

Геоэкология

DOI: 10.34828/UdSU.2024.86.41.007

УДК 614.72

Э.С. Насырова, Н.А. Кальсин, Р.Р. Галимова

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОСФЕРЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ АММИАК

Аннотация. Техносфера включает технические и техногенные объекты, например, объекты пищевой промышленности, использующие аммиак для выработки холода. Пожар, взрыв или химическая авария на объектах пищевой промышленности относятся к спонтанным техногенным геоэкологическим опасностям. Среди существующих методик расчета наиболее доступной с минимальным количеством вводимых исходных данных является РД. 52.04.253-90. В работе предложено определять потенциальный риск причинения вреда здоровью населения по методике МР 5.1.0116-17, учитывая площадь зоны возможного заражения и плотность населения. На примере условного города показано, что при скорости ветра больше 2,0 м/с будет низкий риск причинения вреда здоровью населения, проживающего вокруг объекта пищевой промышленности. При наличии точных данных по количеству объектов и жилых домов, попадающих в зону возможного заражения, можно точно определить численность населения, находящегося под воздействием объекта. Обеспечение техносферной безопасности (как одно из направлений устойчивого развития) возможно при минимизации спонтанных техногенных геоэкологических опасностей.

Ключевые слова: техносфера, пищевая промышленность, аммиак, пожар, взрыв, химическая авария, зона возможного заражения, риск, устойчивое развитие.

Для цитирования: Насырова Э.С., Кальсин Н.А., Галимова Р.Р. Оценка потенциальной опасности объектов техносферы, использующих аммиак // Управление техносферой: электрон. журнал, 2024. Т.7. Вып.3. URL:<https://technosphere-ing.ru> С. 453–463.
DOI: 10.34828/UdSU.2024.86.41.007.

Введение

В современном мире техносфера включает в себя все технические и техногенные объекты, существование которых направлено на удовлетворение потребностей человека [1]. Для удовлетворения физиологических потребностей населения в еде в техносфере развит пищепромышленный комплекс, включающий отрасли, ориентирующиеся на сырье (рыбная, консервная,

сахарная, маслобойная, крупяная), отрасли, ориентирующиеся на сырье и потребителя (мясная, молочная, мукомольная, табачная, чайная) и отрасли, ориентированные на потребителя (кондитерская, макаронная, хлебопекарная, пивоваренная). Для выработки искусственного холода на предприятиях пищевой отрасли используется аммиачная холодильная установка, которая является объектом повышенной опасности. Одна из аксиом безопасности жизнедеятельности гласит, что любая деятельность потенциально опасна, процесс выработки холода кроме положительных свойств и результатов, обладает способностью генерировать опасности. Анализируя потенциальные опасности предприятий пищевой промышленности, использующих аммиак для охлаждения, можно выделить три вида опасности: экологические, пожаровзрывоопасные и химические (рис. 1).



Рис. 1. Виды потенциальной опасности объектов пищевой промышленности

К экологическим относятся сброс сточных вод, выброс загрязняющих веществ и образование различных отходов. К пожаровзрывоопасным можно отнести пожар и взрыв, поскольку аммиак является пожаровзрывоопасным веществом. Также аммиак представляет химическую опасность, возможен выброс или пролив аммиака. Пожар, взрыв или химическая авария на объектах пищевой промышленности относятся к спонтанным техногенным геоэкологическим опасностям [2].

Опасной составляющей аммиачно-холодильной установки объектов пищевой промышленности являются емкостное оборудование (ресивер, конденсатор, испаритель), в том числе находящееся под давлением (в соответствии с ПБ 03-576-03 сосуды 1-ой группы): трубопроводы, соединяющие оборудования, и компрессорное оборудование. Наиболее тяжелыми по последствиям являются аварии при полном разрушении ресивера с аммиаком. Наиболее вероятны аварии с частичным разрушением компрессорного оборудования, технологических трубопроводов или при дозаправке холодильной установки аммиаком. Например, в статье [3] делается акцент на химические аварии, которые могут развиваться по трем сценариям: разрушение сосуда с аммиаком под давлением, выброс аммиака и утечка аммиака через отверстия. В работе [4] также рассматриваются химические аварии с аммиаком, авторы рассчитали зону токсического поражения по методике «Токси+» и построили F/N диаграмму.

Khudhur D.A. и др. [5] рассматривают опасность аммиака, используемого в холодильных установках, выделяя его пожаро- и химическую опасность. Аналогично в работе [6] проанализированы опасности аммиачных холодильных установок. В работе Zheng Q. и др. [7] оценивается вероятность отказа оборудования, использующего аммиак, методом FMEA.

Цель данной работы – оценить потенциальный риск причинения вреда здоровью населения, проживающего вокруг объектов пищевой промышленности, использующих аммиак, при возникновении аварийной ситуации.

Материалы и методы исследования

Объект исследования – наружный ресивер.

Количество выброшенного при аварии аммиака – 1 т.

Состояние атмосферы – инверсия.

Исходные данные для проверочного расчета: плотность населения условного города 1771 чел/км², метеорологические параметры (табл.1), роза ветров (рисунок 2).

Таблица 1

Метеорологические параметры по месяцам в условном городе

Месяц	Средняя температура	Средняя влажность	Скорость ветра
Январь	-12°C	81 %	3.6 м/с
Февраль	-10.4°C	81 %	3.7 м/с
Март	-4.5°C	78 %	3.6 м/с
Апрель	+5.7°C	68 %	3.6 м/с
Май	+14.4°C	58 %	3.1 м/с
Июнь	+18°C	63 %	3.0 м/с
Июль	+19.8°C	64 %	2.6 м/с
Август	+18.6°C	65 %	2.6 м/с
Сентябрь	+11.3°C	71 %	2.9 м/с
Октябрь	+4.4°C	73 %	3.5 м/с
Ноябрь	-4.2°C	82 %	3.3 м/с
Декабрь	-10°C	83 %	3.4 м/с

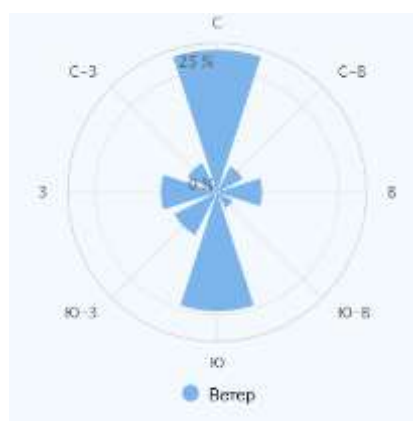


Рис. 2. Роза ветров условного города

Расчетный сценарий – выброс аммиака из ресивера с образованием первичного облака.

Методики расчета зоны токсического заражения: РД. 52.04.253-90, Приказ Ростехнадзора № 385 от 02.11.2022, РД 52.18.717-2009 и ПБ 09-579-03.

Методика расчета потенциального риска причинения вреда здоровью – МР 5.1.0116-17.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно МР 5.1.0116-17 показатель потенциального риска причинения вреда здоровью (R):

$$R = p \cdot U \cdot M, \quad (1)$$

где p – показатель средневзвешенной частоты нарушений на одну проверку (вероятности нарушений обязательных требований) на предприятиях пищевой промышленности;

U – показатель потенциального вреда для здоровья человека из-за возможного несоблюдения обязательных требований на предприятиях пищевой промышленности;

M – показатель численности населения, находящегося под воздействием объекта.

В соответствии с МР 5.1.0116-17 коэффициенты U и p для объектов пищевой промышленности равны: $U = 0,0099$, $p = 6,16$.

В МР 5.1.0116-17 не указан порядок расчета параметра M . В связи с этим в работе для определения потенциального риска в качестве показателя M принято возможное количество пострадавшего населения при химической аварии на объекте пищевой промышленности. При этом пострадавшее население предлагается рассчитывать через плотность населения в городе [8] и рассчитанную зону возможного заражения.

Анализируя существующие методы расчета зоны химического заражения, установлено, что оперативной методикой является РД 52.04.253-90. В данной методике один варьируемый параметр – количество выброшенного при аварии вещества, а площадь заражения зависит от скорости ветра.

В Приказе Ростехнадзора № 385 от 02.11.2022 количество аммиака, формирующее первичное облака, зависит от температуры окружающей среды, также здесь учитывается характер подстилающей поверхности и класс устойчивости атмосферы по Паскуиллу. Наличие нескольких одновременно действующих методик расчета зоны возможного заражения вызывает сложности выбора и оценки адекватности полученных результатов, особенно в случае их расхождения. Например, В.Н. Антипьев в своей работе [9] проанализировал различные методические подходы для расчета зоны химического загрязнения, в том числе программный комплекс ТОКСИ+Risk, и указал на существующие расхождения.

В данной работе для расчета зоны химического заражения применена методика РД 52.04.253-90. Расчет проведен для следующих скоростей ветра: $<0,5$ м/с, $0,6-1$ м/с, $1,1-2,0$ м/с и >2 м/с для условного города. Определив глубину зоны заражения, равную 380 м, определены площади зоны возможного заражения с учетом скорости ветра. На рисунке 3 приведены зоны возможного заражения для скорости ветра более >2 м/с с учетом восьми направлений ветра для условного города.



Рис. 3. Зоны возможного заражения при скорости ветра $>2,0$ м/с

Как видно из рис. 3, не во все зоны возможного заражения попадают объекты или жилые дома. Однако, потенциальный риск рассчитан по формуле (1) учитывая плотность населения во всем городе, а не в зоне возможного заражения. Результаты расчета потенциального риска сведены в табл. 2.

Таблица 2

Оценка потенциальной химической опасности условного города

Химическая опасность	Скорость ветра, м/с			
	<0,5	0,6-1,0	1,1-2,0	>2,0
	$4,8 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-6}$
	Средний риск	Средний риск	Средний риск	Низкий риск

Как видно из табл. 2, низкий риск причинения вреда здоровью населения, проживающего вокруг объекта пищевой промышленности, будет при скорости ветра больше 2,0 м/с. Детально проанализировав розу ветров (рис. 2) и метеорологические условия (табл. 1) условного города можно сделать вывод, что средняя скорость ветра в городе $>2,0$ м/с, и преобладают северные ветра. Таким образом, население, проживающее на юге от объекта пищевой промышленности, использующего аммиак, подвержено большему риску, чем остальное население, но сама потенциальная химическая опасность имеет низкий риск.

Заключение

Таким образом, в работе рассмотрены экологические, пожаровзрывоопасные и химические опасности, характерные для объектов пищевой промышленности, использующих аммиак. Наиболее вероятны химические аварии с выбросом аммиака и формированием первичного облака. Среди существующих методик расчета наиболее доступной с минимальным количеством вводимых исходных данных является РД. 52.04.253-90. В работе предложено определять потенциальный риск причинения вреда здоровью по

методике МР 5.1.0116-17, учитывая площадь зоны возможного заражения и плотность населения. На примере условного города показано, что при скорости ветра больше 2,0 м/с будет низкий риск причинения вреда здоровью населения, проживающего вокруг объекта пищевой промышленности. При наличии точных данных по количеству объектов и жилых домов, попадающих в зону возможного заражения, можно точнее определить численность населения, находящегося под воздействием объекта. Обеспечение техносферной безопасности (как одно из направлений устойчивого развития [10]) возможно при минимизации спонтанных техногенных геоэкологических опасностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин А.Н., Данилова И.Ю. Техносфера как основание современной жизни // Управление техносферой: электронный журнал. 2018. Т.1. Вып. 2. С. 133 – 143.
2. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В. Геоэкологическая безопасность урбанизированных территорий: подходы и пути реализации // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2019. №. 1. С. 17–23.
3. Бокадаров С.А. Анализ причин аварий на производстве, связанных с выбросом аварийно химически опасных веществ // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2017. Т. 1. №. 8. С. 491–498.
4. Тимофеева С.С., Хамидуллина Е.А., Дроздова Т.И. Оценка риска аварий аммиачных холодильных установок на предприятиях пищевой промышленности г. Ангарска // iPolytech Journal. 2011. №. 1 (48). С. 64–71.
5. Khudhur D.A., Tuan Abdullah T.A., Norazahar N.A review of safety issues and risk assessment of industrial ammonia refrigeration system, ACS Chemical Health & Safety. 2022, vol. 29, no. 5, pp. 394–404.
6. Kang S.J. Risk analysis of ammonia leak in the refrigeration manufacturing facilities, Journal of the Korean Institute of Gas. 2017, vol. 21, no. 1, pp. 43–51.
7. Zheng Q. Analyzing the risk of the ammonia storage facility using extended FMEA model based on probabilistic linguistic GLDS method with consensus reaching, International Journal of Hydrogen Energy. 2024, vol. 62, pp. 1231–1244.

8. Gordeev V., Nasyrova E., Elizaryev A., Fazylova A., Kamaeva E. Hazard assessment of hot water boiler at thermal power plant, E3S Web of Conferences. International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia 2023, 2023, pp. 07041.
9. Антипов В.Н. Анализ некоторых результатов расчетов последствий аварийных выбросов опасных веществ // Безопасность труда в промышленности. 2012. № 3. С. 72–77.
10. Насырова Э.С., Нафикова Э.В., Камаева Э.Д., Фазылова А.В. Пожарная безопасность как фактор обеспечения устойчивого развития // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11. № 2 (58). С. 181–187.

Поступила в редакцию: 22.04.2024

Сведения об авторах

Насырова Элина Сагитовна

доцент, к.т.н., ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

4500076, г. Уфа, ул. З. Валиди, д. 32, Россия

E-mail: nasyrova.es@ugatu.su

Кальсин Никита Александрович

аспирант, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

4500076, г. Уфа, ул. З. Валиди, д. 32, Россия

E-mail: kalsin.nikita@bk.ru

Галимова Розалина Ралифовна

студент, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

4500076, г. Уфа, ул. З. Валиди, д. 32, Россия

E-mail: kalsin.nikita@bk.ru

E.S. Nasyrova, N.A. Kalsin, R.R. Galimova

ASSESSMENT OF POTENTIAL DANGER OF TECHNOSPHERE OBJECTS USING AMMONIA

Annotation. Technosphere includes technical and technogenic objects, for example, food industry objects that use ammonia to produce cold. A fire, explosion or chemical accident at food processing facilities are among the spontaneous technogenic geo-environmental hazards. Among the existing calculation methods the most accessible with a minimum amount of input data is RD. 52.04.253-90. In this paper, it is proposed to determine the potential risk of harm to public health according to the methodology of MR 5.1.0116-17, taking into account the area of the zone of possible contamination and population density. On the example of a hypothetical city it is shown that at wind speeds greater than 2.0 m/s there will be a low risk of harm to the health of the population living around the food processing facility. If there is accurate data on the number of facilities and residences falling within the zone of possible contamination, it is possible to accurately determine the size of the population exposed to the facility. Ensuring technosphere safety (as one of the directions of sustainable development) is possible with minimization of spontaneous technogenic geo-ecological hazards.

Keywords: technosphere, food industry, ammonia, fire, explosion, chemical accident, zone of possible contamination, risk, sustainable development.

For citation: Savichev G.S., Borkhovich S.Yu., Trubicyna N.G. [Assessment of potential danger of technosphere objects using Ammonia] *Upravlenie tekhnosferoi*, 2024, vol. 7, issue 3. (In Russ.). Available at: <https://technosphere-ing.ru/> pp. 453–463. DOI: 10.34828/UdSU.2024.86.41.007.

REFERENCES

1. Il'in A.N., Danilova I.Yu. Tekhnosfera kak osnovanie sovremennoi zhizni [Technosphere as the foundation of modern life]. *Upravlenie tekhnosferoi: elektronnyi zhurnal*. [Management of the technosphere: electronic journal]. 2018, vol. 1, Issue. 2, pp. 133 – 143. (In Russ.).
2. Zaikanov V.G., Minakova T.B., Buldakova E.V. Geoekologicheskaya bezopasnost' urbanizirovannykh territorii: podkhody i puti realizatsii [Geo-ecological safety of urbanized territories: approaches and ways of implementation]. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya* [Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology]. 2019, no. 1, pp. 17–23. (In Russ.).
3. Bokadarov S.A. Analiz prichin avarii na proizvodstve, svyazannykh s vybrosom avariino khimicheskii opasnykh veshchestv [Analysis of the causes of industrial accidents associated with the release of hazardous chemicals]. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy* [Fire safety: problems and prospects]. 2017, vol. 1, no. 8, pp. 491–498. (In Russ.).

4. Timofeeva S.S., Khamidullina E.A., Drozdova T.I. Otsenka riska avarii ammiachnykh kholodil'nykh ustanovok na predpriyatiyakh pishchevoi promyshlennosti g. Angarska [Assessment of the risk of accidents of ammonia refrigeration units at food industry enterprises in Angarsk]. *iPolytech Journal*. 2011, no. 1 (48), pp. 64–71. (In Russ.).
5. Khudhur D.A., Tuan Abdullah T.A., Norazahar N.A review of safety issues and risk assessment of industrial ammonia refrigeration system, *ACS Chemical Health & Safety*. 2022, vol. 29, no. 5, pp. 394–404.
6. Kang S.J. Risk analysis of ammonia leak in the refrigeration manufacturing facilities, *Journal of the Korean Institute of Gas*. 2017, vol. 21, no. 1, pp. 43–51.
7. Zheng Q. Analyzing the risk of the ammonia storage facility using extended FMEA model based on probabilistic linguistic GLDS method with consensus reaching, *International Journal of Hydrogen Energy*. 2024, vol. 62, pp. 1231–1244.
8. Gordeev V., Nasyrova E., Elizaryev A., Fazylova A., Kamaeva E. Hazard assessment of hot water boiler at thermal power plant, *E3S Web of Conferences. International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia 2023*, 2023, pp. 07041.
9. Antip'ev V.N. Analiz nekotorykh rezul'tatov raschetov posledstviy avariinykh vybrosov opasnykh veshchestv [Analysis of some results of calculations of the consequences of accidental emissions of hazardous substances]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti [Occupational safety in industry]*. 2012, no. 3, pp. 72–77. (In Russ.).
10. Nasyrova E.S., Nafikova E.V., Kamaeva E.D., Fazylova A.V. Pozharnaya bezopasnost' kak faktor obespecheniya ustoichivogo razvitiya [Fire safety as a factor in ensuring sustainable development]. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus [XXI century: results of the past and problems of the present plus]*. 2022, vol. 11, no. 2 (58), pp. 181–187. (In Russ.).

Received: 22.04.2024

About the Authors

Nasyrova Elina Sagitovna

PhD, Associate professor, Ufa University of Science and Technology

4500076, Ufa city, Z.Validi st. 32, Russia

E-mail: nasyrova.es@ugatu.su

Kalsin Nikita Aleksandrovich

PhD student, Ufa University of Science and Technology

4500076, Ufa city, Z.Validi st. 32, Russia

E-mail: kalsin.nikita@bk.ru

Galimova Rozalina Ralifovna

Student, Ufa University of Science and Technology

4500076, Ufa city, Z.Validi st. 32, Russia