территориального, при химической (биологической) атаке террористов в условиях застройки (городской, промышленной).

Формулировка целей статьи

Разработка численного метода для оценки территориального риска при террористической атаке, сопровождающейся эмиссией химического агента на улице.

Математическая модель

Как отмечалось выше, для создания адекватной модели прогноза последствий теракта с применением химического агента, необходимо учесть неравномерное поле скорости воздушного потока при наличии застройки. В этой связи, для расчета поля скорости ветрового потока при наличии здания будем использовать модель потенциального течения:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

где P – потенциал скорости.

Компоненты вектора скорости ветрового потока определяются соотношениями:

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial P}{\partial y}. \quad (2)$$

Для математического моделирования процесса распространения химического агента (биологического агента) в атмосферном воздухе применяется уравнение массопереноса, осредненное по высоте переноса примеси [2, 3, 5, 7]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \sigma C = \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} C) + \sum_{i=1}^N Q_i(t) \delta(x - x_i) \delta(y - y_i), \quad (3)$$

где C – концентрация химического агента (биологического агента) в атмосферном воздухе; σ – коэффициент, учитывающий распад агента и оседание на поверхность земли; u, v – компоненты вектора скорости воздушного потока; $\mu = (\mu_x, \mu_y)$ – коэффициенты атмосферной турбулентной диффузии; Q – интенсивность выброса химического агента (биологического агента); $\delta(x - x_i) \delta(y - y_i)$ –

дельта-функция Дирака; x_i, y_i – координаты источника эмиссии агента; t – время.

Поле скорости ветрового потока в условиях застройки, для моделирующего уравнения (3), определяется на основе решения аэродинамической задачи, т.е. путем решения уравнения (1). Постановка краевых условий для моделирующих уравнений (1), (2) рассмотрена в [2, 3, 5].

Для численного интегрирования уравнения (1) используется метод Либмана, а для численного интегрирования уравнения переноса примеси применяется неявная разностная схема расщепления [2, 5].

Расчет территориального риска при теракте

Для оценки территориального риска при теракте с применением химического агента будем учитывать, что каждому погодному состоянию $P(W_i)$ отвечает конкретная зона загрязнения, характеризующаяся размерами и концентрацией опасного вещества. Вероятность реализации конкретной метеоситуации определяется по зависимости [1]:

$$P(W_i) = N_{II} / T, \quad (4)$$

где N_{II} – число дней (часов), соответствующих определенной метеоситуации; T – период наблюдений (прогноз метеоситуации).

Здесь, под определенной метеоситуацией, будем понимать конкретное значение скорости и направления ветра. Для оценки потенциального территориального риска необходимо оценить вероятность, для человека, находящегося в каждой точке области, возле атакуемого объекта, оказаться под действием шлейфа (облака) химически опасного вещества. При прогнозе нас интересуют те точки области в районе теракта, где концентрация химически опасного вещества превышает некоторое пороговое значение, при котором происходит та, или иная степень поражения людей. Схематически, на рис.1 показана ситуация попадания рецепторов А, В, С под действие источника эмиссии (баллон, в котором находится токсичный газ), причем отметим, что выброс происходит в условиях застройки.

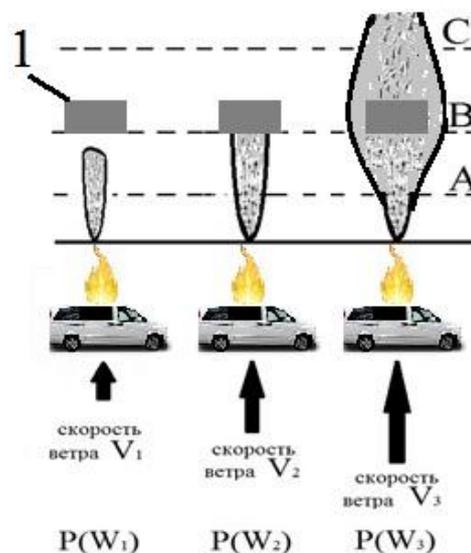


Рис. 1. Вероятность появления зон поражения для различных метеоусловий: 1 – здание / The probability of occurrence of zones of damage for various weather conditions: 1 – building

Как видно из рис. 1, человек, находящийся в точке А, попадает под влияние шлейфа опасного вещества при любой метеоситуации. Человек, который расположен в точке В попадает под влияние шлейфа опасного вещества при метеоситуации PW_2 , PW_3 . Человек, находящийся в точке С попадает под влияние шлейфа опасного вещества только при метеоситуации PW_3 . Таким образом, вероятность попадания человека под действие шлейфа химически опасного вещества определится следующим образом:

$$P(W)_{\Sigma} = \sum_{i=0}^n P(W_i), \quad (5)$$

где $P(W)_{\Sigma}$ – суммарная вероятность всех рассматриваемых метеоситуаций, при которых человек попадает в зону влияния источника эмиссии и получает токсичное поражение.

Таким образом, при химической атаке террориста необходимо, для конкретной точки расчетной области, выполнить расчеты по формуле (5). Для выполнения таких расчетов, предварительно необходимо рассчитать значение концентрации химического агента в точке расположения конкретного человека, для конкретной метеоситуации и насколько эта величина превосходит заданный пороговый уровень.

Алгоритм решения задачи

Оценку территориального риска (прогноз последствий), при теракте и при вероятной метеорологической ситуации PW , будем осуществлять в такой последовательности [3]:

1) на первом этапе решения задачи, формируется блок данных относительно

инициирующего события (возможное место эмиссии химически опасного вещества, интенсивность эмиссии, режим эмиссии, вид химического агента);

2) на *втором* этапе формируется блок данных относительно вероятных метеоситуаций PW_i , характерных для области, где находится атакуемый объект;

3) на *третьем* этапе рассчитывается уровень химического заражения для вероятных метеоситуаций (на этом этапе проводится численное интегрирование уравнений (1) и (3) для конкретной метеоситуации);

4) на *четвертом* этапе определяются зоны, где концентрация превышает пороговое значение (например, смертельную концентрацию) при конкретной метеоситуации;

5) на *пятом* этапе, осуществляется построении поля риска для рассматриваемого объекта.

Данный алгоритм оценки риска реализован в разработанном коде «CHEM-RISK».

Результаты

Пример практического использования разработанного кода показан ниже. На рис.2 представлена расчетная область. В этой области располагаются четыре здания. Полагалось, что возможна атака с применением хлора, выброс происходит возле первого здания. Длительность выброса – 5 мин. Для рассматриваемого региона вероятные значения скорости ветра составляют: 2,5 м/с (вероятность 34%) и 5,5 м/с (вероятность 66%). Стрелка на рисунке показывает направление ветра.

На рис.2, показаны изолинии концентрации хлора для момента времени 200 с, скорость ветра 2,5 м/с. Из данного рисунка видно, что формируется обширная зона химического заражения. Второе здание в нижнем ряду полностью охвачено шлейфом токсичного газа.

На рис. 3 представлена матрица потенциального территориального риска в районе химической атаки для момента времени 200 с при возможных метеоситуациях. Вероятность поражения людей возле здания показана в процентах на данном рисунке. Принимается, что поражение наступает если концентрация хлора в расчетной точке превышает 3 мг/м^3 .

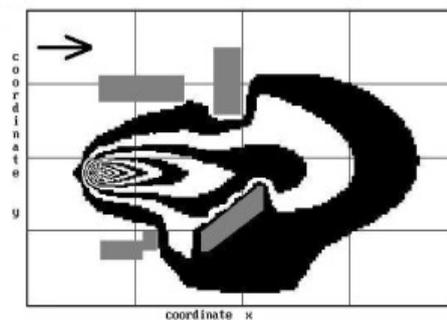


Рис. 2. Зона химического заражения при химической атаке террориста (скорость ветра 2,5 м/с) / Zone of chemical contamination during a chemical attack of a terrorist (wind speed 2.5 m/s)

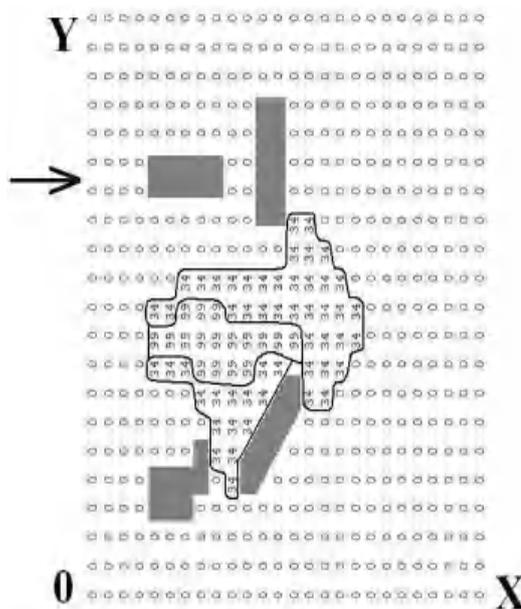


Рис. 3. Матрица территориального риска при химической атаке террориста / Matrix of territorial risk in the chemical attack of a terrorist

Как видно из представленных рисунков значительному риску (99 %) подвергается большое пространство возле здания для рассмотренных метеоситуаций.

Выводы

В работе представлен метод оценки территориального риска на урбанизированной территории при атаке террориста с применением химически опасного вещества. В основу метода положен численный расчет загрязнения воздушной среды в условиях застройки с последующей оценкой размеров зон поражения. Дальнейшее совершенствование выбранного научного направления следует проводить в области создания 3D модели для расчета территориального риска в случае химической атаки террориста.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алымов, В. Т. Техногенный риск: Анализ и оценка: Учебное пособие для вузов / В. Т. Алымов, Н. П. Тарасова. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 118 с.
2. Беляев, Н. Н. Защита зданий от проникновения в них опасных веществ: Монография / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько, Н. В. Росточило. – Д. : «Акцент ПП», 2014. – 136 с.
3. Оценка техногенного риска при эмиссии опасных веществ на железнодорожном транспорте [Текст] / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько, П. С. Кириченко, Л. Я. Мунтян. – Кривой Рог : Изд. Р. А. Козлов, 2017. – 127 с.
4. Стоецкий В.Ф., Голинько В.И., Дранишников Л.В. Оценка риска при авариях техногенного характера //Науковий вісник НГУ, 2014, №3, с.117-124.
5. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде [Текст] / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – К. : Наук. думка, 1997. – 368 с.
6. Anthony Michael Barret (2009), “Mathematical Modeling and Decision Analysis for Terrorism Defense: Assessing Chlorine Truck Attack Consequence and Countermeasure Cost Effectivness. Dissertation” (Pittsburg, Pennsylvania, USA), 123p.
7. Biliaiev, M. (2012), “Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography”, *Air Pollution Modeling and its Application XXI (Springer)*. – P. 87-91.
8. “Guidance on safety Risk Assessment for Chemical Transport Operations”, *The European Chemical Industry Council. Cefic. October 2013*. – Access mode: [http:// www.cefic.org](http://www.cefic.org), free.
9. John S. Nasstrom, Gayle Sugiyama, Ronald L. Baskett, Shawn C. Larsen and Michael M. Bradley (2007), “The National Atmospheric Release Advisory Center (NARAC) Modeling and Decision Supports System for Radiological and NUCLEAR Emergency Preparedness and Response” (*Int. J. Emergency Management*), no. 3, vol. 4, pp. 1-32.

REFERENCES

1. Alymov V.T. and Tarasova N.P. *Tekhnogennyy risk: Analiz i otsenka* [Technogenic risk: Analysis and evaluation]. *Uchebnoye posobiye dlia vuzov* [A manual for higher education institutions]. Moscow: IKTS «Akademkniga», 2004, 118 p. (in Russian).
2. Belyaev N.N., Gunko E.Yu. and Rostochilo N. V. *Zashchita zdaniy ot proniknoveniia v nikh opasnykh veshchestv* [Protection of buildings from the penetration of hazardous substances into them]. *Monografiya* [Monograph]. Dnepropetrovsk: «Aktcent PP», 2014, 136 p. (in Russian).
3. Belyaev N.N., Gun'ko E.Yu., Kirichenko P.S. and Muntian L.Ya. *Otsenka tekhnogennoho riska pri emissii opasnykh veshchestv na zheleznodorozhnom transporte* [Assessment of man-made risk in the emission of hazardous substances in railway transport]. Krivoy Rog: Kozlov R.A. Publ., 2017, 127 p. (in Russian).
4. Stoyetskiy V.F., Golin'ko V.I. and Dranishnikov L.V. *Otsenka riska pri avariiakh tekhnogennoho kharaktera* [Risk assessment for accidents of anthropogenic nature]. *Naukovyi visnyk NHU* [Scientific bulletin of NMU]. 2014, no. 3, pp. 117-1124. (in Russian).
5. Zgurovskiy M.Z., Skopetskiy V.V., Khrushch V.K. and Belyaev N.N. *Chislennoye modelirovaniye rasprostraneniia zagryazneniia v okruzhayushchey srede* [Numerical modeling of pollution spreading in the environment]. Kyiv: Naukova dumka Publ., 1997, 368 p. (in Russian).
6. Anthony Michael Barret (2009), “*Mathematical Modeling and Decision Analysis for Terrorism Defense: Assessing Chlorine Truck Attack Consequence and Countermeasure Cost Effectivness. Dissertation*” (Pittsburg, Pennsylvania, USA), 123p.
7. Biliaiev, M. (2012), “Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography”, *Air Pollution Modeling and its Application XXI (Springer)*. – P. 87-91.
8. “*Guidance on safety Risk Assessment for Chemical Transport Operations*”, *The European Chemical Industry Council. Cefic. October 2013*. – Access mode: [http:// www.cefic.org](http://www.cefic.org), free.
9. John S. Nasstrom, Gayle Sugiyama, Ronald L. Baskett, Shawn C. Larsen and Michael M. Bradley (2007), “*The National Atmospheric Release Advisory Center (NARAC) Modeling and Decision Supports System for Radiological and NUCLEAR Emergency Preparedness and Response*” (*Int. J. Emergency Management*), no. 3, vol. 4, pp. 1-32.