



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С РАЗЛИВОМ АММИАКА НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

Гулага А.С., студент,  
e-mail: galex1007@gmail.com

Травина А.А., студентка,  
e-mail: anastasiatravina9@gamil.com

ФГБОУ ВО «Калининградский  
государственный технический университет»



Л.Н. Серегина, доц.,  
e-mail: sereginamila57@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский  
государственный технический университет»

В данном исследовании смоделированы чрезвычайные ситуации по наиболее опасному и вероятному сценариям развития аварий с разливом аммиака на химически опасном объекте. Предложены мероприятия по локализации и ликвидации возможных аварий с подбором комплекса технических средств.

**Ключевые слова:** химически опасный объект, аммиак, химическая авария, ликвидация разлива, комплекс технических средств

### ВВЕДЕНИЕ

Предприятия пищевой промышленности в технологическом процессе используют аммиачные холодильные установки. На таких объектах часто происходят аварии, что делает проблему разработки и обоснования мероприятий по предупреждению и ликвидации аварий и чрезвычайных ситуаций, связанных с разливом аммиака актуальной.

Расположение химически опасных объектов (ХОО) в городах приводит к тому, что в зону заражения аммиаком может попасть значительное количество населения.

Из анализа аварий на ХОО в Калининградской области выявлены причины аварий [1].

11.10.2006 г. произошла технологическая авария в ОАО «Калининградский рыбоконсервный комбинат».

Причина аварии с проливом аммиака в компрессорной – неправильные действия персонала по обслуживанию компрессорной установки.

Последствия – предельно допустимая концентрация аммиака была превышена в семь раз ( $140 \text{ мг/м}^3$ ).

Принятые меры – локализация пролива, усиленная вентиляция помещения компрессорной. Пострадавших и материального ущерба не было.

07.09.2007 г. произошла авария в АОТ «Калининградский мясоконсервный комбинат».

Причина аварии: утечка аммиака из трубы холодильного аппарата.

Отдельные данные свидетельствуют, что до 80 процентов аварий с аммиаком происходят из-за ошибок персонала

В первые часы после возникновения аварии весь персонал объекта был в срочном порядке эвакуирован, а в главном управлении МЧС России развернул свою работу оперативный штаб.

На место аварии на объект выехали несколько бригад спасателей и пожарных.

Ликвидация: аммиачное облако было полито водой, во избежание распространения химиката (аммиака) с ветром. Трещину в трубе, из которой продолжалась утечка, пытались починить.

Жителей близлежащих домов специалистами МЧС эвакуировать не потребовалось, однако территория вокруг предприятия в радиусе 300 метров была оцеплена сотрудниками районного отдела внутренних дел. Движение по прилегающей к предприятию улице было фактически перекрыто, что отразилось на десятках расположенных рядом улиц – все они были скованы автомобильными пробками.

На расстоянии менее 1 км от объекта, где произошла утечка аммиака, расположена школа-интернат №12, дети были эвакуированы.

За безаварийную эксплуатацию химически опасного объекта несет ответственность руководство предприятия, на котором должна быть создана система предупреждения и ликвидации химической аварии, организованы мероприятия по защите работников, рядом проживающего населения и окружающей среды.

Отнесение ХОО к опасным производственным объектам по виду опасного вещества, его количеству и установление класса опасности составлено на основе [2], представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Классы опасности химически опасных объектов

Наименование опасного вещества	Количество опасного вещества (аммиака), т
I класс опасности (чрезвычайно высокой опасности)	5000 и более
II класс опасности (высокой опасности)	500 и более, но менее 5000
III класс опасности (средней опасности)	50 и более, но менее 500
IV класс опасности (низкой опасности)	10 и более, но менее 50
Составлено на основе Федерального закона от 24 июля 1997 г. № 116 - ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»	

Аммиак относится к 4 классу опасности.

### **ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В качестве объекта исследования был рассмотрен химически опасный объект АО «Калининградрыба».

Основные операции, проводимые АО «Калининградрыба», – хранение и реализация рыбной продукции. Основным опасным веществом, обращающимся в технологическом процессе объекта АО «Калининградрыба», является аммиак – до 4,5 т.

Предмет исследования: организация системы предупреждения и ликвидации аварии с выбросом аммиака на исследуемом объекте.

### **ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Цель научно-исследовательской работы: смоделировать чрезвычайные ситуации с выбросом аммиака и обосновать мероприятия по локализации и ликвидации аварий с выбросом аммиака на данном объекте с подбором современного комплекса технических средств.

В соответствии с поставленной целью были изучены и рассмотрены следующие задачи:

- проанализированы нормативные правовые акты и документы по предупреждению и ликвидации аварии с выбросом аммиака на химически опасных объектах;
- изучено воздействие аммиака на организм человека;
- сделана оценка состояния и возможности действующей системы предупреждения и ликвидации химической аварии на объекте исследования.
- предложены мероприятия по локализации и ликвидации возможных аварий с выбросом аммиака с подбором комплекса технических средств.

### **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Разработаны возможные сценарии разлива аммиака на объекте, смоделированы чрезвычайные ситуации по опасному и наиболее вероятному сценариям.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В работе были рассмотрены несколько сценариев развития ситуаций с утечкой (разливом) аммиака. Под сценарием предполагалась последовательность событий (выброс, воздействие на население и персонал объекта, воспламенение, срабатывание сигнализации и т.п.).

Анализировались ситуации, в которых произошло разрушение технологических узлов с последующими максимальными последствиями.

При определении количества вещества, принимающего участие в создании поражающих факторов, были определены следующие допущения:

- масса опасного вещества, участвующая в аварии, принималась равной массе аварийного выброса;
- при расчетах принимались: скорость ветра 3 м/с, температура воздуха 20<sup>0</sup> С, количества аммиака 4,5 и 0,09 тонн, степень вертикальной устойчивости воздуха – изотермия.

Вероятные зоны действия поражающих факторов.

Исследование нескольких вариантов сценариев дало возможность предположить характер негативных воздействий на персонал объекта и население, прогнозировать возможный материальный ущерб. Такой подход в дальнейшем дает возможность принимать меры по снижению риска и обеспечить безопасность объекта.

К основному поражающему фактору ЧС, в результате аварии с выбросом аммиака на исследуемом объекте отнесли воздушную ударную волну, возникающую при мгновенной разгерметизации аммиачно-холодильной установки.

Процесс распространения сформированного облака выброса может быть смоделирован на основе использования соответствующих моделей, учитывающих процессы турбулентного рассеивания примеси, гравитационного осаждения высыпания частиц из облака осадками и т.д.

Необходимо отметить, что размер зоны заражения существенно зависит от погодных условий в районе аварии: направления и скорости ветра, состояния и типа атмосферы.

Различают три зоны поражения:

- зона смертельного поражения незащищенных людей, характеризующая примерно 80 % вероятности гибели пострадавших;
- зона санитарных потерь, характеризующая тяжелыми поражениями людей примерно с 30% вероятности гибели пострадавших;
- зона легкого поражения, характеризующиеся слабыми признаками токсичного поражения.

Рассмотрев наиболее опасный сценарий при разливе аммиака количеством 4,5 тонны, получили следующие расчетные данные (использована методика [3]), и зоны заражения, которые приведены в табл. 2 и на рис. 1.

Таблица 2 – Расчетные данные наиболее опасного сценария с разливом аммиака

Наиболее опасный сценарий. Разлив аммиака количеством 4,5 тонны	
Эквивалентное количество аммиака по первичному облаку составит	0,007 т
Эквивалентное количество аммиака по вторичному облаку составит	0,04 т
Глубина зоны заражения по первичному облаку составит	0,203 км
Глубина зоны заражения по вторичному облаку составит	0,425 км
Полная глубина зоны заражения	0,527 км
Площадь возможного заражения составит	0,872 км <sup>2</sup>

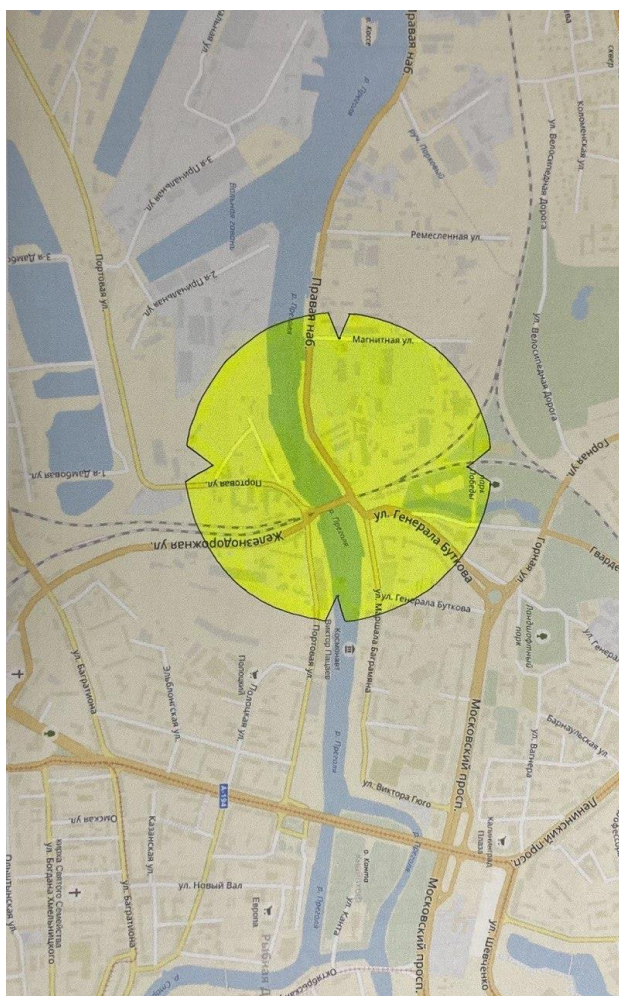


Рисунок 1 – Зоны заражения на карте местности по наиболее опасному сценарию

При таком сценарии возможно разрушение соседнего оборудования. При этом можно предположить, что может увеличиться площадь зон поражения. Такой сценарий возможен при разрушении сосуда под давлением из-за нарушения норм режима работы.

При наиболее вероятном сценарии количество разлившегося аммиака не будет превышать 2 % от общего количества. Были произведены расчеты на основании того, что количество пролившегося аммиака составило 0,09 т. При таком сценарии развития аварии получили следующие расчетные данные, которые показаны в таблице 3 (использована методика [3]) и зоны заражения, которые изображены на рисунке 2.

Таблица 3 – Наиболее вероятный сценарий с разливом аммиака

Наиболее вероятный сценарий. Разлив аммиака в количестве 0,09 тонн	
эквивалентное количество аммиака по первичному облаку составит	0,00015 т
эквивалентное количество аммиака по вторичному облаку составит	0,00697 т
глубина зоны заражения по первичному облаку составит	0,156 км
глубина зоны заражения по вторичному облаку составит	0,16 км
полная глубина зоны заражения	0,527 км
площадь возможного заражения составит	0,178 км <sup>2</sup>

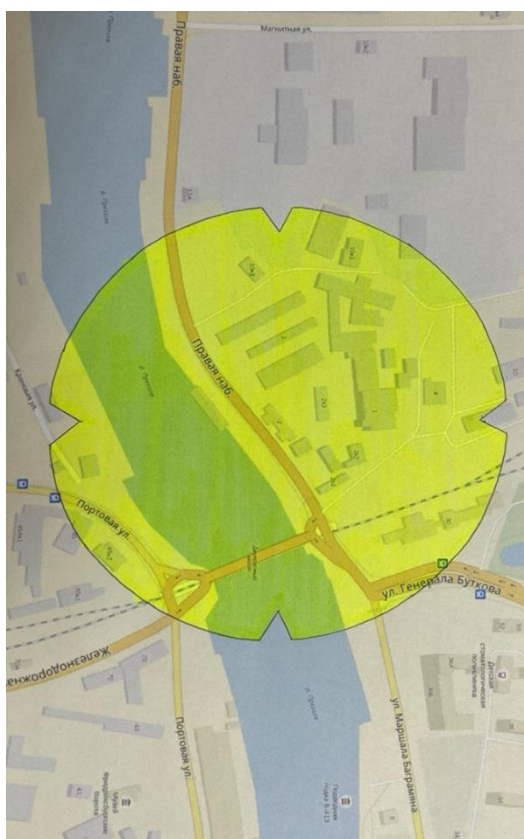


Рисунок 2 – Зоны заражения на карте местности по наиболее опасному сценарию

При возникновении более вероятного сценария были рассчитаны потери, которые составили:

- 0 человек – со смертельным исходом;
- 2 человека - средней и тяжелой степени тяжести;
- 6 человек – легкой степени тяжести.

Исходя из предположения, что при ликвидации аварии будут использоваться более современные средства индивидуальной защиты, потери будут составлять:

- 0 человек – со смертельным исходом;
- 0 человек - средней и тяжелой степени тяжести;
- 1 человек – легкой степени тяжести.

На основании сведений об имеющихся на объекте средств индивидуальной защиты следует отметить: рабочие и служащие объекта обеспечены средствами индивидуальной защиты старого образца на 100 %.

Были обоснованы мероприятия по локализации и ликвидации возможной аварии и предложены современные комплексы технических средств. К таким мероприятиям могут быть отнесены следующие задачи:

- оснастить эффективной установкой комбинированного тушения пожаров, а также используемую для дезактивации аммиака УКТП «Пурга-7» в количестве 2 шт. [4];
- увеличить количество изолирующих защитных костюмов Л-1 с 3-х единиц до 15 [5];
- в целях обеспечения более надежной защиты от поражающих свойств аммиака использовать изолирующие химические костюмы КИХ-4ТН, КИХ-4ЛН, соответствующие высшему 6 классу защиты в количестве 3-х единиц [6];
- аварийная ситуация может представлять не только выброс АХОВ, но и возникновение пожара, а легкий костюм Л-1 категорически не рекомендуется использовать при возникновении пожара, считаем целесообразным обеспечить предприятие костюмами защитной одежды ФЗО – МП-2 [7].

При тяжелой аварийной ситуации с большим выбросом аммиака установленная система водяных завес на предприятии не сможет оперативно нейтрализовать большое количество аммиака, что увеличит время на ликвидацию и локализацию пролива. Скорость и эффективность нейтрализации играет большую роль в минимизации ущерба аварийной ситуации и распространения первичного и вторичных облаков аммиака.

Предлагаем установить в помещении холодильной установки Роботизированную установку «Пурга-150» в количестве 2 шт. по периметру здания [8]. С помощью такой установки увеличивается дальность подачи пены и повышается скорость растекания пены на поверхности разлива аммиака. У нее есть функция радиоуправления, что позволит немедленно приступить к нейтрализации разлива, и тем самым не допустить распространения аммиачных облаков. Данная модель существенно улучшит пожарную защиту предприятия и обеспечит дополнительную силу для ликвидации разлива аммиака в кратчайшие сроки.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Для сохранности рыбной продукции на исследуемом объекте имеется аммиачная холодильная установка. В результате аварии в зону поражения попадает большая часть населения и наносится значительный материальный ущерб. Этим объясняется актуальность выбранного объекта исследования.

Новизна данного исследования заключается в разработке сценариев развития чрезвычайной ситуации с выбросом аммиака и ликвидация ее последствий с использованием современных технических средств и средств индивидуальной защиты.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Материалы в Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (Калининградская область)». – Калининград: Главное управление МЧС России по Калининградской области; 2007-2008 гг.
2. Федеральный закон от 24 июля 1997 г. № 116 - ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
3. РД 52.04.253-90 Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте.
4. Источник Пожарный эксперт <https://pozharnyj-expert.ru/pozharno-tehnicheskoe-oborudovanie/ustanovka-kombinirovannogo-tusheniya-purga-7-ttkh-i-primenenie.html> (обращение 16.06.2023 г.)
5. ГОСТ 12.4.284.1-2021 Система стандартов безопасности труда. Костюмы изолирующие для защиты от твердых, жидких и газообразных химических веществ, включая твердые и жидкие аэрозоли. Технические требования и методы испытаний газонепроницаемых изолирующих костюмов (тип 1). Дата введения: 01.10.2022.
6. Источник Спецоборона [https://specoborona.ru/catalog/kostyumu\\_serii\\_kikh/](https://specoborona.ru/catalog/kostyumu_serii_kikh/) (обращение 16.06.2023 г.)
7. Источник Росхимзащита <https://krhz.ru/produkcija/filtruyuwaya-zawitnaya-odezhda/kostyum-fil-truyuwij-n-fzo-mp-2/> (обращение 16.06.2023 г.)
8. Куприн Г.Н. Инновационные технологии тушения крупномасштабных пожаров / Г.Н. Куприн // Корабел.ру. – № 4(54) Декабрь 2021 / Источник [https://www.korabel.ru/news/comments/innovacionnaya\\_tehnologiya\\_tusheniya\\_krupnomasshtabnyh\\_pozharov\\_goryuchih\\_zhidkostey\\_szhizhennyh\\_prirodnih\\_i\\_uglevodorodnyh\\_gazov\\_spg\\_i\\_sug\\_na\\_obektah\\_morskogo\\_i\\_beregovogo\\_bazirovaniya.html](https://www.korabel.ru/news/comments/innovacionnaya_tehnologiya_tusheniya_krupnomasshtabnyh_pozharov_goryuchih_zhidkostey_szhizhennyh_prirodnih_i_uglevodorodnyh_gazov_spg_i_sug_na_obektah_morskogo_i_beregovogo_bazirovaniya.html) (обращение 16.06.2023 г.)

## MODELING OF AMMONIA SPILL EMERGENCIES AT A CHEMICALLY HAZARDOUS FACILITY

A.S. Gulaga, student,  
e-mail: [galex1007@gmail.com](mailto:galex1007@gmail.com)  
Kaliningrad State Technical University

A.A. Travina, student,  
e-mail: [anastasiatravina9@gmail.com](mailto:anastasiatravina9@gmail.com)  
Kaliningrad State Technical University

L.N. Seregina, associate professor,  
e-mail: [sereginamila57@mail.ru](mailto:sereginamila57@mail.ru)  
Kaliningrad State Technical University

In this study, emergency situations are modeled according to the most dangerous and probable scenarios for the development of accidents with an ammonia spill at a chemically hazardous facility. Measures have been proposed to localize and eliminate possible accidents with the selection of a set of technical means.

**Keywords:** chemically hazardous object, ammonia, chemical accident, spill response, complex of technical means