

УДК 338.054.23;614.878

UDC 338.054.23;614.878

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ПОТЕРИ В РЕЗУЛЬТАТЕ
ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ
С ВЫБРОСОМ АММИАКА****SOCIAL-ECONOMIC
LOSSES AS A RESULT
OF EMERGENCY SITUATION
WITH AMMONIA EMISSION****Г. В. Котов,**

кандидат химических наук, доцент,
заведующий межкафедральной
научно-образовательной лабораторией
биотехнологии и биохимии Белорусского
государственного педагогического
университета имени Максима Танка;

А. Л. Козлова-Козыревская,

кандидат химических наук, заведующий
кафедрой химии Белорусского
государственного педагогического
университета имени Максима Танка;

Н. Г. Васильева,

кандидат химических наук, доцент
кафедры химии Белорусского
государственного педагогического
университета имени Максима Танка

G. Kotov,

PhD in Chemistry, Associate Professor,
Head of the Interdepartment Research
Laboratory of Biotechnology
and Biochemistry, Belarusian State
Pedagogical University
named after Maxim Tank;

A. Kozlova-Kozyrevskaya,

PhD in Chemistry, Head of the Department
of Chemistry, Belarusian State
Pedagogical University
named after Maxim Tank;

N. Vasilyeva,

PhD in Chemistry, Associate Professor
of the Department of Chemistry,
Belarusian State Pedagogical
University named after Maxim Tank

Поступила в редакцию 30.03.22.

Received on 30.03.22.

В статье представлены результаты анализа возможных социально-экономических потерь вследствие чрезвычайной ситуации с выбросом опасного химического вещества. В основе оценки лежит расчет численности населения, оказавшегося в пределах зоны заражения с учетом природы опасного химического вещества, мощности источника выброса, скорости ветра и условий местности, на которой произошла авария. Определена экономическая эффективность проведения аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий чрезвычайной ситуации.

Ключевые слова: социально-экономические потери, аммиак, выброс, чрезвычайная ситуация.

The article presents the results of analysis of possible social-economic losses as a result of emergency situation with emission of a dangerous chemical substance. The base of estimation is the calculation of population size within the contamination zone considering the nature of the dangerous chemical substance, power of the source of emission, speed of wind and conditions of territory where the accident took place. The article defines the economic effectiveness of conducting disaster response on liquidation of the emergency situation consequences.

Keywords: social-economic losses, ammonia, emission, emergency situation.

Введение. При возникновении аварии на объектах производства, хранения, транспортировки или переработки опасных химических веществ возможно возникновение чрезвычайной ситуации. Опасные вещества при поступлении во внешнюю среду загрязняют почву, воду и атмосферу. Наибольшую угрозу при этом представляет выброс веществ, способных переходить в газообразное состояние [1].

Формирующееся паровоздушное облако под действием ветра распространяется в приземном слое атмосферы, создавая условия токсического поражения. Принимая во вни-

мание то обстоятельство, что большинство химически опасных объектов приближено к местам компактного проживания, чрезвычайные ситуации подобного рода могут иметь серьезные последствия. Таковыми являются: нарушение режима функционирования производственных и социальных объектов и условий жизнедеятельности; вред, нанесенный здоровью людей; возможная гибель людей; вред, нанесенный окружающей среде [2].

Все вышеперечисленное определяет нанесенный экономический, социальный и экологический ущерб. В случаях экологического ущерба оценки различных исследователей

сильно расходятся. Оценки экономического и социального ущербов достаточно понятны, хотя имеют существенные различия подходов к их количественным параметрам [3].

Общая структура ущерба в результате чрезвычайной ситуации

Распространение газообразного опасного химического вещества может нанести большой ущерб, определяемый его природой (токсичностью и летучестью паров), объемом выброса, местными условиями (ландшафтом, наличием объектов и плотностью населения), а также метеоусловиями [1]. При этом следует разделять случаи свободного развития чрезвычайной ситуации и случаи ведения аварийно-спасательных работ.

В условиях свободного развития чрезвычайной ситуации с выбросом опасного химического вещества социально-экономический ущерб складывается из ущерба, нанесенного экономике вследствие экономических потерь не только предприятия, на котором произошла авария, но и иных объектов, оказавшихся в зоне химического заражения. При этом ущерб может быть нанесен объектам, сооружениям, оборудованию и т. п., а также здоровью людей.

Потери предприятий становятся следствием вынужденного простоя и затрат на восстановление. Социально-экономические потери связаны с потерей трудоспособности, вреда, нанесенного здоровью, а также гибелью людей. Социальный ущерб связан с нарушением условий жизнедеятельности персонала предприятий и населения, оказавшегося в зоне заражения [4].

В условиях ведения аварийно-спасательных работ, как правило, экономические и социальные потери ниже. Это снижение определяется ликвидацией аварии, уменьшением размеров зоны заражения, уменьшением количества пострадавших и погибших. При этом возникают затраты на ведение аварийно-спасательных работ, связанные с привлечением специализированных подразделений, использованием технических средств и расходных материалов. Значительной статьей расходов является водопотребление на постановку водяных завес [5].

Ущерб в результате чрезвычайной ситуации с выбросом аммиака

Рассмотрим пример возможной чрезвычайной ситуации с выбросом аммиака в слу-

чае аварии на ОАО «Могилевский мясокомбинат». Общее количество аммиака на предприятии составляет 70 т. Объем единичной емкости хранения 3 т. В условиях разрушения емкости хранения произойдет выброс аммиака во внешнюю среду, и, учитывая условия хранения и возможный объем выброса, сформируется пролив низкотемпературной жидкости. В процессе испарения аммиака с поверхности пролива и распространения паров с ветровым потоком произойдет формирование зоны заражения.

Изучение подобных аварий указывает на целый ряд обстоятельств, определяющих характеристики зоны заражения. Рассеивание паров опасной примеси с воздушными массами определяет границы зоны заражения. При этом нет четкого разграничения понятий зоны заражения, возможной зоны заражения и фактической зоны заражения. Будем считать понятие зоны заражения общим, в пределах зоны заражения выделим зоны возможного и фактического заражения. Фактическая зона заражения – территория, в пределах которой имеет место превышение концентрации опасного вещества выше предельно допустимой. Возможная зона заражения – территория, на которой при определенных обстоятельствах может возникнуть угроза токсического поражения.

Возможности расчета параметров зоны заражения широко представлены в литературе, но получаемые при этом результаты могут отличаться достаточно сильно. Воспользуемся одной из хорошо известных программ расчета ALOHA [6] для оценки глубины возможной зоны заражения. Рассматривая пролив как «свободный» (на неогражденной поверхности) площадь пролива аммиака составит 88 м². На рисунке 1,а проиллюстрирован пример расположения на местности возможной зоны заражения (сектор а) в случае пролива для указанных выше условий при температуре воздуха 20 °С, ветер южный со скоростью 2 м/с. Видно, что границы зоны заражения охватывают густонаселенные участки, что свидетельствует о возникновении непосредственной угрозы.

При изменении метеоусловий произойдет изменение границ зоны заражения. Важнейшим фактором при этом является скорость ветра. Расчетные значения глубины возможной зоны заражения при температуре воздуха 20 °С, при значении скорости ветра 2, 5, и 7 м/с представлены в таблице 1.

В пределах зоны заражения происходит нарушение условий жизни и деятельности людей. Люди, оказавшиеся в пределах фактической зоны заражения, подлежат немедленной эвакуации, за исключением случаев наличия защитных сооружений. Защитные сооружения достаточно редки и, как правило, находятся на территории опасных объектов. В случае выхода облака зараженного воздуха за пределы объекта возникает прямая угроза населению, проживающему на близлежащей территории и необходимость проведения эвакуационных мероприятий. С учетом величины средней плотности населения крупных населенных пунктов порядка 3000 чел./км², можно оценить количество человек, подлежащих эвакуации в условиях чрезвычайной ситуации. Результаты расчета представлены в таблице 3.

Полученные значения позволяют четко определить размеры затрат, связанных с необходимостью проведения эвакуационных мероприятий. Транспортные расходы на вывоз людей по действующим в настоящее время расценкам составят порядка 0,4 руб./чел. Величины транспортных расходов с учетом численности эвакуируемых представлены в таблице 4.

При принятии решения о полной эвакуации населения из возможной зоны заражения, определенной в соответствии с [6], транспортные расходы составят 779 руб. В случае, если эвакуация будет осуществляться только из фактической зоны заражения, определенной в соответствии с [7], затраты снизятся и составят 255 руб.

Доля занятого населения составляет 50 %. Размер средней заработной платы в настоящее время 1476,3 руб./мес. Актуальная величина ущерба экономике за один день простоя предприятий, находящихся в пределах возможной зоны заражения, составит 191 525 руб. Однако, в случаях остановки только предприятий, находящихся в пределах фактической зоны заражения [7], актуальная величина ущерба составит 62 694 руб. (таблица 4). Таким образом, в отсутствие прямой угрозы в условиях возможной зоны заражения осуществление ограничительных действий, не повлекших за собой остановку предприятий, позволит снизить величину актуального ущерба экономике на 67 %. Здесь же следует отметить, что уменьшение объема эвакуационных мероприятий позволит значительно снизить дополнительную социальную напряженность.

Таблица 3. – Численность населения в пределах зоны заражения

Зона заражения	Численность населения в зоне поражения при скорости ветра		
	2 м/с	5 м/с	7 м/с
возможная, чел.	1946	2172	1151
фактическая, чел.	637	194	83
фактическая в условиях постановки водяной завесы, чел.	7	8	6

Таблица 4. – Структура потерь в результате чрезвычайной ситуации

Потери	Скорость ветра		
	2 м/с	5 м/с	7 м/с
Транспортные расходы на эвакуацию			
возможная зона заражения, руб.	778,4	868,8	460,4
фактическая зона заражения, руб.	254,8	77,6	33,2
Актуальная величина ущерба экономике			
возможная зона заражения, тыс. руб.	191,5	213,8	113,3
фактическая зона заражения, тыс. руб.	62,7	19,1	8,2
Социально-экономические потери			
фактическая зона заражения, млн руб.	195	59,2	25,3
фактическая зона заражения в условиях постановки водяной завесы, млн руб.	2,15	2,45	1,85
Расходы на водопотребление при постановке завес			
в один эшелон, руб.	120	60	60
в два эшелона, руб.	360	180	120

В условиях чрезвычайной ситуации с выбросом опасного химического вещества возникает угроза здоровью и жизни людей. В случаях травм, ранений и гибели людей возникает так называемый социальный ущерб. Существует большое многообразие подходов к оценке социального ущерба. При этом учитывается не только вред, нанесенный здоровью человека, но и иные возможные последствия чрезвычайной ситуации [9].

Вероятность гибели населения, оказавшегося в пределах зоны заражения (со смертельной концентрацией) в соответствии с [10] составляет 35 %. Потенциально количество погибших может достигать 223 чел. Оценки «стоимости человеческой жизни», по разным источникам, очень неоднозначны. Одной из наиболее адекватных можно считать величину нетто-стоимости человеческой жизни, оцениваемую как 345 тыс. долларов США (873 тыс. руб.), в соответствии с [10]. При таком подходе к прогнозной оценке социально-экономические потери составят 195 млн руб. (таблица 4).

В условиях чрезвычайной ситуации с целью обеспечения безопасности проводятся аварийно-спасательные работы. Как правило, при выбросе газообразного опасного химического вещества осуществляется постановка водяных завес. Применение водяных завес позволяет значительно снизить размеры фактической зоны заражения за счет ограничения распространения опасной примеси. На рисунке 1, б отмечены границы фактической зоны заражения (сектор С) в условиях постановки водяной завесы в соответствии с [7, 11]. При постановке водяной завесы с использованием рукавного распылителя РР(20х0,066х0,5х0,005) (где 20 – длина распылителя; 0,066 – диаметр рукава; 0,5 – расстояние между соплами; 0,005 – диаметр сопел (м)) глубина фактической зоны заражения составит 0,052 км. С учетом изменения границы фактической зоны заражения в условиях постановки водяной завесы площадь фактической зоны заражения составит 0,00212 км² (таблица 2). Оценочное количество людей в пределах фактической зоны заражения – 7 чел. (таблица 3). Возможное количество погибших с учетом данных, представленных в таблице 3, снижается до 3 чел., соответственно (с учетом округления в большую сторону), социально-экономические потери составят около 2,62 млн руб.

Одной из важнейших составляющих расходов на ведение аварийно-спасательных работ с постановкой водяной завесы являются расходы, связанные с водопотреблением. Постановка водяных завес требует

значительного расхода воды, который при использовании одного рукавного распылителя РР(20×0,066×0,5×0,005) составляет 10–12 л/с. При постановке насоса пожарной автоцистерны на гидрант расходуется питьевая вода.

Аварийно-спасательные работы, связанные с постановкой завес, проводятся в течение всего периода существования источника выброса. В условиях пролива до момента его полной нейтрализации или испарения. Поскольку, в случаях пролива аммиака, нейтрализация пролива нецелесообразна, а часто и вредна, время чрезвычайной ситуации определяется временем испарения пролива, которое определяется в соответствии с [6]. Для рассмотренного выше примера это составляет более 1 часа.

Таким образом, полный расход воды одним распылителем составит около 37 т. При стоимости кубометра воды 1,09 руб. затраты на водопотребление составят 40 руб. При величине дополнительного контрольного времени работы завес 0,5 часа затраты на водопотребление составят уже 60 руб. Однако это величина расхода только одним рукавным распылителем. Нормативным документом [7] при скорости ветра 2 м/с предусмотрено использование в первой линии двух рукавных распылителей, во втором эшелоне – четырех. Таким образом, расходы на водопотребление первым эшелонам составят 120 руб., вторым эшелонам – 240 руб. При работе двух линий расходы составят 360 руб.

Принимая во внимание надежность и высокую эффективность применения водяных завес для обеззараживания потока примеси, расходы на водопотребление становятся пренебрежительно малыми по сравнению с достигаемым результатом снижения социально-экономических потерь в результате чрезвычайной ситуации с выбросом опасного химического вещества.

Следует отметить, что на величину социально-экономических потерь влияет очень много различных факторов. Данные, представленные в этой работе, указывают на значительное влияние скорости ветра как на параметры зоны заражения (таблицы 1–3), так и на величину социально-экономических потерь (таблица 4). Например, при увеличении скорости ветра от 2 до 7 м/с происходит уменьшение площади фактической зоны заражения от 0,2123 до 0,0276 км². В связи с этим происходит снижение актуальной величины ущерба экономике от 62,7 до 8,2 тыс. руб.,

а социально-экономических потерь 2,15 до 1,85 млн руб.

Заключение. В пределах зоны заражения происходит нарушение условий жизни и деятельности людей, что влечет за собой не только социальный, но и экономический ущерб. Величина ущерба определяется не только социальной напряженностью, но и финансовыми потерями, связанными с необходимостью проведения различных работ, эвакуационных мероприятий, остановкой производств, травмами и даже гибелью людей. Экономические и социальные потери могут быть снижены за счет ведения аварийно-спасательных работ. Это снижение определяется ликвидацией аварии, уменьшением размеров зоны заражения, уменьшением количества пострадавших и погибших. Научно обоснованная организация ведения аварийно-спасательных работ позволит значительно снизить прямые затраты и косвенные финансовые потери.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котов, Г. В. Концепция применения водяных завес при ликвидации чрезвычайных ситуаций с выбросом опасных химических веществ / Г. В. Котов // Вестн. ун-та гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 216–230.
2. Воронов, С. И. Экономика чрезвычайных ситуаций: классификация и методы расчета ущерба / С. И. Воронов // Вестн. ИЭ РАН. – 2018. – № 1. – С. 118–125.
3. Беляев, Г. Н. Методы оценки ущерба от техногенных чрезвычайных ситуаций / Г. Н. Беляев // Изв. Томск. политехн. ун-та. – 2008. – Т. 312, № 5. – С. 150–152.
4. Вакарев, А. А. Методические подходы к определению экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций для региональной экономики / А. А. Вакарев // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 3. – 2011. – № 1 (18) – С. 54–60.
5. Котов, Г. В. Снижение затрат на водопотребление при проведении аварийно-спасательных работ в ходе ликвидации чрезвычайных ситуаций с выбросом (проливом) аммиака и хлора / Г. В. Котов // Экономика превентивных мероприятий по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций и аварийно-спасательных работ : сб. ст. межвуз. науч.-метод. конф., Москва, 30 окт. 2020 г. / Фин. ун-т при Правительстве РФ ; п/ред. А. И. Овсяник. – Москва, 2020. – С. 40–42.
6. ALOHA Software. Version 5.4.7. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>. Data of access: 17.02.2022.
7. Инструкция по расчету сил и средств для постановки водяных завес при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом (проливом) аммиака : утв. М-вом по чрезвычайч. ситуациям Респ. Беларусь 07.07.2008 г., № 89 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. № 8/19152.

Определяющее влияние на величину социально-экономических потерь оказывает целый ряд факторов, который можно составить с учетом степени их значимости. В первую очередь, это природа опасного химического вещества, определяющая способность его поступления во внешнюю среду и интенсивность токсического воздействия. Далее объем выброса или площадь пролива, которые определяют масштабы чрезвычайной ситуации. Метеорологические условия регулируют территориальные параметры зоны заражения. Место и время возникновения аварии, а также размеры зоны заражения определяют возможный нанесенный социально-экономический ущерб. На величину потерь при этом влияют принимаемые управленческие решения. Правильная организация аварийно-спасательных работ в значительной мере снижает социально-экономические потери – от 60 до 93 %.

REFERENCES

1. Kotov, G. V. Konceptsiya primeneniya vodyanyh zaves pri likvidacii chrezvychajnyh situacij s vybrosom opasnyh himicheskikh veshchestv / G. V. Kotov // Vestn. un-ta grazhdanskoj zashchity MChS Belarusi. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 216–230.
2. Voronov, S. I. Ekonomika chrezvychajnyh situacij: klassifikacija i metody rascheta ushcherba / S. I. Voronov // Vestn. IE RAN. – 2018. – № 1. – С. 118–125.
3. Belyaev, G. N. Metody ocenki ushcherba ot tekhnogennyh chrezvychajnyh situacij / G. N. Belyaev // Izv. Tomsk. politekhn. un-ta. – 2008. – Т. 312, № 5. – С. 150–152.
4. Vakarev, A. A. Metodicheskie podhody k opredeleniyu ekonomicheskogo ushcherba ot chrezvychajnyh situacij dlya regional'noj ekonomiki / A. A. Vakarev // Vestn. Volgogr. gos. un-ta. Ser. 3. – 2011. – № 1 (18) – С. 54–60.
5. Kotov, G. V. Snizhenie zatrat na vodopotreblenie pri provedenii avarijno-spasatel'nyh rabot v hode likvidacii chrezvychajnyh situacij s vybrosom (prolivom) ammiaka i hlora / G. V. Kotov // Ekonomika preventivnyh meropriyatij po snizheniyu riska vznikoveniya chrezvychajnyh situacij i avarijno-spasatel'nyh rabot : sb. st. mezhvuz. nauch.-metod. konf., Moskva, 30 okt. 2020 g. / Fin. un-t pri Pravitel'stve RF ; p/red. A. I. Ovsyanik. – Moskva, 2020. – С. 40–42.
6. ALOHA Software. Version 5.4.7. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>. Data of access: 17.02.2022.
7. Instrukcija po raschetu sil i sredstv dlya postanovki vodyanyh zaves pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij, svyazannyh s vybrosom (prolivom) ammiaka : utv. M-vom po chrezvych. situacijam Resp. Belarus' 07.07.2008 g., № 89 // Nac. reestr pravovyh aktov Resp. Belarus'. – 2008. № 8/19152.

8. First National Consulting Group [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fnc-group.ru/business-impact-analysis.htm>. – Дата доступа: 17.02.2022.
9. Архипов, Е. П. Особенности подсчетов экономического ущерба от ЧС / Е. П. Архипов, М. Э. Макарова // Московский экономический журнал. – 2019. – № 9. – С. 245–251.
10. Багров, А. В. Техногенные системы и теория риска : учеб. пособие / А. В. Багров, А. К. Муртазов. – Рязань : Рязанский гос. ун-т, – 2010. – 207 с.
11. Котов, Г. В. Тактика применения водяных завес при ликвидации чрезвычайных ситуаций с выбросом (проливом) опасных химических веществ. Часть 1. Схемы постановки завес / Г. В. Котов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2017. – № 2. – С. 65–73.
8. First National Consulting Group [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.fnc-group.ru/business-impact-analysis.htm>. – Data dostupa: 17.02.2022.
9. Arhipov, E. P. Osobennosti podschetov ekonomicheskogo ushcherba ot ChS / E. P. Arhipov, M. E. Makarova // Moskovskij ekonomicheskij zhurnal. – 2019. – № 9. – S. 245–251.
10. Bagrov, A. V. Tekhnogennyye sistemy i teoriya riska : ucheb. posobie / A. V. Bagrov, A. K. Murtazov. – Ryazan' : Ryazanskij gos. un-t, – 2010. – 207 s.
11. Kotov, G. V. Taktika primeneniya vodyanyh zaves pri likvidacii chrezvychajnyh situacij s vybrosom (prolivom) opasnyh himicheskikh veshchestv. Chast' 1. Skhemy postanovki zaves / G. V. Kotov // Chrezvych. situacii: preduprezhdenie i likvidaciya. – 2017. – № 2. – S. 65–73.