

## УДК 621.03.9

*Б. Б. Поспелов, д.т.н., професор, ведучий н.с. (ORCID 0000-0002-0957-3839)*

*Е. А. Рыбка, д.т.н., ст. исслед., зам. нач. центра – нач. отд. (ORCID 0000-0002-5396-5151)*

*Р. Г. Мелещенко, к.т.н., доц. каф. (ORCID 0000-0001-5411-2030)*

*М. А. Самойлов, адъюнкт адъюнктуры (ORCID 0000-0002-8924-7944)*

*П. Ю. Бородич, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0001-9933-8498)*

*А. А. Мироненко, курсант (ORCID 0000-0003-0060-4229)*

*Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков, Украина*

## **РИСК НАРУШЕНИЕ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Выполнен анализ существующей в Украине классификации чрезвычайных ситуаций вследствие загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами, сверх предельно допустимых концентраций. Установлено, что признаки наличия таких чрезвычайных ситуаций определяются заданными уровнями превышения предельно допустимых концентраций с учетом времени их действия. Классификационные признаки ограничиваются пороговыми дозами вредных веществ без учета их опасности. Пороговые дозы, указанные в принятой классификации чрезвычайных ситуаций, не дают никакой информации о том, насколько оказывают влияние атмосферные загрязнения на жизнедеятельность и здоровье человека. Произведена оценка риска здоровью, наносимого загрязнениями атмосферного воздуха. Выполнено сравнение полученного риска для установленных признаков классификации чрезвычайных ситуаций вследствие наличия в атмосферном воздухе загрязняющих веществ, превышающих предельно допустимые концентрации. Для расчета риска предложено соотношение, отличающееся от известных выражений использованием максимальной разовой концентрации, позволяющей определять риск нарушения жизнедеятельности и здоровья для индивидуума с учетом временных параметров признаков классификации. Результаты оценки риска свидетельствуют, что при нормативных признаках классификации риск нарушения жизнедеятельности и здоровья для индивидуума на порядок и более превышает уровень недопустимого индивидуального риска, принятого в мировой практике. Это означает, что принятые нормативные признаки оказываются существенно завышенными с точки зрения риска жизнедеятельности и здоровья человека, а принятая классификация чрезвычайных ситуаций не является достоверной. С целью обеспечения достоверной классификации чрезвычайных ситуаций вследствие наличия в атмосферном воздухе загрязняющих веществ предлагается учитывать класс опасности и тип веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Кроме этого существующие признаки наличия чрезвычайной ситуации должны дополнены и величиной риска нарушения жизнедеятельности и здоровья человека.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, атмосферное загрязнение, риск нарушения жизнедеятельности, здоровье человека, максимальная разовая предельно допустимая концентрация

### **1. Введение**

Мировой опыт в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС) свидетельствует о том, что затраты на мероприятия по предотвращению ЧС оказываются значительно ниже затрат на восстановление наносимого ими ущерба. Предотвращение ЧС обычно реализуется заблаговременным проведением комплекса мероприятий (превентивных мер). Главные из них направлены на снижение риска возникновения ЧС, сохранение условий жизнедеятельности людей, а также уменьшение ущерба окружающей среде. Однако процессы в техногенной сфере (объекты энергетики, промышленности, транспорта и др.) неизбежно приводят к риску возникновения ЧС и нарушения нормальных условий жизнедеятельности населения. По данным

многолетнего мирового мониторинга, количество выбрасываемых в атмосферу вредных химических соединений и веществ объектами технической сферы удваивается примерно каждые десять лет. При этом указанная статистика не учитывает аварии и ЧС, в случае возникновения которых загрязнение атмосферного воздуха возрастает многократно. Поэтому исследование нарушения нормальных условий жизнедеятельности в случае возникновения ЧС вследствие наличия в воздухе загрязняющих веществ является одной из актуальных проблем на современном этапе.

## **2. Анализ литературных данных и постановка проблемы**

Известно, что большинство объектов технической сферы систематически загрязняют множеством опасных веществ не только атмосферный воздух, но и прилегающие территории. При этом многие катастрофические загрязнения обусловлены ЧС и авариями на объектах. ЧС, например, могут иметь место и в результате резкого изменения погоды или климата в результате антропогенной деятельности, приводящих к превышению предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных примесей в воздухе. Такие изменения могут вызываться из-за температурной инверсии над городами, «кислородного» голода в городах, образования обширной зоны кислотных осадков, разрушения озонового слоя атмосферы, значительного изменения прозрачности атмосферы и др. факторов. Атмосферные загрязнения не имеют территориальных границ и часто могут являться источником ЧС как мгновенного, так и отсроченного срока воздействия на человека. Наибольшую опасность для жизнедеятельности человека и окружающей природной среды представляют загрязнения воздуха такими веществами, как оксиды азота и углерода, альдегиды, формальдегиды, семейством полициклических углеводородов и другими ароматическими соединениями, относящимися к отравляющим веществам [1].

Следует заметить, что по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), уровни загрязнения атмосферного воздуха (ЗВ) превышают рекомендуемые ПДК для 92% населения мира [2], и по сравнению со всеми другими загрязнениями окружающей среды (например, воды и почвы), ЗВ вызывает самое большое количество смертей [3]. В [1] отмечается, что из-за изменения климата, увеличения общей загрязненности воздуха и роста новых технологий в промышленности существенно возрастают вероятности появления ЧС. В этой связи, снижение риска опасного ЗВ является особо актуальной проблемой. В данной работе указывается, что для снижения смертности от ЗВ необходима разработка надежной системы классификации ЧС. Обоснованность и приемлемость классификации ЧС рассматривается в [4]. В этой работе приведен обзор принятых классификаций ЧС в США, РФ, Китае, Нидерландах, Германии и Сербии. При этом отмечается, что в настоящее время не существует общепринятого определения и классификации ЧС. Что касается международной классификации, то наиболее принятой и цитируемой является классификация ЧС, предлагаемая CRED (Center for Research on the Epidemiology of Disasters). Данная организация по изучению эпидемиологических катастроф годами пыталась принять международное определение и классификацию ЧС. Это означает, что многочисленные классификации ЧС отражают специфику страны их происхождения. При этом отмечается, что обоснованность и приемлемость классификации ЧС может быть обеспечена добавлением к признакам

существующих классификаций критерия последствий. Это приводит к более сложной типологии ЧС, которая представляет собой практический объективный признак классификации ЧС. В качестве критериев последствий ЧС, связанных с ЗВ, могут использоваться оценки долгосрочного и краткосрочного риска нежелательного воздействия на жизнедеятельность человека, включая его смерть. Так в [5] предлагается новая система индекса загрязнения воздуха (API), основанная на относительном риске повышения суточной смертности, связанной с краткосрочным воздействием традиционного типа загрязнителей воздуха. При этом многие отечественные и зарубежные исследователи отмечают ведущую этиологическую роль ЗВ во влиянии на здоровье и качество жизни населения по отношению к другим объектам окружающей среды [6, 7].

В [8] предлагается метод оценки риска негативного воздействия на жизнедеятельность при аварийных загрязнениях, базирующийся на сочетании технологии CFD (computational fluid dynamics) и оценки риска, основанного на реакциях доза-эффект. Однако применение данного метода сопряжено с большим объемом необходимой априорной информации локального характера, которая в реальных условиях обычно не известна, а также может меняться во времени. По этой причине данный метод не позволяет использовать его для достоверного оперативного выявления ЧС, связанных с риском нарушения жизнедеятельности в различных регионах. Оценка воздействия кратковременных загрязнений воздуха рассмотрена в [9]. В качестве базовых для оценки использовались модели рассеяния на основе GIS (geographical information system), интерполяции, модели регрессии и оптимизации.

Для оценки последствий воздействия ЗВ на жизнедеятельность человека, в настоящее время используются два основных подхода. Первый – базируется на количественном определении концентрации загрязнителей воздуха. Второй – на методах оценки риска негативного воздействия на человека, наносимого ЗВ [10]. В [11] рассматривается метод учета динамики активности источников ЗВ на жизнедеятельность населения. При этом исследование ограничивается только рассмотрением твердых частиц загрязнений воздуха. Другие характерные типы загрязнителей и их комбинированное влияние не рассматриваются. Исследование [12] посвящено проблеме оценки влияния низких концентраций загрязнителей воздуха. В [12] отмечается, что низкие концентрации загрязнителей могут быть связаны со значительным риском нарушения жизнедеятельности человека, а их пиковые концентрации – даже с риском смерти [13].

Таким образом, из приведенного анализа следует, что в настоящее время антропогенное ЗВ является одной из самых больших опасностей для жизнедеятельности и здоровья населения во всем мире. Следуя данным WHO (World Health Organization), ЗВ вызывают около 9 миллионов смертей в год [14]. Отмечается, что атмосферные загрязнения и изменение климата часто могут являться источником ЧС как мгновенного, так и отсроченного срока влияния на жизнедеятельность человека, включая и его смерть. Известные классификации ЧС при этом не являются универсальными, поскольку отражают особенности условий тех стран, в которых они возникают. В силу особой опасности для жизнедеятельности человека ЧС вследствие ЗВ, возникает необходимость в развитии известных классификаций с целью обеспечения достоверного выявления указанных ЧС. При этом развитие принятых классификаций ЧС должно базироваться на дополнительном учете в известных классификациях последствий

для жизнедеятельности индивидуума. Однако большая часть известных публикаций посвящена лишь исследованию последствий для жизнедеятельности индивидуума или групп населения, проживающих в различных районах стран с учетом их демографических, социальных и экономических особенностей. Связь последствий для жизнедеятельности человека загрязнений воздуха с принятыми классификационными критериями ЧС практически не рассматривается.

Поэтому важной и нерешенной частью рассматриваемой проблемы является развитие существующих классификаций ЧС вследствие ЗВ на основе учета их последствий для индивидуума, оцениваемого риском нарушения нормальных условий жизнедеятельности.

### **3. Цель и задачи исследования**

Целью работы является развитие принятой в Украине классификации чрезвычайных ситуаций вследствие наличия в атмосферном воздухе вредных веществ, принадлежащих различным классам опасности, сверх предельно допустимых концентраций на основе оценки индивидуального риска нарушения жизнедеятельности.

Для достижения цели работы были поставлены задачи:

- выполнить анализ существующей в Украине классификации чрезвычайных ситуаций вследствие загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами;
- оценить риск здоровью, наносимый загрязнениями атмосферного воздуха, и сравнить его с установленными в Украине признаками чрезвычайных ситуаций вследствие наличия в атмосферном воздухе загрязняющих веществ, превышающих предельно допустимые концентрации.

### **4. Анализ классификации чрезвычайных ситуаций в Украине вследствие загрязнения атмосферного воздуха**

Каждая ЧС и ее характеристики имеют свои причины возникновения, уникальный сценарий, влияние на людей и окружающую среду, масштабы и тяжесть последствий. Это означает, что в общем случае ЧС можно классифицировать по многочисленным признакам, учитывая рассмотрение этих сложных явлений с разных точек зрения. Так, например, классификационные признаки ЧС в Украине утверждены Приказом МВД от 06.08.2018 года. Следуя данному документу, признаками наличия ЧС вследствие превышения выбросов в атмосферный воздух содержания загрязняющих веществ, сверх ПДК определены три признака: 1 – превышение ПДК в 20–29 раз длительностью свыше 24 часов; 2 – превышение ПДК в 30–49 раз длительностью свыше 8 часов; 3 – превышение ПДК в 50 и более раз. Обычно под ПДК принято понимать такую концентрацию химического соединения, которая при ежедневном воздействии на человеческий организм в течение длительного времени не вызовет у него каких-либо заболеваний или патологических изменений, обнаруживаемых современными методами исследования, а также не нарушит биологического оптимума для человека. При установлении ПДК веществ в воздушном бассейне населенных мест или в воздухе рабочей зоны ориентируются на токсикологический показатель вредности или рефлекторную реакцию организма [15].

Обычно ПДК устанавливались из расчёта, что существует некое предельное значение вредного фактора, ниже которого пребывание в данной зоне совершенно безопасно. Поэтому значения ПДК, устанавливаемые на основании

экспериментальных данных о токсичности и других обстоятельствах, не одинаковы в разных странах и периодически пересматриваются. Для определения значений ПДК используют расчётные методы, результаты биологических экспериментов, а также материалы динамических наблюдений за состоянием здоровья лиц, подвергшихся воздействию вредных веществ. В США, например, для установления ПДК рабочей зоны для пыли в угольных шахтах использовали анализ многочисленных исследований профессиональной заболеваемости и смертности шахтёров. Это побудило ужесточение значения ПДК и контроля за их выполнением [16].

С целью предотвращения рефлекторных реакций и острых отравлений у человека при кратковременном воздействии вредных веществ в атмосферном воздухе используются максимальные разовые ПДК (ПДК<sub>мр</sub>). При этом для предупреждения общего токсического, канцерогенного, мутагенного и сенсибилизирующего действия вещества на организм человека с учетом его накопления в организме и развития хронической интоксикации обычно используются среднесуточные ПДК (ПДК<sub>сс</sub>). Данная концентрация загрязнителя не должна оказывать прямого или косвенного вредного воздействия на организм человека в условиях неопределённо долгого круглосуточного вдыхания. Следует заметить, что указанные виды ПДК определяются для конкретных загрязняющих веществ, которые могут относиться к различным классам опасности и оказывать различное воздействие на человека.

Таким образом, из анализа классификационных признаков следует, что наличие ЧС вследствие превышения выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ, сверх ПДК, определяется заданными значениями превышения ПДК с учетом времени их действия. Это означает, что принятые классификационные признаки ограничиваются заданными пороговыми дозами вредных веществ в атмосферном воздухе без учета их опасности. При этом не совсем ясно, какие типы ПДК должны использоваться в принятых признаках для принятия решения о наличии ЧС. Кроме этого пороговые дозы, указанные в принятой классификации ЧС, не дают никакой информации о том, насколько оказывают влияние атмосферные загрязнения на жизнедеятельность человека. При этом указанные признаки ЧС не учитывают индивидуальные риски с учетом принятых в мире классов опасности вредных веществ в загрязненном атмосферном воздухе.

## **5. Оценка и сравнение риска здоровью с установленными признаками чрезвычайных ситуаций**

Для определения критериев оценки риска здоровью населения чаще всего используют систему критериев приемлемого риска [17]. Однако современные представления об общих уровнях приемлемого индивидуального риска имеют некоторые отличия. Так в соответствии с концепцией приемлемого риска различают:

– зону приемлемого риска, где допустимое для населения значение индивидуального риска от любой формы деятельности не должно превышать величину  $10^{-6}$  смертей на одного человека в год. Эту зону представляют маловероятные события. Уровень приемлемого риска в основном связан со стихийными природными явлениями и ЧС, избавиться от которых невозможно, вследствие чего их вынуждены принимать как условия своего существования на Земле (согласно данным статистики индивидуальный риск летального исхода при

эксплуатации многих технических систем существует на уровне  $10^{-7}$ );

– переходную зону от недопустимого риска (менее  $10^{-3}$ ) к зоне приемлемого риска (более  $10^{-6}$ ). В эту зону входят многочисленные, весьма распространенные виды деятельности и опасные события;

– зону неприемлемого риска, где при вероятности более  $10^{-3}$  сосредоточены наиболее вероятные причины, по которым погибает подавляющее большинство людей. Существование факторов опасности с вероятностью более  $10^{-3}$  существенно увеличивает вероятность смерти людей от внешних причин.

В мировой практике защиты населения от атмосферных загрязнений принят подход, основанный на рисках здоровью. Следуя данному подходу, ЗВ оценивают рисками хронического и мгновенного действия. При этом риск хронического действия основывается на ПДК<sub>сс</sub> в течение достаточно длительного воздействия (годы) концентраций одного из загрязнителей воздуха. Это означает, что величина данного риска здоровью и нарушения жизнедеятельности индивидуума не может быть использована в качестве дополняющего известные признаки учетом влияния заданных доз выявления рассматриваемого типа ЧС. Для оценки риска здоровью для установленных при классификации ЧС доз вредных веществ необходимо использовать ПДК<sub>мр</sub>, которые связаны с короткими интервалами воздействия концентраций загрязнителей воздуха на человека. Это позволит на основе сравнения величины указанного риска с принятыми в международной практике уровнями индивидуального риска оценить вред здоровью, наносимый атмосферными загрязнителями, принадлежащими к различным классам опасности. Величина данного риска для среднестатистического индивидуума, следуя [18], будет определяться выражением вида:

$$Ri_3 = 1 - \exp \left[ -0,174 \cdot \left( \frac{C}{\text{ПДК}_{\text{сс}} \cdot K} \right)^\beta \cdot t \right]. \quad (1)$$

Числовые значения параметров  $\beta$  и  $K$  в выражении (1) определяются обычно на основе специальных токсикологических исследований свойств загрязнителей, принадлежащих различным классам опасности. При этом принято различать четыре класса опасности: чрезвычайно опасные, высоко опасные, умеренно опасные и малоопасные. Риск (1) определяет вероятность летального исхода (заболевания) для человека, находящего в условиях ЗВ вредным веществом концентрации  $C$  в течение времени  $t$ . Следуя выражению (1), риск зависит не только от текущей концентрации конкретного загрязнителя, но и от времени воздействия концентрации – воздействующей дозы принятой при классификации ЧС. Это позволяет для каждой дозы указать соответствующий риск здоровью человека и тем самым повысить достоверность классификации рассматриваемого типа ЧС.

В качестве примера на рис. 1 приведены зависимости риска (1) от величины превышения текущими концентрациями двуокиси азота, формальдегида и аммиака (кривые красного и синего цвета, а также пунктирная кривая) соответствующих значений ПДК<sub>мр</sub>. Там же показана величина превышения, определяемая 50 ПДК<sub>мр</sub> и соответствующая третьему признаку наличия ЧС вследствие вредных веществ в атмосферном воздухе.

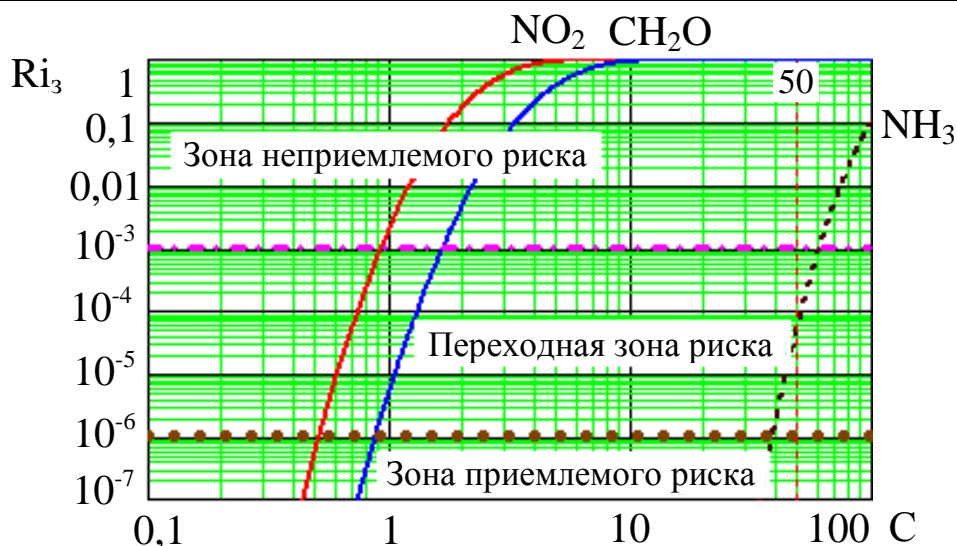


Рис. 1. Зависимость риска (1) от превышения текущими концентрациями двуокиси азота, формальдегида и аммиака, соответствующих значений ПДК<sub>мр</sub> в атмосферном воздухе

Для оценки риска, соответствующего принятым нормативным признакам классификации ЧС с учетом ограниченного времени воздействия (24 часа и 8 часов), проводились исследования зависимости риска (1) от текущих значений концентрации вредных веществ, которые относятся к различным классам опасности. В качестве примера на рис. 2 и рис. 3 изображены зависимости риска (1) от величины превышения концентрациями веществ соответствующих значений ПДК<sub>мр</sub> для двуокиси азота, формальдегида и аммиака в атмосферном воздухе в течение 24 и 8 часов соответственно. Также на рис. 2 и рис. 3 отмечены нормативные признаки 1 и 2 наличия ЧС, характеризуемые соответственно величинами превышения (20–29) ПДК<sub>мр</sub> и (30–40) ПДК<sub>мр</sub> в атмосферном воздухе.

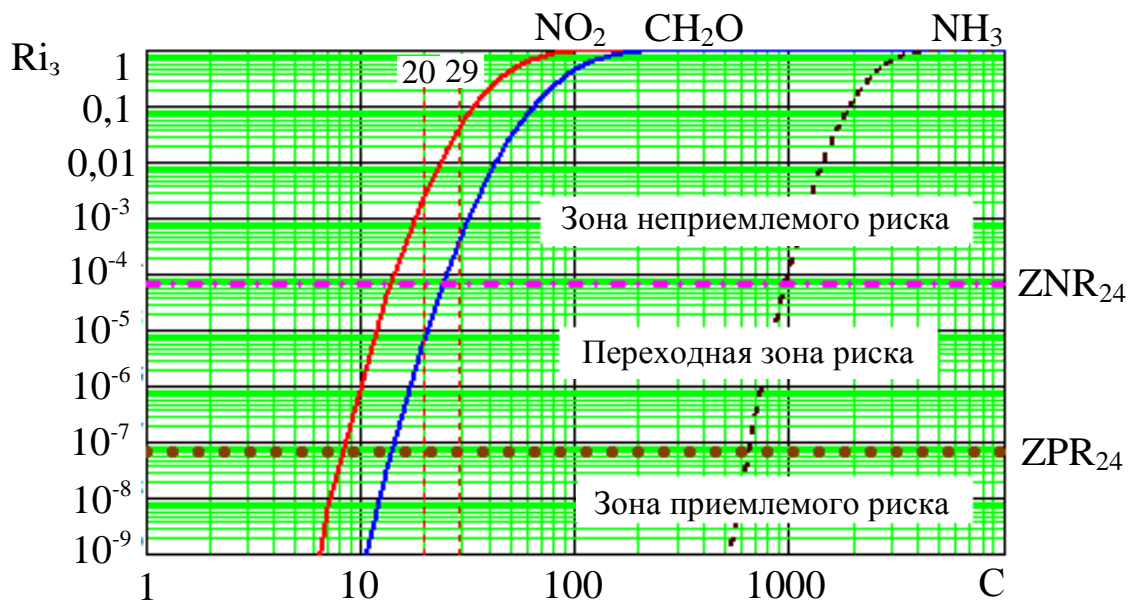


Рис. 2. Зависимость риска (1) от превышения текущими концентрациями двуокиси азота, формальдегида и аммиака, соответствующих значений ПДК<sub>мр</sub> в атмосферном воздухе в течение 24 часов

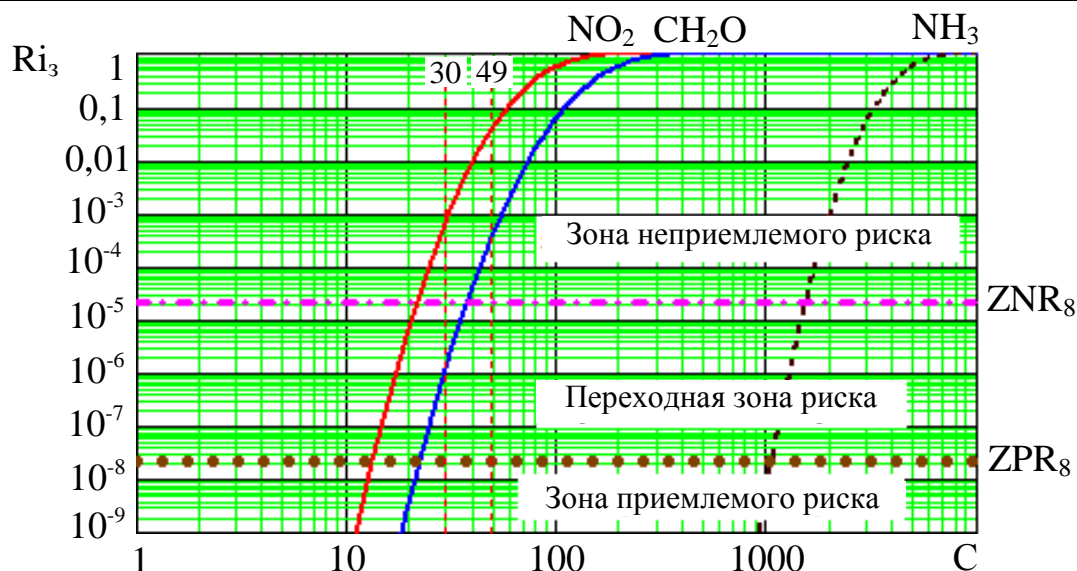


Рис. 3. Зависимость риска (1) от превышения текущими концентрациями двуокиси азота, формальдегида и аммиака, соответствующих значений ПДК<sub>мр</sub> в атмосферном воздухе в течение 8 часов

При этом границы переходной зоны индивидуального риска на рис. 2 и рис. 3 определялись интервалами уровней ( $ZNR_{24} - ZPR_{24}$ ) и ( $ZNR_8 - ZPR_8$ ) для 24 часов и 8 часов соответственно. Конкретные значения границ  $ZNR_{24}$ ,  $ZPR_{24}$  и  $ZNR_8$ ,  $ZPR_8$  определялись на основе пересчета соответствующих границ индивидуального риска для года ( $10^{-3}$  и  $10^{-6}$ ).

## 6. Обсуждение полученных результатов развития классификации чрезвычайных ситуаций вследствие загрязнения воздуха

В ходе выполненного анализа классификационных признаков установлено, что наличие ЧС вследствие превышения выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ, сверх ПДК, определяется заданными значениями превышения ПДК и временем их действия. Это означает, что принятые классификационные признаки ограничиваются пороговыми дозами вредных веществ в атмосферном воздухе без учета их опасности на жизнедеятельность и здоровье человека. При этом не совсем ясно, какие типы ПДК используются в признаках наличия ЧС. Кроме этого пороговые дозы, указанные в принятой классификации ЧС, не дают никакой информации о том, насколько влияют атмосферные загрязнения на жизнедеятельность и здоровье человека. Указанные классификационные признаки рассматриваемого типа ЧС не учитывают индивидуальные риски, принятые в мировой практике, а также классов опасности вредных веществ в загрязненном атмосферном воздухе.

Из приведенных на рис. 1 зависимостей следует, что признаковый уровень превышения концентрациями веществ 50 ПДК в атмосферном воздухе соответствует 100% риску жизнедеятельности и здоровью человека для двуокиси азота и формальдегида. Наличие аммиака в таких концентрациях соответствует переходной зоне индивидуального риска. При этом превышение риском границы недопустимого индивидуального риска для двуокиси азота имеет место при уровне превышения, равном 1, а для формальдегида – менее 10. Следовательно, данный признак наличия ЧС рассматриваемого типа в принятой в Украине классификации ЧС оказывается завышенным в 5 и более раз в зависимости от



класса опасности вещества. Это означает, что при практическом использовании указанного признака ЧС наступает 100% риск жизнедеятельности и здоровью человека. По сути, для каждого человека, находящегося под воздействием уровня загрязнений 50 ПДК в атмосферном воздухе, наступает смерть.

Результаты, приведенные на рис. 2 и рис. 3, свидетельствуют о том, что при нормативных признаках классификации с учетом ограниченного времени воздействия загрязнителя атмосферного воздуха риск (1) для двуокиси азота и формальдегида на порядок и более превышает уровень недопустимого индивидуального риска, принятого в мировой практике. Это означает, что и эти нормативные признаки оказываются завышенными с точки зрения риска жизнедеятельности и здоровья человека. Для достоверной классификации ЧС рассматриваемого типа необходимо учитывать класс опасности и тип вещества, загрязняющего атмосферный воздух. Кроме этого существующие признаки наличия ЧС вследствие ЗВ должны быть дополнены величиной риска нарушения жизнедеятельности и здоровья человека с учетом принятых в международной практике уровней индивидуального риска.

## 7. Выводы

1. Выполнен анализ существующей в Украине классификации чрезвычайных ситуаций вследствие загрязнения воздуха вредными веществами, сверх предельно допустимых концентраций. Установлено, что признаки наличия чрезвычайной ситуации вследствие превышения выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ, сверх предельно допустимых концентраций, определяются заданными уровнями превышения предельно допустимых концентраций с учетом времени их действия. Принятые признаки ограничиваются заданными пороговыми дозами вредных веществ в атмосферном воздухе без учета их опасности. При этом не совсем ясно, какие типы предельно допустимых концентраций должны использоваться в принятых признаках для принятия решения о наличии чрезвычайной ситуации. Однако пороговые дозы, указанные в принятой классификации чрезвычайных ситуаций, не дают никакой информации о том, насколько оказывают влияние атмосферные загрязнения на жизнедеятельность и здоровье человека. Кроме этого указанные признаки наличия чрезвычайных ситуаций в принятой классификации не учитывают индивидуальные уровни риска, широко используемые в мировой практике, а также классы опасности вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух.

2. Произведена оценка риска здоровью, наносимого загрязнениями атмосферного воздуха. Выполнено сравнение полученного риска для установленных в Украине признаков классификации чрезвычайных ситуаций вследствие наличия в атмосферном воздухе загрязняющих веществ, превышающих предельно допустимые концентрации. Для расчета риска предложено соотношение, отличающееся от известных математических выражений использованием максимальной разовой концентрации, позволяющей определять риск нарушения жизнедеятельности и здоровья для среднестатистического индивидуума с учетом принятых временных параметров признаков классификации. Результаты оценки риска свидетельствуют о том, что при нормативных признаках чрезвычайных ситуаций с учетом ограниченного времени воздействия загрязнителя атмосферного воздуха риск нарушения жизнедеятельности и здоровья для среднестатистического индивидуума на

порядок и более превышает уровень недопустимого индивидуального риска, принятого в мировой практике. Это означает, что принятые нормативные признаки оказываются завышенными с точки зрения риска жизнедеятельности и здоровья человека и классификация чрезвычайных ситуаций рассматриваемого типа не является достоверной. Поэтому с целью обеспечения достоверной классификации чрезвычайных ситуаций вследствие наличия в атмосферном воздухе загрязняющих веществ, превышающих предельно допустимые концентрации, необходимо таких признаках учитывать класс опасности и тип веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Кроме этого существующие признаки наличия чрезвычайной ситуации вследствие загрязнения атмосферного воздуха должны быть дополнены также величиной риска нарушения жизнедеятельности и здоровья среднестатистического человека.

### Литература

1. Wang-Kun Chen. Managing emergency response of air pollution by the expert system // *Air pollution – a comprehensive perspective*. 2012. P. 319–336. doi: 10.5772/50080
2. World Health Organization (WHO). Ambient (outdoor) air quality and health. 2017. Available online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en>
3. Landrigan P. J., Fuller R., Acosta N. J. R., Adeyi O., Arnold R., Basu N., Balde A. B., Bertollini R., Bose-O'Reilly S., Boufford J.I. The Lancet Commission on pollution and health // *The lancet*. 2017. V. 391 (10119). P. 462–512.
4. Mladjan D., Cvetković V. M. Classification of emergency situations // *In Thematic Proceedings of International Scientific Conference «Archibald Reiss Days»*. 2013. P. 275–291.
5. Cairncross E. K., John J., Zunckel M. A novel air pollution index based on the relative risk of daily mortality associated with short-term exposure to common air pollutants // *Atmospheric environment*. 2007. V. 41(38). P. 8442–8454.
6. Madia F., Worth A., Whelan M., Corvi R. Carcinogenicity assessment: addressing the challenges of cancer and chemicals in the environment // *Environment international*. 2019. V. 128. P. 417–429. doi: 10.1016/j.envint.2019.04.067
7. Fiore M., Oliveri Conti G., Caltabiano R., Buffone A., Zuccarello P., Cormaci L., Cannizzaro M. A., Ferrante M. Role of Emerging Environmental Risk Factors in Thyroid Cancer: A Brief Review // *Int J Environ Res Public Health*. 2019. V. 16(7). P. 1185. doi: 10.3390/ijerph16071185
8. Argyropoulos C. D., Ashraf A. M., Markatos N. C., Kakosimos K. E. Mathematical modelling and computer simulation of toxic gas building infiltration // *Process Saf. Environ. Protect*. 2017. V. 111. P. 687–700.
9. Sorek-Hamer M., Chatfield R., Liu Y. Strategies for using satellite-based products in modeling PM2.5 and short-term pollution episodes // *Environment International*. 2020. V. 144. P. 106057.
10. Zou B., Wilson J. G., Zhan F. B., Zeng Y. Air pollution exposure assessment methods utilized in epidemiological studies // *J Environ Monit*. 2009. V. 11 (3). P. 475–490.
11. Beckx C., Panis L. I., Arentze T., Janssens D., Torfs R., Broekx S., Wets G. A dynamic activity-based population modelling approach to evaluate exposure to air pollution: Methods and application to a Dutch urban area // *Environmental Impact Assessment Review*. 2009. V. 29 (3). P. 179–185.
12. Bell M. L., Ebisu K., Belanger K. Ambient air pollution and low birth

weight in Connecticut and Massachusetts // *Environ Health Perspect.* 2007. V. 115 (7). P. 1118–1124.

13. Ballester F. The EMECAM project: a multicentre study on air pollution and mortality in Spain: combined results for particulates and for sulfur dioxide // *Occupational and Environmental Medicine.* 2002. V. 59 (5). P. 300–308.

14. World Health Organization (WHO). Air Pollution. 2019. Available online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en>

15. Голдовская Л. Ф. Химия окружающей среды // М.: Мир. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2007. 295 с.

16. Attfield M., Castranova V., Hale J. M., Suarathana E., Thomas K. C., Wang M. L. Coal mine dust exposures and associated health outcomes; a review of information published since 1995. 2011.

17. ISO/IEC Guide 51. Safety Aspects-Guidelines for Their Inclusion in Standards. 1999.

18. Pospelov B., Andronov V., Rybka E., Krainiukov O., Maksymenko N., Meleshchenko R., Bezuhla Yu., Hrachova I., Nesterenko R., Shumilova A. Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants // *Eastern-European Journal of Enterprise.* 2020. V. 4/10 (106). P. 37–44.

*Б. Б. Поспелов, д.т.н., професор, провідн н.с.*

*Є. О. Рибка, д.т.н., ст. дослідник, заст. нач. центру – нач. відділу*

*Р. Г. Мелещенко, к.т.н., доц. каф.*

*М. О. Самойлов, ад'юнкт ад'юнктури*

*П. Ю. Бородич, к.т.н., доцент, доц. каф.*

*А. А. Мироненко, курсант*

*Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

## **РИЗИК ПОРУШЕННЯ НОРМАЛЬНИХ УМОВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ ПРИ ТЕХНОГЕННИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Виконано аналіз існуючої в Україні класифікації надзвичайних ситуацій внаслідок забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами, понад гранично допустимі концентрації. Встановлено, що ознаки наявності таких надзвичайних ситуацій визначаються заданими рівнями перевищення гранично допустимих концентрацій з урахуванням часу їх дії. Класифікаційні ознаки обмежуються граничними дозами шкідливих речовин без урахування їх небезпеки. Порогові дози, зазначені в прийнятій класифікації надзвичайних ситуацій, не дають ніякої інформації про те, наскільки впливають атмосферні забруднення на життєдіяльність і здоров'я людини. Зроблено оцінку ризику здоров'ю, що наноситься забрудненнями атмосферного повітря. Виконано порівняння отриманого ризику для встановлених ознак класифікації надзвичайних ситуацій внаслідок наявності в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, що перевищують гранично допустимі концентрації. Для розрахунку ризику запропоновано співвідношення, яке відрізняється від відомих виразів використанням максимальної разової концентрації, що дозволяє визначати ризик порушення життєдіяльності і здоров'я для індивідуума з урахуванням часових параметрів ознак класифікації. Результати оцінки ризику свідчать, що при нормативних ознаках класифікації ризик порушення життєдіяльності і здоров'я для індивідуума на порядок і більше перевищує рівень недопустимого індивідуального ризику, прийнятого в світовій практиці. Це означає, що прийняті нормативні ознаки виявляються суттєво завищеними з точки зору ризику життєдіяльності та здоров'я людини, а прийнята класифікація надзвичайних ситуацій не є достовірною. З метою забезпечення достовірної класифікації надзвичайних ситуацій внаслідок наявності в атмосферному повітрі забруднюючих речовин пропонується враховувати клас небезпеки і тип речовин, що забруднюють атмосферне повітря. Крім цього існуючі ознаки наявності надзвичайної ситуації повинні доповнені і величиною ризику порушення життєдіяльності і здоров'я людини.

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, атмосферне забруднення, ризик порушення життєдіяльності, здоров'я людини, максимальна разова гранично допустима концентрація

*B. Pospelov, DSc, Professor, Chief Researcher*  
*E. Rybka, DSc, Senior Researcher, Deputy Head of the Center – Head of Department*  
*R. Meleschenko, PhD, Associate Professor of the Department*  
*M. Samoylov, Associate Adjunct*  
*P. Borodich, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department*  
*A. A. Mironenko, courasant*  
*National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

## **RISK OF DISRUPTION OF NORMAL CONDITIONS OF HUMAN LIFE IN MAN-GENERAL EMERGENCY SITUATIONS**

The analysis of the existing in Ukraine classification of emergency situations due to atmospheric air pollution by harmful substances, in excess of the maximum permissible concentrations. It was found that the signs of the presence of such emergencies are determined by the specified levels of exceeding the maximum permissible concentrations, taking into account the time of their action. Classification signs are limited to threshold doses of harmful substances without taking into account their hazard. The threshold doses specified in the accepted classification of emergency situations do not give any information about the impact of atmospheric pollution on human life and health. An assessment of the health risk caused by atmospheric air pollution was made. The comparison of the risk obtained for the established signs of classification of emergency situations due to the presence of pollutants in the atmospheric air exceeding the maximum permissible concentration is carried out. To calculate the risk, a ratio is proposed that differs from the known expressions by using the maximum one-time concentration, which makes it possible to determine the risk of disruption to life and health for an individual, taking into account the time parameters of the classification signs. The results of the risk assessment indicate that, with the normative signs of classification, the risk of disruption to life and health for an individual is an order of magnitude or more higher than the level of unacceptable individual risk accepted in world practice. This means that the adopted normative indicators are significantly overestimated from the point of view of the risk of human life and health, and the adopted classification of emergency situations is not reliable. In order to ensure a reliable classification of emergency situations due to the presence of pollutants in the air, it is proposed to take into account the hazard class and the type of substances polluting the atmospheric air. In addition, the existing signs of an emergency should be supplemented by the magnitude of the risk of disruption to life and human health.

**Keywords:** emergency, atmospheric pollution, risk of disruption to life, human health, maximum one-time maximum permissible concentration

### **References**

1. Chen, Wang-Kun (2012). Managing Emergency Response of Air Pollution by the Expert System. Air pollution – a comprehensive perspective, 319–336. doi: 10.5772/50080
2. World Health Organization (WHO) (2017). Ambient (outdoor) air quality and health. Available online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en>
3. Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J. R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N., Baldé, A. B., Bertollini, R., Bose-O'Reilly, S., Boufford, J.I. (2017). The Lancet Commission on pollution and health. The lancet, 391 (10119), 462–512.
4. Mladjan, D., Cvetković, V. M. (2013). Classification of emergency situations. In Thematic Proceedings of International Scientific Conference «Archibald Reiss Days», 275–291.
5. Cairncross, E. K., John, J., Zunckel, M. (2007). A novel air pollution index based on the relative risk of daily mortality associated with short-term exposure to common air pollutants. Atmospheric environment, 41(38), 8442–8454.
6. Madia, F., Worth, A., Whelan, M., Corvi, R. (2019). Carcinogenicity assessment: addressing the challenges of cancer and chemicals in the environment. Environment international, 128, 417–429.

7. Fiore, M., Oliveri Conti, G., Caltabiano, R., Buffone, A., Zuccarello, P., Cormaci, L., Ferrante, M. (2019). Role of emerging environmental risk factors in thyroid cancer: a brief review. *International journal of environmental research and public health*, 16(7), 1185.
8. Argyropoulos, C. D., Ashraf, A. M., Markatos, N. C., Kakosimos, K. E. (2017). Mathematical modelling and computer simulation of toxic gas building infiltration. *Process Safety and Environmental Protection*, 111, 687–700.
9. Sorek-Hamer, M., Chatfield, R., Liu, Y. (2020). Strategies for using satellite-based products in modeling PM<sub>2.5</sub> and short-term pollution episodes. *Environment International*, 144, 106057.
10. Zou, B., Wilson, J. G., Zhan, F. B., Zeng, Y. (2009). Air pollution exposure assessment methods utilized in epidemiological studies. *Journal of Environmental Monitoring*, 11(3), 475–490.
11. Beckx, C., Panis, L. I., Arentze, T., Janssens, D., Torfs, R., Broekx, S., Wets, G. (2009). A dynamic activity-based population modelling approach to evaluate exposure to air pollution: methods and application to a Dutch urban area. *Environmental Impact Assessment Review*, 29(3), 179–185.
12. Bell, M. L., Ebisu, K., Belanger, K. (2007). Ambient air pollution and low birth weight in Connecticut and Massachusetts. *Environmental health perspectives*, 115(7), 1118–1124.
13. Ballester, F., Saez, M., Perez-Hoyos, S., Iñíguez, C., Gandarillas, A., Tobias, A., Alonso, E. (2002). The EMECAM project: a multicentre study on air pollution and mortality in Spain: combined results for particulates and for sulfur dioxide. *Occupational and Environmental Medicine*, 59(5), 300–308.
14. World Health Organization (WHO) (2019). Air Pollution. Available online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en>
15. Holdovskaya, L. F. (2007). *Khimiya navkolishn' oho seredovishcha*, 295.
16. Attfield, M., Castranova, V., Hale, J. M., Suarathana, E., Thomas, K. C., Wang, M. L. (2011). Coal mine dust exposures and associated health outcomes; a review of information published since 1995.
17. ISO/IEC Guide 51. (1999). Safety aspects-Guidelines for their inclusion in standards.
18. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Maksymenko, N., Meleshchenko, R., Bezuhla, Yu., Hrachova, I., Nesterenko, R., Shumilova, A. (2020). Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants. *Eastern-European Journal of Enterprise*, 4/10 (106), 37–44.

Надійшла до редколегії: 06.04.2020

Прийнята до друку: 24.04.2020