

<i>Мокроусова О.А.</i> ИГРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ МАГИСТРАНТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ», ПРОФИЛЬ «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»	129
<i>Муханов М.С., Ашкен Э.М., Иманжанов Д.Ш., Щелконогов А.С.</i> ОПЕРАТИВНОЕ РЕАГИРОВАНИЕ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НА ПОЖАРЫ	133
<i>Новак М.В., Литовченко Д.В., Безуглов О.Е.</i> СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫМИ МЕРОПРИЯТИЯМИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ	135
<i>Нужная К.С., Дуреев В.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ТРЕНАЖЕРА ПРИ ПОДГОТОВКЕ МАГИСТРОВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	138
<i>Нұрдаулет А.Е., Жаулыбаев А.А.</i> МҰНАЙДЫҢ АВАРИЯЛЫҚ ТӨГІЛУІ: ОҚШАУЛАУ ҚҰРАЛДАРЫ ЖӘНЕ ЖОЮ ӘДІСТЕРІ	142
<i>Нуркулов Ф.Н., Эркаев А.М., Сиддиков И.И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭПОКСИДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ И ИХ КОМПОЗИТЫ В ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ	146
<i>Нурмагомедов Т.Н.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАЗМЫВА ОСНОВАНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	149
<i>Орынбасар Б., Нұрғалиева С.Т.</i> ЖОҒАРҒЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫНДА ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БІЛІМ БЕРУДІҢ БАСТЫ МІНДЕТТЕРІ	153
<i>Оспанова Э.С., Жумагулова А.А.</i> МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	156
<i>Остапов К.М., Котолевец Д.И., Мишина В.О.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ	160
<i>Остапов К.М., Попов Е.В., Подберезна О.С.</i> НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЕМ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЯХ	162
<i>Парамонов М.С., Кайбичев И.А.</i> ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О ВРЕМЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ МАТЕРИАЛЬНОГО УЩЕРБА ОТ ПОЖАРОВ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	166
<i>Подберезна О.С., Ищук В.М.</i> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ МЕСТНЫХ ПОЖАРНЫХ КОМАНД	171
<i>Поливанов А.Г.</i> АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ ДОСТАВКИ ОГNETУШАЩИХ СРЕДСТВ	173
<i>Пономарев А.И., Рыбаков А.В., Мурадисова З.Ф., Арифджанов С.Б.</i> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АДЪЮНКТУРЕ (АСПИРАНТУРЕ) АКАДЕМИИ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ МЧС РОССИИ	174
<i>Попов Е.В., Бородич П.Ю.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗОЛИРУЮЩИХ АППАРАТОВ РАЗНОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ	187
<i>Поспелов Б.Б., Андронов В.А., Рыбка Е.А., Мелещенко Р.Г., Мельниченко А.С.</i> ОПЕРАТИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ АТМОСФЕРУ	188
<i>Прошина О.М.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ СОТРУДНИКОВ И ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГОРОДА МОСКВЫ	192
<i>Рагимов С.Ю., Руденко С.Ю.</i> СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ	195

Отмечено, что специализированные подразделения для тушения затяжных пожаров, проведения продолжительных поисковых и спасательных работ в непригодной для дыхания среде должны иметь на вооружении регенеративные дыхательные аппараты. Учитывая незначительную разницу в массе таких аппаратов при существенном отличии во времени защитного действия, можно рекомендовать выбор последних с временем защитного действия не менее четырех часов.

Поскольку в ходе учений дежурный персонал станции непосредственно занимался эвакуацией пассажиров в течение первых двадцати минут, то, учитывая возможность увеличения продолжительности этого времени в реальных условиях, сотрудников метрополитена (как персонал станций, так машинистов в составе) целесообразно оснастить индивидуальными аппаратами на химически связанном кислороде с временем защитного действия не менее 40 минут. Для эвакуации, при необходимости, отдельных пассажиров можно использовать аналогичные аппараты с временем защитного действия порядка 20 минут.

#### Литература

1. Стрелец В.М. Закономерности работы спасателей в изолирующих аппаратах при проведении работ на станциях метрополитена / В.М. Стрелец, П.Ю. Бородич // Проблемы чрезвычайных ситуаций. Сб. науч. тр. АПБ Украины. – вып. 3. – Харьков: АГЗУ, 2006. – с. 48–57. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до джерела: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/>

*Б.Б. Поспелов, д.т.н., профессор, В.А. Андронов, д.т.н., профессор*

*Е.А. Рыбка, д.т.н., Р.Г. Мелещенко, к.т.н.*

*А.С. Мельниченко, магистрант*

*Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков*

#### **ОПЕРАТИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ АТМОСФЕРУ**

Интенсивное развитие объектов энергетики, промышленности и транспорта неизбежно сопровождается увеличением числа чрезвычайных ситуаций (ЧС). Последствия ЧС на указанных объектах обычно связано с загрязнением окружающей среды. Наиболее опасными являются загрязнения атмосферы. В связи с этим оценка влияния ЧС на окружающую атмосферу является одной из важных проблем современности.

В условиях ЧС интенсивность загрязнения атмосферы вредными веществами существенно возрастает и зависит от их концентрации, состояния атмосферы и ряда других факторов. Газообразные загрязнения ЧС могут содержать десятки тысяч химических веществ, соединений и элементов, более

двухсот из которых являются высокотоксичными и ядовитыми. Они могут приводить к немедленной смерти или тяжелым и опасным заболеваниям персонала и населения. Известно, что наибольшую опасность представляют крупные аварии и катастрофы на объектах критической инфраструктуры, а также стихийные и экологические бедствия. Процессы воздействия загрязнений ЧС на атмосферу в силу их сложности, не могут быть описаны и смоделированы с достаточной точностью. Загрязненная в условиях ЧС атмосфера представляет собой сложную динамическую систему, демонстрирующую диссипативность структуры, нелинейную динамику, элементы самоорганизации и хаоса. В таких системах традиционные методы не позволяют выявлять сложные связи между элементами, поскольку базируются на линейности, которые обычно нарушаются [1]. При этом оценка сложной динамики состояния загрязнения атмосферы в ЧС имеет первостепенное значение для эффективного управления ликвидацией последствий с целью недопущения ее опасных состояний [2]. В силу сложности и нелинейности реальных процессов для корректного решения проблемы оценивания влияния ЧС на атмосферный воздух необходимо использовать нелинейные методы [3]. Важными при этом являются методы рекуррентных диаграмм (RP), основанные на визуализации траекторий сложных динамических систем в соответствующем фазовом пространстве [4]. В настоящее время особое внимание уделяется изучению динамики сложных систем на основе мер рекуррентности состояний (РС). Однако известные меры РС остаются достаточно сложными для применения и не в полной мере подходят для конструктивного решения рассматриваемой проблемы. Объясняется это ограниченными возможностями RP и мер РС в динамических условиях. Поэтому важной и нерешенной частью проблемы оценки влияния ЧС на окружающую атмосферу является разработка оперативного метода, вычисления мер РС загрязнений атмосферного воздуха.

Целью работы является разработка оперативного метода оценки влияния ЧС на окружающую атмосферу, базирующегося на РС.

Под состоянием атмосферных загрязнений в ЧС будем понимать наблюдаемые непосредственно или ненаблюдаемые, но восстановленные по одномерному ряду наблюдений [5], переменные состояния. Пусть наблюдения производятся в дискретные моменты времени. Тогда измерительная информация в произвольный момент времени  $i$  может быть представлена  $m$ -мерным вектором данных текущих концентраций загрязнений атмосферы:

$$\bar{z}_i = \bar{d}_i + \bar{\Delta}_i, \quad i = 0, 1, 2, \dots, N_s - 1, \quad (1)$$

где  $\bar{d}_i$  – вектор истинных, но не известных, текущих концентраций загрязнений атмосферы;  $\bar{\Delta}_i$  – вектор неизвестных текущих возмущений;  $N_s$  – максимальное число наблюдений (длина выборки дискретных данных – длина временного ряда). В рассматриваемом случае при конечном  $N_s$  применение метода RP позволяет отображать траектории (1) в  $m$ -мерном фазовом пространстве на двумерную двоичную матрицу  $N_s \times N_s$ . При этом единичный

элемент полученной матрицы для моментов  $i$  и  $j$  будет соответствовать РС концентрации загрязнений (1). Координатные оси RP будут соответствовать осям дискретного времени наблюдения. Следуя [6–7], RP можно представить в виде:

$$R^{m,\varepsilon}_{i,j} = \Theta(\varepsilon - \|\bar{z}_i - \bar{z}_j\|), \quad \bar{z}_i \in \Omega^m, \quad i, j = 1, 2, \dots, N_s, \quad (2)$$

где  $\Theta(*)$  – функция Хевисайда;  $\varepsilon$  – размер окрестности состояния  $\bar{z}_i$  в момент времени  $i$ , а  $\|\cdot\|$  – знак определения нормы. В случае ЧС на основе (2) требуется вычислять матрицу  $R^{m,\varepsilon}_{i,j}$  для каждого момента  $i$  и  $j$  в реальном времени наблюдения. При этом величина  $N_s$  не фиксируется, а принимает значения 1, 2, 3... и т.д. Поскольку матрица  $R^{m,\varepsilon}_{i,j}$  симметрична относительно диагонали  $i=j$ , вместо (2) можно ограничиться вычислением нижней треугольной части этой матрицы, определяемой

$$RM^{m,\varepsilon}_{i,j} = \Theta(\varepsilon - \|\bar{z}_i - \bar{z}_j\|), \quad \text{при } \bar{z}_i \in \Omega^m, \quad i \neq j, i \geq j, \quad i, j = 1, 2, \dots \quad (3)$$

В большинстве случаев известные меры, основанные на (2), обладают недостаточной оперативностью и оказываются недостаточно чувствительными к особенностям текущей динамики состояний загрязнения атмосферы в условиях ЧС. Это ограничивает их применение для оценки влияния ЧС на окружающую атмосферу. Поэтому предлагается с учетом (3) использовать модифицированную меру РС, определяемую функционалом от величины  $\varepsilon$  и текущего момента времени  $i$ , следующего вида:

$$M_1(\varepsilon, i) = \frac{1}{i+1} \sum_{k=0}^i RM^{m,\varepsilon}_{i,k}, \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

Мера РС (4) позволяет в отличие от известных мер, определять плотность точек РС в текущем времени  $i$  для фиксированного размера  $\varepsilon$  окрестности наблюдаемых состояний  $\bar{z}_i$ . Поэтому эта мера позволяет оценивать текущее влияние ЧС на окружающую атмосферу и осуществлять прогноз о тенденциях изменения концентрации загрязнений в атмосферном воздухе, обусловленных ЧС. По величине текущей РС (4) можно оценивать ламинарные состояния атмосферы – характерные индикаторы опасных концентраций атмосферных загрязнений при ЧС. Выявляя такие состояния возможно косвенно прогнозировать рост концентраций атмосферных загрязнений в зоне ЧС.

Таким образом, предлагаемый метод оценки влияния ЧС на окружающую атмосферу базируется на модифицированном представлении RP (3) и последующем использовании меры РС (4). По текущей мере РС (4) на основе выявления состояний атмосферных загрязнений в условиях ЧС можно оперативно определять и прогнозировать появление опасных уровней загрязнений атмосферы. По результатам такого прогноза можно эффективно управлять текущим процессом ликвидации последствий ЧС с целью

недопущения опасных загрязнений атмосферы, приводящим к экологическим катастрофам.

Новый научный результат состоит в использовании модифицированной рекуррентной диаграммы и меры РС загрязнений окружающей атмосферы в реальном времени наблюдения. Отличительной особенностью является использование меры РС, являющейся усреднением текущих значений RP в динамическом окне нарастающей в реальном времени наблюдения ширины. Метод позволяет оперативно выявлять не только явные, но и скрытые опасные ситуации загрязнения атмосферы в условиях ЧС на объектах критической инфраструктуры. С целью проверки разработанного оперативного метода оценки влияния ЧС на окружающую атмосферу проводился натурный эксперимент на примере оценки загрязнения атмосферы одним из химических предприятий Украины входе его повседневной деятельности. В качестве опасного загрязнителя атмосферного воздуха в зоне предприятия рассматривался формальдегид. Известно, что формальдегид ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) является токсичным газом, негативно воздействующим на центральную нервную систему, генетический материал, кожный покров, репродуктивные органы и т.д. Для измерения концентрации формальдегида в атмосферном воздухе использовался портативный газоанализатор DRÄGER PAC 7000 (Германия).

В ходе эксперимента на основе модифицированного RP установлено, что динамика концентрации формальдегида в атмосферном воздухе в зоне исследуемого предприятия имеет хаотическую структуру. При этом хаотическая структура характеризуется периодической и экстремальной топологиями с резкой их сменой. Показано, что перед началом опасного события, связанного с высоким уровнем выброса формальдегида в окружающую атмосферу имело место высокое значение предлагаемой меры РС, которое затем резко снижалось в момент опасного события до нуля или близкого к нему значения. После этого имело место резкое возрастание меры РС. Показано, что такое поведение меры РС можно использовать в качестве локального предвестника возможных опасных загрязнений атмосферного воздуха как в штатном режиме работы предприятия, так и в случае ЧС, связанных с нарушениями технологического процесса. Наличие высоких значений меры РС загрязнений атмосферы в моменты, предшествующие опасным событиям, позволяют прогнозировать возникновение возможных ЧС на объектах и осуществлять оперативное управление ими, с целью недопущения экологических катастроф и высоких уровней загрязнений в ходе ликвидации ЧС. Экспериментально установлено, что наиболее предпочтительными с точки зрения выявления опасных загрязнений атмосферы и оценки влияния ЧС на окружающую атмосферу, базирующейся на предложенных мерах РС, являются размеры окрестности  $\epsilon$  для концентраций формальдегида от 0,5 до 2,7 ПДК.

Таким образом, разработан оперативный метод оценки влияния ЧС на окружающую атмосферу, базирующийся на предложенной мере РС, а также экспериментально подтверждена его работоспособность.

## Литература

1. Pascual M., Ellner S. P. Linking ecological patterns to environmental forcing via nonlinear time series models // Ecology. 2000. V. 81(10). P. 2767–2780.
2. Parrott L. Analysis of simulated long-term ecosystem dynamics using visual recurrence analysis // Ecological Complexity. - 2004. - V. 1(2). - P. 111–125.
3. Kantz H., Schreiber T. Nonlinear time series analysis // Cambridge University Press. - 2003. - 365p.
4. Webber Jr. C. L., Zbilut J. P. Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences. - 2005. - 26 p.
5. Packard N. H., Crutchfield J. P., Farmer J. D., Shaw R. S. Geometry from a time series // Phys. Rev. Lett. 1980. № 45. P. 712–716.
6. Mandelbrot B. Fraktalnaya geometriya prirody // Institut kompyuternyih issledovaniy. - 2002. - V. 656. - P. 12.
7. Pospelov B., Andronov V., Rybka E., Meleshchenko R., Gornostal S. Analysis of correlation dimensionality of the state of gaseous medium at the early ignition of materials // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2018. - V. 5 (95). № 9. - P. 34–40.
8. Pospelov B., Andronov V., Rybka E., Meleshchenko R., Borodych P. Studying the recurrent diagrams of carbon monoxide concentration at early ignitions in premises // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2018. - V. 3 (93). №9. - P. 34–40.

*О.М. Прошина, адъюнкт*

*Академия Государственной противопожарной службы МЧС России*

### **ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ СОТРУДНИКОВ И ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГОРОДА МОСКВЫ**

Обучение гражданской защите сотрудников образовательных комплексов города Москвы должно проводиться с целью получения знаний по защите сотрудников, персонала, обучающихся от природных или техногенных факторов, а также опасностей, возникающих вследствие военных действий. Главными задачами гражданской защиты в образовательном комплексе являются:

- защита обучающихся и сотрудников учреждения от воздействия современных средств поражения;
- обучение обучающихся и сотрудников методам защиты от опасностей, которые возникают вследствие боевых действий;
- создание системы оповещения о чрезвычайных ситуациях;
- организация эвакуации людей и материальных ценностей;