

**Экономический  
и Социальный Совет**

Distr.: General  
20 September 2022  
Russian  
Original: English

**Европейская экономическая комиссия****Конференция Сторон Конвенции  
о трансграничном воздействии  
промышленных аварий****Двенадцатое совещание**

Женева, 29 ноября — 1 декабря 2022 года

Пункт 10 а) предварительной повестки дня

**Содействие осуществлению:**

**оценка рисков для предотвращения  
промышленных аварий**

**Оценка рисков для предотвращения промышленных  
аварий: отдельные тематические исследования  
и имеющиеся программные средства\*****Доклад, представленный малой группой по оценке рисков***Резюме*

Конференция Сторон на своем одиннадцатом совещании (Женева (в гибридном формате), 7–9 декабря 2020 года) просила малую группу по оценке рисков представить для рассмотрения на двенадцатом совещании Конференции Сторон два доклада о методологиях оценки рисков для химических установок в регионе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций: один доклад, содержащий введение в методологию оценки рисков для предотвращения промышленных аварий, другой — описание конкретных тематических исследований по методологиям оценки рисков, применяемым на отдельных промышленных установках в регионе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций<sup>a</sup>, и имеющихся программных средств.

Настоящий доклад подготовлен подрядчиком на основе материалов, представленных государствами — членами Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций, в соответствии с руководящими указаниями, регулярно поступавшими от малой группы по оценке рисков, при поддержке секретариата и благодаря финансовой поддержке со стороны Швейцарии. Настоящий доклад был рассмотрен и поддержан государствами — членами Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций, которые предоставили свои материалы, а также членами Бюро и Рабочей группы по осуществлению

\* Все рисунки и таблицы в настоящем документе отражают рисунки и таблицы, содержащиеся в национальных докладах, представленных государствами — членами Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций в ответ на соответствующий запрос секретариата.



Конвенции. Его следует рассматривать вместе с первым докладом (часть 1) (ECE/CP.TEIA/2022/8), в котором содержится обзор процесса оценки рисков, включая инструменты анализа рисков и критерии оценки рисков. В настоящем докладе содержится обзор тематических исследований, демонстрирующих передовую практику и применение инструментов и методов, представленных в части 1.

Конференции Сторон предлагается:

- a) принять к сведению настоящий доклад, содержащий тематические исследования и описание некоторых имеющихся программных средств для оценки рисков химических установок;
- b) принять к сведению часть 1, в которой представлен обзор методов оценки рисков;
- c) рассмотреть информацию, содержащуюся в этих двух докладах по оценке рисков, и способствовать их использованию в будущей работе, в том числе в качестве вспомогательного справочного материала;
- d) просить секретариат опубликовать эти доклады по оценке рисков на трех официальных рабочих языках Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций в течение двухгодичного периода 2023–2024 годов.

<sup>a</sup> ECE/CP.TEIA/42, п. 75.

## I. Введение, отбор тематических исследований

1. В настоящем докладе представлены отдельные тематические исследования, в которых методология оценки рисков применялась к химическим объектам в регионе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК). Эти тематические исследования охватывают пять видов объектов: резервуары для хранения сжиженного природного газа (СПГ)/сжиженного нефтяного газа (СНГ); аммиачные холодильные установки; нефтяные терминалы (сооружения для погрузки/разгрузки/хранения углеводородов); хранилища нитрата аммония; и объекты, связанные с обращением хлора. В приложении к настоящему докладу перечислены основные имеющиеся программные средства для оценки рисков химических установок.
2. Нескольким странам ЕЭК было предложено представить тематические исследования по пяти типам объектов, перечисленным выше, на основе шаблона. Среди представленных тематических исследований было пять тематических исследований о трансграничном воздействии промышленных аварий, представленных тремя странами; из тридцати представленных тематических исследований на основе географического положения, типа объекта и трансграничных соображений были отобраны восемнадцать, включая три примера трансграничного воздействия промышленных аварий. Некоторые страны, в том числе страны Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии, не представили тематические исследования в силу конфиденциального характера запрашиваемой информации.
3. Настоящий доклад следует использовать в сочетании с докладом, озаглавленным «Оценка рисков для предотвращения промышленных аварий: обзор методов оценки рисков» (далее — «часть 1») (ECE/CP.TEIA/2022/8). В части 1 содержится общий обзор методов оценки рисков, применимых к рискам, возникающим в связи с опасными видами деятельности.

## II. Запрошенная ключевая информация

4. По каждому тематическому исследованию был предоставлен заполненный шаблон с запрошенной информацией, в целях согласованности содержащий следующие разделы:

a) сценарии крупных происшествий: краткое описание (по всем тематическим исследованиям) сценариев происшествий, рассмотренных при оценке рисков, как правило, связанных с нарушением герметичности сосуда, содержащего основной опасный материал, а иногда и последствиями реакции или горения;

b) последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения: обсуждение последствий (по всем тематическим исследованиям), таких как смертельные случаи, травмы, воздействие на окружающую среду и ущерб за пределами участка, включая базы данных и программное обеспечение, используемое для моделирования последствий;

c) вероятность возникновения: обсуждение (по всем тематическим исследованиям) возможных причин происшествия и оценка вероятности его возникновения, включая базы данных, использованные для определения вероятности возникновения;

d) представление риска: оценка (по всем тематическим исследованиям) того, как определялось сочетание и представление вероятности и серьезности происшествия, включая глубину анализа (качественный, полуколичественный или количественный) и методы представления критериев балльной оценки рисков;

e) критерии приемлемости риска: обсуждение (по всем тематическим исследованиям) используемых критериев приемлемости риска с учетом нормативных актов страны/региона и заинтересованных сторон;

f) принятые меры по снижению риска: в некоторых тематических исследованиях указывались дальнейшие действия по снижению риска на основе результатов оценки рисков, в том числе меры по предотвращению аварий, обеспечению готовности и реагирования.

5. В некоторых тематических исследованиях было неясно, принимались ли заявленные меры по снижению риска непосредственно в связи с результатами оценки рисков или в целом как надлежащая практика в области химической безопасности; в сводных таблицах с описанием тематических исследований ниже первые обозначены термином «дополнительные» принятые меры по снижению риска, вторые — знаком «\*».

### III. Представление тематических исследований

#### A. Сжиженный природный газ/сжиженный нефтяной газ

##### 1. Финляндия

6. Объект площадью около 75 000 м<sup>2</sup> расположен на берегу моря, в пределах 1 км от жилой зоны и очистных сооружений и в 1,5 км от ближайшего города (см. краткое описание тематического исследования в таблице 1).

Таблица 1

**Финляндия: краткое описание тематического исследования, связанного с оборотом сжиженного природного газа/сжиженного нефтяного газа**

Ключевая информация	Описание
Сценарии крупных происшествий	Выброс легковоспламеняющегося газа/разлив легковоспламеняющейся жидкости; выброс газа и разлив жидкости СНГ из автоцистерны или железнодорожной цистерны.

Ключевая информация	Описание
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	Смертельных случаев или травм среди населения за пределами территории предприятия не ожидается. Ущерб за пределами участка и воздействие на прилегающие жилые зоны не рассматриваются в качестве вероятных последствий. Единственным последствием для окружающей среды будет выжигание растительности вблизи предприятия. Моделирование последствий выполнено с применением программного обеспечения Phast, уровень теплового излучения оценивается в диапазоне 3–8 кВт/м <sup>2</sup> .
Вероятность возникновения	Не оценивается; в качестве причин происшествия принято разрушение конструкции, дорожно-транспортное происшествие или человеческий фактор.
Представление риска	Выявлен риск для людей и окружающей среды в результате происшествия. Качественная оценка рисков выполнена по методу «галстук-бабочка». Оценка рисков также выполнена с использованием количественных методов, таких как моделирование последствий. Матрица рисков не представлена.
Критерии приемлемости риска	Не указаны.
Принятые меры по снижению риска*	Детекторы газа и пожарные извещатели; ПСБ, включающие такие элементы, как датчик уровня и предохранительный клапан; меры профилактики включают исполнение директив АТЕХ, заземление, регулярное техническое обслуживание, наблюдение с помощью камер; меры защиты включают систему водяного орошения, систему пожарного водоснабжения; планы действий на случай внутренних и внешних чрезвычайных ситуаций, соответствующее обучение.

Сокращения: ПСБ — приборные системы безопасности.

## 2. Франция

7. Участок площадью около 65 000 м<sup>2</sup> окружен каналом, дорогами, заводами и железной дорогой (см. краткое описание тематического исследования в таблице 2).

Таблица 2

**Франция: краткое описание тематического исследования, связанного с оборотом сжиженного природного газа/сжиженного нефтяного газа**

Ключевая информация	Описание
Сценарии крупных происшествий	Взрыв и пожар вследствие выброса легковоспламеняющегося газа/разлива легковоспламеняющейся жидкости.
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	В результате аварии ожидается от 100 до 1000 травм. Люди на прилежащих территориях могут подвергнуться воздействию избыточного давления и теплового излучения. Для измерения воздействия использовались значения НУЖЗ (ингаляционная опасность), для моделирования последствий — программное обеспечение Phast.

Ключевая информация	Описание
Вероятность возникновения	Наихудший сценарий признан «крайне маловероятным». Причины происшествия включают отказ оборудования, человеческий фактор и неплотность соединений вследствие износа. Для определения вероятности происшествия использовались данные РИВМ.
Представление риска	<p>Присутствует риск для людей и прилежащих территорий. Количественная оценка риска выполнена по методу «галстук-бабочка».</p> <p>Матрица рисков состояла из четырех качественных уровней серьезности риска: умеренный (без травм и смертельных случаев); серьезный (незначительные травмы или заболевания); значительный (госпитализация в связи с воздействием вредных факторов/постоянная нетрудоспособность); катастрофический (летальный).</p> <p>Качественные уровни вероятности: крайне маловероятно; очень маловероятно; маловероятно; часто.</p>
Критерии приемлемости риска	Применялись критерии приемлемости риска на основе национальных критериев (Циркуляр от 10 мая 2010 года), с использованием комбинации качественных и количественных уровней. Подходы к оценке рисков для человека и окружающей среды были разными. Воздействие на окружающую среду рассматривалось с использованием качественного подхода для каждого конкретного случая. В определении матрицы рисков и критериев приемлемости риска участвовали специалисты службы эксплуатации, эксперты в области безопасности и сотрудники местного компетентного органа.
Принятые меры по снижению риска*	Детекторы газа и пожарные извещатели; ПСБ, включая контроль уровня и контроль давления; меры профилактики включали техническое обслуживание, предохранительные клапаны, обучение; меры защиты включали системы пожаротушения, систему водяного охлаждения (орошения); план реагирования на чрезвычайные ситуации.

Сокращения: НУЖЗ — непосредственная угроза жизни и здоровью; РИВМ — Национальный институт общественного здравоохранения и окружающей среды, Нидерланды.

### 3. Швеция

8. Участок площадью 20 000 м<sup>2</sup> представляет собой подземное хранилище СНГ, расположенное рядом с жилой зоной и портом. Подземное хранилище СНГ на участке включает одну каверну под давлением объемом 47 000 м<sup>3</sup> и одну охлаждаемую каверну объемом 100 000 м<sup>3</sup> (см. краткое описание тематического исследования в таблице 3).

Таблица 3

**Швеция: краткое описание тематического исследования, связанного с оборотом сжиженного природного газа/сжиженного нефтяного газа**

Ключевая информация	Описание
Сценарии крупных происшествий	Выброс токсичных газов, приводящий к пожару и взрыву.

---

Ключевая информация Описание

---

Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	Ожидается до 50 смертельных случаев. Последствия для окружающей среды включают выброс СНГ в атмосферу. Ущерб за пределами участка не ожидается. Моделирование последствий выполнено с использованием ALOHA.
Вероятность возникновения	В качестве причины происшествия принята утечка (разрыв шланга/нарушение герметичности фланцевого соединения/трубопроводной арматуры). Вероятность утечки из шланга составляла $3,8 \times 10^{-7}$ /год. Вероятность происшествия определяется при помощи профессионального суждения, ETA и баз данных, таких как «Классификация опасных зон» <sup>1</sup> .
Представление риска	<p>Выявлены такие виды опасности, как утечка (из шланга/фланцевого соединения/трубопроводной арматуры), пожар, BLEVE.</p> <p>Проведен анализ социального и индивидуального рисков.</p> <p>Для определения сценариев использовалась полуколичественная оценка с применением анализа основных видов опасности. Уровень риска рассчитывался как произведение вероятности и серьезности последствий, а затем выполнялся количественный анализ с использованием ETA для определения параметров сценариев.</p> <p>Матрица рисков включала следующие уровни риска: низкий (зеленый); средний (желтый); высокий (красный).</p> <p>Уровни вероятности были следующими: менее одного раза за 1000 лет; менее одного раза за 100–1000 лет; менее одного раза за 10–100 лет; менее одного раза за 1 год — 10 лет; менее одного раза за год.</p> <p>Уровни серьезности были следующими: незначительные травмы, не требующие посещения медицинского учреждения; средние, потребовалось посещение медицинского учреждения; серьезные, с необратимыми повреждениями; тяжелые, со смертельным случаем (1); крайне тяжелые, со смертельными случаями (более 10).</p>
Критерии приемлемости риска	<p>В Швеции отсутствуют национальные критерии приемлемости риска; вместо этого операторы используют критерии риска, разработанные в других странах и отраслевых организациях. Согласно шведскому законодательству в области охраны окружающей среды операторы должны доказать общественности и органам власти свою способность управлять рисками и удерживать их на низком уровне.</p> <p>Операторы должны принимать все меры для предотвращения аварий при разумных затратах. Таким образом, органы власти и суды определяют, что с юридической точки зрения является разумными затратами по отношению к риску в каждом конкретном случае.</p>

---

<sup>1</sup> A. W. Cox, F. P. Lees and M. L. Ang (Warwickshire, Institution of Chemical Engineers, 1990).

---

Ключевая информация Описание

---

	Индивидуальный риск 10-7 показан на карте (см. рис. 1). К заинтересованным сторонам, участвующим в оценке рисков, относятся консультанты по вопросам безопасности и операционный персонал компании.
Принятые меры по снижению риска*	Детекторы газа и системы сигнализации; меры профилактики, включая процедуры и инструкции; меры защиты, включая системы аварийного останова; планы реагирования на чрезвычайные ситуации на случай выброса газа.

---

Сокращения: ALOHA — местоположение опасных газозооных смесей; BLEVE — взрыв расширяющихся паров кипящей жидкости; ETA — анализ дерева событий.

\* A. W. Cox, F. P. Lees and M. L. Ang (Warwickshire, Institution of Chemical Engineers, 1990).

Рис. 1

**Швеция: схема индивидуальных рисков для сжиженного нефтяного газа**



#### 4. Швейцария

9. Площадь участка составляет около 30 000 м<sup>2</sup>, площадь сооружения — 1000 м<sup>2</sup>. Сооружение включает два резервуара для СНГ, используемого для обогрева стрелочных переводов для предотвращения замерзания в зимний период. Объект находится рядом с жилой зоной, железнодорожными путями, промышленной зоной и больницей (см. краткое описание тематического исследования в таблице 4).

Таблица 4

**Швейцария: краткое описание тематического исследования, связанного с оборотом сжиженного природного газа/сжиженного нефтяного газа**

---

Ключевая информация Описание

---

Сценарии крупных аварий	VCE и BLEVE вследствие выброса легковоспламеняющегося газа/разлива легковоспламеняющейся жидкости.
-------------------------	--

---

Ключевая информация Описание

---

Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	Последствия выброса/разлива включают воздействие теплового излучения. Трансграничное воздействие оценивается в сценарии происшествия как маловероятное. Анализ рисков показал, что VCE приведет к 430, а BLEVE — к 280 смертельным случаям. В анализе рисков не определено воздействие на окружающую среду, так как продукты сгорания СНГ не токсичны для окружающей среды. Моделирование последствий проводилось с помощью инструмента EFFECTS. Для расчетов теплового излучения в EFFECTS использовались пробит-функции. Были определены радиусы зон поражения с разной долей смертельных исходов, например 160 м для 100-процентной летальности (зеленый круг), 310 м для 50-процентной летальности (синий круг) и 450 м для 1-процентной летальности (красный круг) (см. рис. 2 и 3).
Вероятность возникновения	Иницирующие события включали падение небольшого летательного аппарата или столкновение с объектом дорожного транспортного средства; вероятность определялась с учетом дерева отказов и ETA. Использовалось внутреннее швейцарское руководство по анализу рисков для хранилищ СНГ. Вероятность VCE составила $10^{-11}$ , а вероятность BLEVE — $10^{-8}$ .
Представление риска	Основной опасностью было признано тепловое излучение. Данный риск представлен как социальный риск. Выполнена количественная оценка рисков с использованием методов дерева отказов и дерева событий. Матрица рисков насчитывала три различных уровня риска от приемлемого до неприемлемого (см. рис. 4).
Критерии приемлемости риска	Критерии приемлемости риска были определены на основе рекомендаций для химических установок, подпадающих под действие Руководства по применению Постановления о крупных авариях <sup>2</sup> . Эти рекомендации были приняты всеми заинтересованными сторонами и согласованы в Швейцарии. Критерии приемлемости риска (см. рис. 5) были обобщены с помощью кривой суммы рисков для резервуаров СНГ. Соответствующие заинтересованные стороны — федеральные и кантональные власти и представители различных отраслевых ассоциаций.
Принятые дополнительные меры по снижению риска	По итогам анализа данный риск был признан неприемлемым. Поэтому два резервуара СНГ были демонтированы, а обогрев осуществлялся с помощью небольших подземных труб с гораздо меньшей степенью потенциального риска.

---

Сокращения: VCE — взрыв облака пара.

---

<sup>2</sup> URL: <http://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/stoerfallvorsorge/publikationen-studien/publikationen/beurteilungskriterien-zur-stoerfallverordnung-stfv.html> (только на французском, немецком и итальянском языках).



Рис. 2

**Швейцария: резервуар для сжиженного нефтяного газа**



Рис. 3

**Швейцария: контуры зон риска для хранилища сжиженного нефтяного газа**

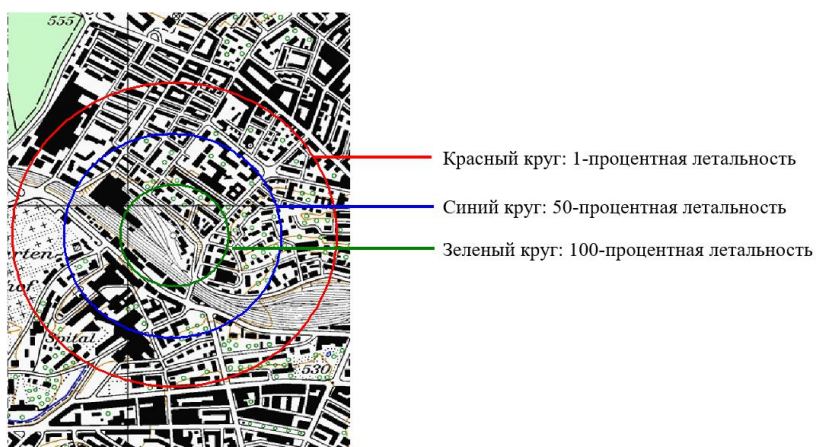
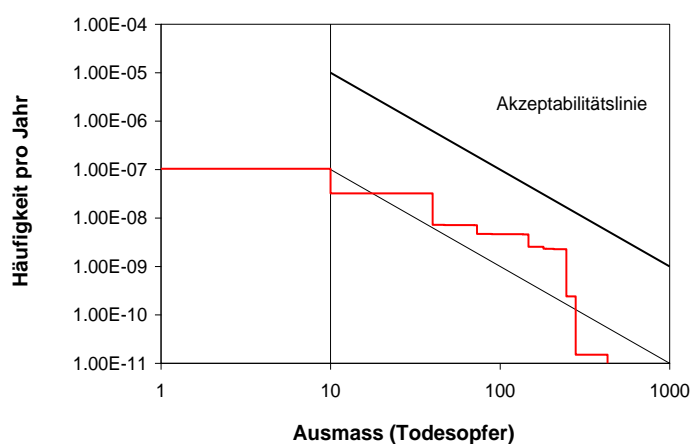


Рис. 4

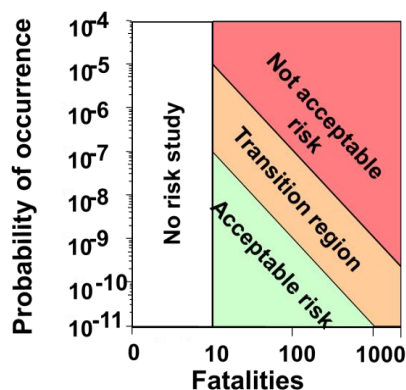
**Швейцария: представление риска для хранилища сжиженного нефтяного газа**



*Примечание:* Обозначение оси по вертикали — «Количество аварий за год»; обозначение оси по горизонтали — «Масштабы (летальность)»; текст внутри графика — «Граница приемлемости».

Рис. 5

Швейцария: критерии приемлемости риска для хранилища сжиженного нефтяного газа



Примечание: Белый и зеленый цвета — «Приемлемый риск». Оранжевый цвет — «Переходная зона», риск может быть приемлемым с учетом интересов. Красный цвет — «Неприемлемый риск».

## В. Аммиачные холодильные установки

### 1. Эстония

10. Участок площадью около 60 500 м<sup>2</sup> расположен в порту вблизи жилых зон и моря (см. краткое описание тематического исследования в таблице 5).

Таблица 5

Эстония: краткое описание тематического исследования в отношении аммиачного холодильного оборудования

Ключевая информация	Описание
Сценарии крупных происшествий	Выброс аммиачного газа приводит к образованию токсичного облака и может вызвать пожар и BLEVE.
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	<p>Последствия наихудшего сценария могут затронуть 2945 человек, из которых 30 процентов подвергаются непосредственному риску. Из-за выброса токсичных веществ потребуется эвакуация прилегающих жилых и портовых зон.</p> <p>Количественная оценка последствий выполнялась по трем видам зон: НУЖЗ, НУСВ-3 (30 мин), летальная концентрация (ЛК<sub>50</sub> на протяжении 30 мин).</p> <p>Для моделирования последствий использовалась система ALOHA.</p>
Вероятность возникновения	<p>В качестве инициирующих событий рассматривался человеческий фактор, технологические проблемы или грозы.</p> <p>Для определения вероятности происшествия использовались следующие базы данных и справочные материалы: Пурпурная книга<sup>3</sup> и «Анализ потенциальных проблем» РИВМ. Вероятность составляет менее одного раза в 50 лет.</p>

<sup>3</sup> P.A.M. Uijt de Haag and B.J.M. Ale, CPR 18E — Guidelines for quantitative risk assessment: “Purple Book” — Part one: Establishments (n.p., Committee for the Prevention of Disasters (CPR), 1999). URL: <https://publicatiereeksgevaarlijkkestoffen.nl/publicaties/PGS3.html>.

---

*Ключевая информация Описание*

---

Представление риска	<p>Индивидуальный и социальный риски (для людей, прилежащих территорий, окружающей среды) и материальный ущерб — разные виды рисков. Для оценки рисков использовались полуколичественные методы. Качественные методы, использованные для оценки рисков, включали методику «Анализа потенциальных проблем», методы РИВМ и рекомендации по количественной оценке рисков, содержащиеся в Пурпурной книге.</p> <p>Для моделирования последствий использовались количественные методы. Для оценки рисков использовалась матрица рисков.</p> <p>Уровни серьезности в матрице рисков: незначительный; умеренный; существенный; значительный; катастрофический.</p> <p>Уровни вероятности в матрице рисков: очень низкий; низкий; средний; высокий; очень высокий.</p>
Критерии приемлемости риска	Отсутствуют.
Принятые меры по снижению риска*	<p>Меры по снижению риска включали сигнализацию для определения концентрации токсичных веществ, сигнализаторы утечки и уровня, системы сигнализации на территории предприятия и за его пределами; ПСБ, включая контроль уровня; меры профилактики, включая ограждение, различные виды сигнализации, техническое обслуживание, учения; меры защиты, включая средства индивидуальной защиты, водяную завесу для локализации утечки газа, огнетушители; планы реагирования на случай внутренних и внешних чрезвычайных ситуаций.</p>

*Сокращения:* НУСВ — Нормативный уровень сильного воздействия.

## 2. Финляндия

11. Участок площадью около 1 300 000 м<sup>2</sup> расположен в 2,7 км от ближайшего города и в 1,7 км от ближайшего населенного пункта (см. краткое описание тематического исследования в таблице 6).

Таблица 6

**Финляндия: краткое описание тематического исследования в отношении аммиачного холодильного оборудования**

---

*Ключевая информация Описание*

---

Сценарии крупных происшествий	Утечка токсичного аммиака из вагона: из цистерны без давления или цистерны под давлением.
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними сообщения	<p>Количество смертельных случаев и травм не оценивалось. В наихудшем сценарии предполагается утечка из резервуара емкостью 5000 тонн, что приведет к концентрации веществ, соответствующей НУСВ-3, в близлежащих зданиях.</p> <p>Воздействие на окружающую среду включало повреждение деревьев и растений.</p>

---

Ключевая информация Описание

---

	При неблагоприятном направлении ветра возможно воздействие токсичных газов, которое приведет к значительным последствиям. Может потребоваться эвакуация. Для оценки последствий использовались НУСВ-2 и НУСВ-3 (10 минут, 30 минут, 60 минут). Для моделирования последствий использовалась система EFFECTS.
Вероятность возникновения	Иницирующие события включали разрушение конструкции. Другие подробности не оценивались и не сообщались.
Представление риска	Оценивались различные виды рисков: для людей (индивидуальный риск), для окружающей среды, для активов и для репутации. Была проведена качественная (исследование опасности и работоспособности (HazOp)) и полуколичественная (идентификация опасностей (HazId)) оценка рисков. Использовалась матрица рисков.  Уровни серьезности, использованные в матрице рисков, были следующими: очень высокий; высокий; средний; низкий; минимальный.  Уровни вероятности, использованные в матрице рисков, были следующими: крайне маловероятно; очень маловероятно; возможно; вероятно; весьма вероятно.
Критерии приемлемости риска	Отсутствуют.
Принятые меры по снижению риска*	Детекторы газа и системы сигнализации; ПСБ, включая контроль уровня и температуры, автоматизированные системы защиты, дистанционное управление трубопроводной арматурой; меры профилактики включали инструкции для операторов, планирование трасс трубопроводов, планирование движения; меры защиты включали спасательные маски, системы пожарного водоснабжения, резервную систему порошкового пожаротушения в хранилище аммиака, дизельный пожарный водяной насос, водяную завесу; планы действий на случай внутренних и внешних чрезвычайных ситуаций.

---

### 3. Венгрия

12. Участок площадью около 85 000 м<sup>2</sup> используется для пищевого производства и расположен в пределах 100 м от жилых и промышленных зон (см. краткое описание тематического исследования в таблице 7).

Таблица 7

**Венгрия: краткое описание тематического исследования в отношении аммиачного холодильного оборудования**

---

Ключевая информация Описание

---

Сценарии крупных происшествий	Разлив сжиженного аммиака из трубопровода, находящегося под избыточным давлением. Трансграничное воздействие не считается вероятным.
Последствия попадания опасных материалов в	В качестве наихудшего сценария исследовались последствия выброса токсичных газов. Для оценки рисков использовался следующий сценарий: разрыв аммиакопровода длиной 30 м и внутренним диаметром 150 мм. Высота места выброса — 12 м.

---

Ключевая информация Описание

---

окружающую среду и связанные с ними соображения	<p>В результате разрыва произошел разлив 4400 кг жидкого аммиака (избыточное давление 12,5 бар). В комплексном количественном анализе рисков учтены все возможные погодные условия. Для исследования последствий использовались следующие условия: скорость ветра 1 м/с и класс устойчивости атмосферы по Паскуиллу F (очень устойчивая).</p> <p>По оценкам, летальность составит 10 % — 1 человек; летальность 1 % — 4 человека; воздействие на окружающую среду включало выброс токсичных газов в атмосферу.</p> <p>Из-за выброса токсичных веществ потребуется эвакуация прилегающих жилых зон. Расчеты вероятности смертельных случаев производились на основе пробит-метода.</p> <p>В качестве справочного пособия для моделирования последствий использовалась Зеленая книга<sup>4</sup>. Для моделирования последствий использовалась Safeti (см. рис. 6 и 7).</p>
Вероятность возникновения	<p>Иницирующие события включали разрушение конструкции, отказ системы управления процессом, технологические проблемы и эффект домино от других установок.</p> <p>Для определения вероятности происшествия использовалось Справочное руководство по оценке рисков Беви<sup>5</sup> и Пурпурная книга. Частота разрывов трубопровода принята как <math>10^{-7}</math>/метр/год.</p>
Представление риска	<p>Комплексная оценка рисков предприятия относится ко всем возможным сценариям, включая нарушение герметичности различных емкостей, трубопроводов и технологических сосудов.</p> <p>Все сценарии, значительно усугубляющие риск, характерный для определенной территории, и/или социальный риск, были включены в количественный анализ рисков при условии выполнения следующих двух условий: частота реализации сценария <math>\geq 10^{-9}</math> в год; за пределами границ участка возможна травма с летальным исходом (летальность 1 %).</p> <p>Матрица рисков не использовалась для оценки рисков. Представление рисков включало следующие элементы: матрица погоды (скорость ветра, направление ветра, стабильность атмосферы); отчет о рейтинге рисков; индивидуальный и социальный риски (см. рис. 8 и 9).</p>
Критерии приемлемости риска	<p>Приемлемые и неприемлемые зоны определены на основе уровня рисков и количества смертей (см. рис. 10).</p> <p>К рискам для человека и для окружающей среды применялись разные критерии. Использованные критерии приемлемости рисков для окружающей среды имели качественный характер, поскольку в нормативных актах давались только практические рекомендации. В число заинтересованных сторон включены оператор и лицензированные консультанты.</p>

---

<sup>4</sup> C.J.H. van den Bosch and others, CPR 16E – Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials: “Green Book” (n.p., CPR, 1992).

<sup>5</sup> URL: [http://infonorma.gencat.cat/pdf/AG\\_AQR\\_2\\_Bevi\\_V3\\_2\\_01-07-2009.pdf](http://infonorma.gencat.cat/pdf/AG_AQR_2_Bevi_V3_2_01-07-2009.pdf).

Ключевая информация Описание

Принятые меры по снижению риска\* Установлены детекторы токсичных газов и системы сигнализации; ПСБ, включая контроль уровня, давления и температуры; меры профилактики включали передвижную систему форсунок водяной завесы; в стране действует механизм запроса дополнительной информации при въезде в страну (СИРЕНЕ); имеются планы действий на случай внутренних и внешних чрезвычайных ситуаций.

Рис. 6 Венгрия: зависимость вероятности летального исхода при отравлении аммиаком от расстояния

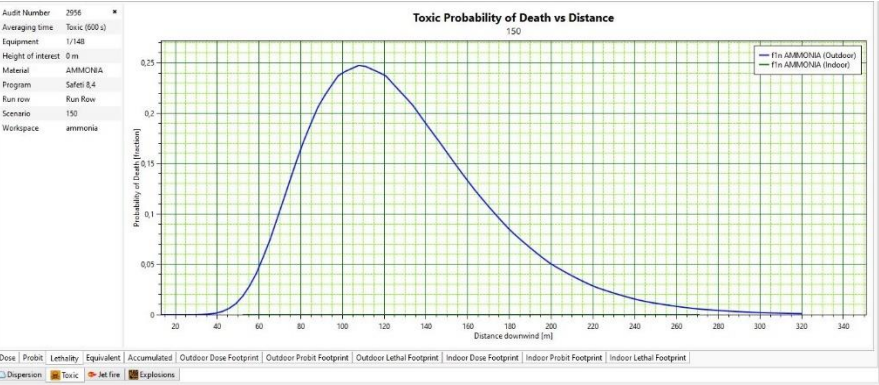


Рис. 7 Венгрия: схема зон с летальностью 1–10 % при отравлении аммиаком

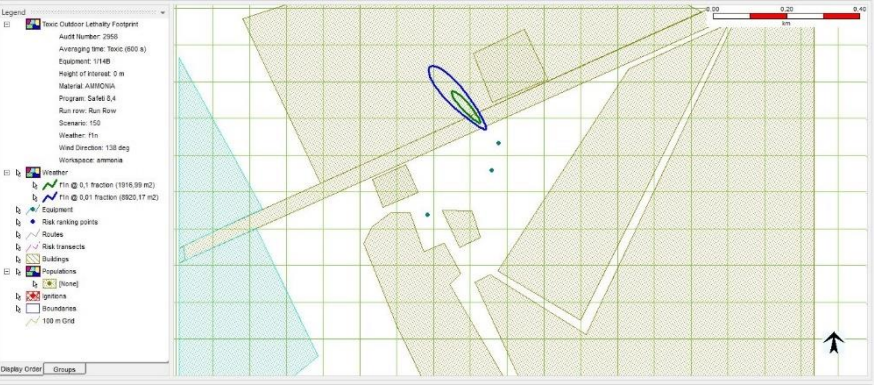


Рис. 8 Венгрия: контуры индивидуального риска при отравлении аммиаком

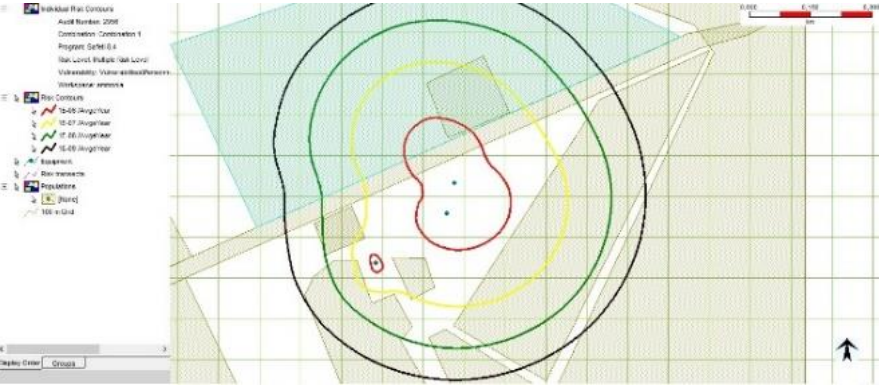




Рис. 9

Венгрия: кривая f-n социального риска отравления аммиаком

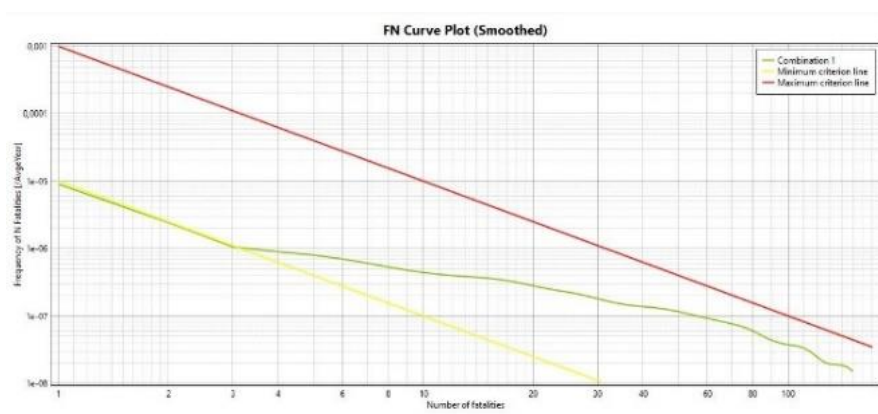
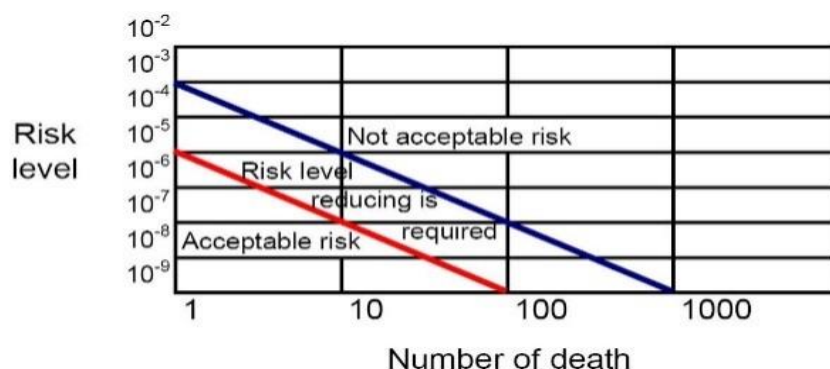


Рис. 10

Венгрия: критерии приемлемости риска отравления аммиаком



#### 4. Швейцария (трансграничное воздействие)

13. Объект площадью около 29 100 м<sup>2</sup> расположен рядом с жилой зоной, школой и промышленной зоной. Рассмотрено трансграничное воздействие на территории Франции, поскольку граница проходит в 170 м от объекта (см. краткое описание тематического исследования в таблице 8).

Таблица 8

**Швейцария. Краткое описание тематического исследования трансграничного воздействия в случае аварии на аммиачном холодильном оборудовании**

Ключевая информация	Описание
Сценарии крупных происшествий	Утечка токсичного аммиака с предприятия с возможным трансграничным воздействием на территории Франции (автостоянка). В зависимости от сценария может произойти утечка жидкого аммиака или выброс газообразного аммиака.
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	Наихудшим сценарием считается 80 смертельных случаев в Швейцарии и во Франции. Количество трансграничных смертельных случаев не рассчитывалось отдельно. Воздействие токсичных газов оценивалось с помощью пробит-функции летальности в EFFECTS.

---

Ключевая информация Описание

---

Вероятность возникновения	Иницирующие события включали землетрясение, пожар, саботаж, механическое воздействие, неправильную эксплуатацию и самопроизвольное нарушение герметичности. При определении вероятности использовалось <i>Руководство по количественному анализу рисков химических процессов</i> Центра безопасности химических процессов и другие источники.
Представление риска	Социальный риск оценивался количественно с помощью анализа дерева отказов (FTA) и анализа дерева событий (ETA). Также использовалась матрица рисков, где серый и зеленый цвета представляли приемлемый риск, желтый — риск, требующий оценки после взвешивания интересов, а красный — неприемлемый риск. Соответствующие заинтересованные стороны — федеральные и кантональные органы власти и представители различных отраслевых ассоциаций (см. рис. 11).
Критерии приемлемости риска	См. рис. 12.
Принятые меры по снижению риска*	Детекторы аммиака, отсечная арматура, пожарная сигнализация с выводом на пульт пожарной части; ПСБ, включая контроль температуры и давления; планы действий на случай внутренних чрезвычайных ситуаций.
Принятые дополнительные меры по снижению риска	Меры профилактики включали теплообменник для доохлаждения (2 контура), уменьшение потенциальной опасности (количество аммиака); повышение сейсмической устойчивости зданий; в школе, находящейся на расстоянии около 150 м, установлены детекторы аммиака.

---

Рис. 11  
Швейцария: представление риска отравления аммиаком  
(трансграничное воздействие)

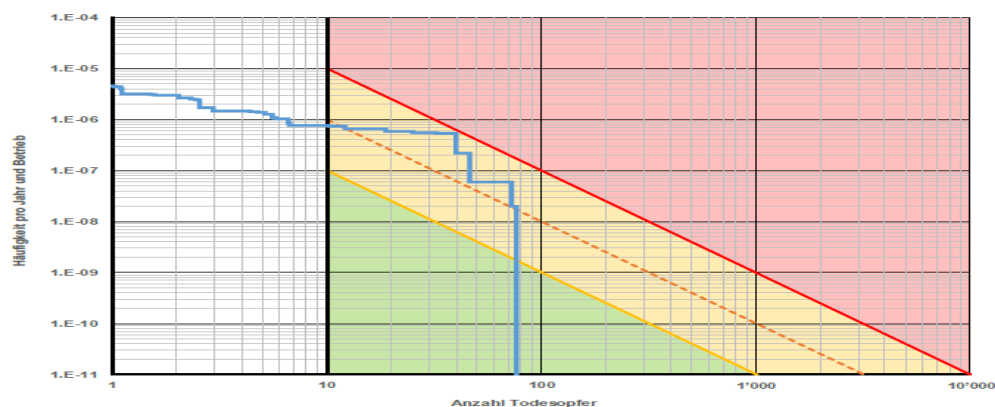
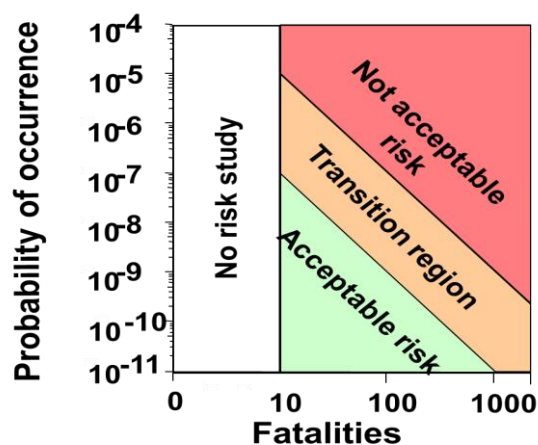




Рис. 12

Швейцария: критерии приемлемости риска отравления аммиаком  
(трансграничное воздействие)



*Примечание:* Белый и зеленый цвета означает «Приемлемый риск»; оранжевый — «Переходная зона», риск может быть признан приемлемым с учетом интересов; красный — «Неприемлемый риск». При оценке рисков для окружающей среды в Швейцарии применяются такие же количественные критерии приемлемости риска, но вместо оси «Смертельные случаи» используется другое обозначение оси X.

## С. Нефтяные терминалы

### 1. Германия

14. Участок расположен рядом с жилой зоной. Площадь участка и другие подробности не сообщались (см. краткое описание тематического исследования в таблице 9).

Таблица 9

Германия: краткое описание тематического исследования в отношении нефтяных терминалов

Ключевая информация	Описание
Сценарии крупных происшествий	Пожар в резервуаре.
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	Производственные травмы. При пожаре в резервуаре находящиеся поблизости люди и здания подвергнутся тепловому излучению (1,6 кВт/м <sup>2</sup> , 5 кВт/м <sup>2</sup> и 8 кВт/м <sup>2</sup> ). Для моделирования последствий использовалась Желтая книга <sup>6</sup> , а также программное обеспечение DISaster MAnagement (Германия) и руководство по Программе численного моделирования безопасности (Германия).
Вероятность возникновения	Вероятность происшествия определялась на основании профессионального опыта и суждений.

<sup>6</sup> C.J.H. van den Bosch and R.A.P.M. Weterings, eds., *CPR 14E – Methods for the calculation of physical effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases)*: “Yellow Book” (n.p., CPR, 1996). URL: <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/publicaties/PGS2.html>.

Ключевая информация	Описание
Представление риска	Риск для человека (индивидуальный риск) определен в оценке рисков. Качественная оценка рисков проводилась с использованием немецкой процедуры на основе контрольного перечня Ассоциации агентств технического надзора.
Критерии приемлемости риска	Определялись на основе качественных уровней риска.
Принятые меры по снижению риска*	Пожарная сигнализация, планы реагирования на чрезвычайные ситуации.

## 2. Норвегия

15. Площадь участка составляет около 30 000 м<sup>2</sup>, площадь объекта — 700 м<sup>2</sup>. Объект находится в портовой зоне, недалеко от центра города (жилых зон, зон отдыха, других портовых служб), автомагистрали и железной дороги (см. краткое описание тематического исследования в таблице 10).

Таблица 10

### Норвегия: краткое описание тематического исследования в отношении нефтяных терминалов

Ключевая информация	Описание
Сценарии крупных происшествий	Выброс легковоспламеняющегося газа/разлив легковоспламеняющейся жидкости в результате утечки нефтепродуктов, приведшей к пожару или взрыву. В количественном анализе рисков рассмотрено 13 сценариев, при этом большинство сценариев предусматривает утечку нефти и воспламенение материалов утечки, приведшее к пожару или взрыву. Трансграничное воздействие в таком сценарии невозможно.
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	Рассмотрены индивидуальный и социальный риски. Население (люди) за пределами портовой зоны не пострадает. Воздействие на окружающую среду в данной оценке рисков не рассматривалось. Использовались системы Phast и Safeti 7.2.
Вероятность возникновения	На основе индивидуальных изолиний риска вероятность возникновения аварии на территории нефтяного терминала и в небольшой части портовой зоны определена как 10 <sup>-5</sup> /год. Внутри портовой зоны и частично за ее пределами, на автомагистрали и железной дороге вероятность определена как 10 <sup>-6</sup> /год. Расчет вероятности выполнен на основе статистики из Phast и Safeti 7.2, а также Справочного руководства по оценке рисков Беви.
Представление риска	В оценке рисков определен индивидуальный риск, связанный с воздействием факторов риска на персонал. Количественная оценка рисков выполнена с помощью ETA (см. рис. 13).

Ключевая информация	Описание
Критерии приемлемости риска	Критерии приемлемости риска определены на основе рекомендаций национальных органов власти — Норвежского управления гражданской обороны. В оценке рисков учтены только риски для человека.
Принятые дополнительные меры по снижению риска	Принятые меры по снижению риска и профилактические меры включали обнаружение газа с автоматической активацией аварийного останова, спринклерную систему пенного и водного пожаротушения на погрузочной эстакаде, обнаружение жидкости в насосной зоне с автоматической активацией аварийного останова. План реагирования на чрезвычайные ситуации был передан соответствующим местным органам по чрезвычайным ситуациям.

Рис. 13

**Норвегия: контуры уровней индивидуального риска для нефтяных терминалов**



### 3. Сербия (трансграничное воздействие)

16. Площадь участка составляет примерно 710 000 м<sup>2</sup>, площадь объекта — 10 000 м<sup>2</sup>. Объект расположен вблизи реки, промышленных и жилых зон. Рассмотрено трансграничное воздействие на территории Румынии (см. краткое описание тематического исследования в таблице 11).

Таблица 11

**Сербия (трансграничное воздействие): краткое описание тематического исследования в отношении нефтяных терминалов**

Ключевая информация	Описание
Сценарии крупных происшествий	В случае несоблюдения мер предупреждения и реагирования сброс нефтепродуктов в результате крушения баржи (погрузочно-разгрузочного причала) может привести к трансграничному загрязнению реки на территории Румынии.

---

Ключевая информация Описание

---

Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	<p>По оценкам, травм и смертельных случаев не будет. Тем не менее в результате загрязнения реки будет оказано воздействие на окружающую среду. Разлив нефти на поверхности водоема приведет к нарушению круговорота воды, теплообмена и обмена кислородом между гидросферой и атмосферой и будет препятствовать проникновению солнечного света в толщу воды.</p> <p>Последствия были определены на основе модели распространения нефтяного пятна Фэя<sup>7</sup>. Расчетный размер (диаметр) нефтяного пятна составил 265 м, а скорость его распространения по поверхности воды во время разлива — 3 км/час. Ожидаемое время локализации загрязнения определено как 12,5 часов. Объем испарения нефти достигнет 287 м<sup>3</sup>, а на береговой линии осядет 660 м<sup>3</sup>.</p> <p>Для оценки последствий этого сценария использовалось совместное исследование в области управления трансграничными чрезвычайными ситуациями, связанными с разливами опасных веществ на реке Дунай.</p>
Вероятность возникновения	<p>В качестве инициирующего события было принято крушение баржи у погрузочно-разгрузочного причала. Для определения вероятности использовались базы данных ARAMIS D1C-APPENDIX 10, содержащие Общие данные о частоте критических событий. Вероятность крушения баржи была определена как <math>1,55 \times 10^{-5}</math>/год.</p>
Представление риска	<p>В оценке рисков был определен риск для человека (индивидуальный риск). Полуколичественная оценка рисков проводилась с использованием методологии ARAMIS и методологии составления отчета о безопасности и плана защиты от аварий.</p> <p>В матрице рисков использованы количественные уровни серьезности риска (см. таблицу 12).</p> <p>В матрице рисков использованы следующие уровни вероятности: низкий (<math>&lt;10^{-2}</math>/год); средний (от <math>10^{-1}</math> до <math>10^{-2}</math>/год); высокий (от 1 до <math>10^{-1}</math>/год).</p>
Критерии приемлемости риска	<p>Оценка рисков включает определение вероятности возникновения, оценку возможных последствий и качественное определение уровня риска: незначительный, низкий, средний, высокий и очень высокий. Риск считается неприемлемым, если в соответствии с матрицей рисков его уровень оценивается как «очень высокий». В определении матрицы рисков участвовали следующие заинтересованные стороны: специалисты службы эксплуатации и эксперты в области безопасности.</p>

---

<sup>7</sup> J.A. Fay, "The Spread of Oil Slicks on a Calm Sea" in *Oil on the Sea*, D.P. Hoult, ed. (New York, Springer, 1969), pp. 53–63.

---

*Ключевая информация Описание*

---

Принятые меры по снижению риска*	Вмешательство оператора в ручном режиме; меры профилактики включают соблюдение правил эксплуатации и процедур по охране труда/технике безопасности/охране окружающей среды; меры защиты включают применение плавучих сорбентов и скиммеров; на объекте внедрена процедура планирования готовности к чрезвычайным ситуациям и реагирования на них; утверждены инструкции по безопасной работе с диспергатором для нейтрализации разлива нефтепродуктов на обрабатываемой площади поверхности водоемов. Инструкции по работе с оборудованием в случае аварийных ситуаций в месте слияния рек.
----------------------------------	---

---

Таблица 12

**Количественная оценка уровней серьезности, использованных в матрице рисков**

<i>Серьезность риска</i>	<i>Гибель животных (тонны)</i>	<i>Загрязнение почвы (гектары)</i>	<i>Материальный ущерб (сербские динары/евро)</i>
Низкий	≤0,5	≤0,1	≤100 000/850
Значительный	0,5–5	0,1–1	100 000 — 1 млн/850 — 8 500
Высокий	5–10	1–10	1 млн — 10 млн/8 500 — 85 000
Очень высокий	10–30	10–30	10 млн — 100 млн/85 000 — 850 000
Катастрофический	>30	>30	>100 млн/850 000

---

#### 4. Словения

17. Участок площадью около 250 000 м<sup>2</sup> расположен вблизи реки, моря, промышленных и жилых зон (см. краткое описание тематического исследования в таблице 13).

Таблица 13

**Словения: краткое описание тематического исследования в отношении нефтяных терминалов**

---

*Ключевая информация Описание*

---

Сценарии крупных происшествий	Сценарий пожара. Разлив топлива из резервуара для хранения в отстойный бассейн, возгорание и распространение пламени на другой резервуар.
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	Смертельные случаи или травмы в результате пожара. Воздействие на окружающую среду в связи с выбросами в атмосферу. Люди в прилегающих к объекту зонах подвергаются воздействию токсичных газов, соседнее здание — воздействию избыточного давления и теплового излучения в результате пожара. Трансграничное воздействие не ожидается. Применялась методология из Руководства СЛЭ (Социальная лицензия на эксплуатацию) по идентификации опасностей и оценке рисков <sup>8</sup> . Для моделирования последствий использовалась система BREEZE.

---

<sup>8</sup> См. [https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Industrijske-nesrece/c93c587d86/pripravljeno\\_na\\_nesrece.pdf](https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Industrijske-nesrece/c93c587d86/pripravljeno_na_nesrece.pdf) (на словенском языке).

---

Ключевая информация Описание

---

Вероятность возникновения	В качестве инициирующих событий были приняты: разрушение резервуара, возгорание и отказ систем охлаждения. Вероятность происшествия была определена как $7,6 \times 10^{-14}$ /год. В качестве справочного материала использовалась Красная книга <sup>9</sup> . Вероятность отказа систем охлаждения составила $6,9 \times 10^{-2}$ /год, отказа резервуара — $1,1 \times 10^{-9}$ /год.
Представление риска	<p>В оценке рисков определен индивидуальный риск, связанный с воздействием факторов риска на персонал. Количественная оценка рисков выполнена с помощью моделирования последствий. Для оценки рисков также использовались следующие качественные методы: HazOp, HazId и общая оценка рисков.</p> <p>Использовались следующие качественные уровни серьезности риска:</p> <p>несущественный: отсутствие травм среди сотрудников на объекте и вблизи от объекта и/или незначительное повреждение единицы оборудования или устройства и/или получение бракованной партии и/или незначительный ущерб для окружающей среды;</p> <p>низкий: незначительные травмы среди сотрудников и/или повреждение отдельных единиц оборудования и/или незначительный простой производства и/или незначительное загрязнение окружающей среды;</p> <p>высокий: отдельные смертельные или серьезные травмы среди сотрудников или в непосредственной близости от объекта и/или значительное разрушение объекта и/или значительный простой производства и/или ущерб для окружающей среды без долгосрочных последствий;</p> <p>катастрофический: большее количество смертельных и/или серьезных травм среди сотрудников или населения и/или полное разрушение объекта и/или повреждение другого объекта и/или возникновение опасности для населения близлежащих районов или получение травм, долгосрочные последствия для окружающей среды.</p> <p>Для оценки вероятности использовались качественные уровни: несущественный; низкий; средний; высокий.</p>
Критерии приемлемости риска	<p>Риск считается приемлемым, если он оценивается как таковой по итогам применения критериев из матрицы рисков.</p> <p>В составлении матрицы рисков участвовали следующие заинтересованные стороны: специалисты службы эксплуатации и эксперты в области безопасности.</p>

---

<sup>9</sup> J.C.H. Schüller and others, *CPR 12E – Methods for determining and processing probabilities: “Red Book”* (n.p., CPR, 1997). URL: <https://publicatiereeksgevaarlijkstoffen.nl/publicaties/PGS4.html>.

Ключевая информация	Описание
---------------------	----------

Принятые меры по снижению риска*	Пожарная сигнализация, инфракрасный пожарный извещатель, система видеонаблюдения, визуальная и звуковая сигнализация; ПСБ, включая молниезащиту, резервуары с двойным дном, подключение огнетушащего вещества, систему крепления, защиту от избыточного давления с помощью предохранительных клапанов, противопожарную насыпь, контроль утечки снизу; меры профилактики, включая контроль уровня, датчики температуры, контроль переполнения; меры защиты, включая автоматизированную систему управления пожаротушением и охлаждением; планы реагирования на чрезвычайные ситуации для защиты и план спасения при авариях с опасными веществами.
----------------------------------	--

## D. Хранилище нитрата аммония

### 1. Эстония

18. Площадь участка составляет примерно 85 000 м<sup>2</sup>, на нем находится портовый склад нитрата аммония и удобрений на основе нитрата аммония. Объект расположен вблизи жилой зоны и рядом с морем (см. краткое описание тематического исследования в таблице 14).

Таблица 14

**Эстония: краткое описание тематического исследования в отношении хранилища нитрата аммония**

Ключевая информация	Описание
---------------------	----------

Сценарии крупных происшествий	Взрыв из-за загрязнения груза посторонними примесями, которые могут выступать в качестве катализатора в процессе самопроизвольного разложения. Повышение температуры нитрата аммония приведет к возникновению пожара и взрыву. Трансграничное воздействие не считается вероятным.
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	Смертельные случаи или травмы в результате пожара. Воздействие на окружающую среду включает загрязнение вследствие выделения продуктов горения и разложения. Разлив воды, использованной для тушения пожара, в море может привести к загрязнению окружающей среды. Ущерб будет нанесен и за пределами участка, в результате происшествия потребуется эвакуация порта и близлежащих жилых зон. На основе формулы эквивалентности тринитротолуола (методология Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии) выделены три типа зон поражения.
Вероятность возникновения	В качестве иницирующих событий приняты: человеческий фактор, технологические проблемы, отказ системы управления процессом, внешние факторы и природно-техногенные чрезвычайные ситуации (Natech). Вероятность определена с использованием баз данных исследования опасности и работоспособности (HazOp) и анализа отказов и их последствий (FMEA). Вероятность происшествия считалась «очень низкой» (т. е. 0,005–0,05 процента в год).

---

*Ключевая информация Описание*

---

Представление риска	<p>Среди различных видов рисков рассматривались индивидуальный и социальный риски (для людей, прилежащих территорий, окружающей среды) и риск материального ущерба. Полуколичественная оценка рисков была проведена с использованием методов HazOp и FMEA. Для оценки рисков выполнено моделирование последствий. Для определения риска использовалась матрица рисков.</p> <p>Для оценки серьезности риска использовались следующие качественные уровни: незначительный; умеренный; существенный; значительный; катастрофический.</p> <p>Для оценки вероятности использовались следующие качественные уровни: незначительный; низкий; средний; высокий; очень высокий.</p>
Критерии приемлемости риска	Отсутствуют.
Принятые меры по снижению риска*	Система сигнализации на участке и за его пределами; меры профилактики, включая ограждение, соблюдение требований пожарной безопасности, систему видеонаблюдения, систему контроля температуры, вентиляцию склада, различные виды сигнализации, техническое обслуживание и учения; меры защиты, включая средства индивидуальной защиты, купольный склад, огнетушители и пожарную сигнализацию; планы реагирования на случай внутренних и внешних чрезвычайных ситуаций в сценарии происшествия.

---

## 2. Латвия

19. На участке находится склад нитрата аммония и удобрений на основе нитрата аммония; он расположен вблизи железной дороги и промышленной зоны. Площадь участка не сообщалась (см. краткое описание тематического исследования в таблице 15).

Таблица 15

**Латвия: краткое описание тематического исследования в отношении хранилища нитрата аммония**

---

*Ключевая информация Описание*

---

Сценарии крупных происшествий	Пожар на погрузчике или грузовике с выбросом токсичного газообразного аммиака. Трансграничное воздействие не считается вероятным.
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними сообщения	<p>Происшествие приведет к травмам или смертельным случаям. Токсичное воздействие оксидов азота оценивалось исходя из концентрации на высоте 1,5 м (с учетом людей, находящихся вне помещений) и 5 м (с учетом проемов зданий).</p> <p>Последствия включают ущерб за пределами участка, респираторные заболевания, вызванные воздействием вредных веществ, травмы и смертельные случаи. Оценка последствий производилась для зоны поражения с минимальной летальностью 1 %.</p> <p>Для моделирования последствий использовалась Пурпурная книга.</p>



Ключевая информация	Описание
Вероятность возникновения	В качестве причин инициирующего события принят человеческий фактор и отказ системы управления процессом. Вероятность происшествия определяется по Красной книге.
Представление риска	Рассматривались индивидуальный и социальный риски. Качественная оценка рисков проведена с использованием методов FMEA. Также рассматривались и использовались методы количественной оценки рисков.
Критерии приемлемости риска	Критерий приемлемости индивидуального риска составил $10^{-6}$ в соответствии с рекомендациями Нидерландов.
Принятые дополнительные меры по снижению риска	В качестве профилактической меры установлено ограничение на объем нитрата аммония в одном штабеле. План реагирования на чрезвычайные ситуации в случае происшествия.

### 3. Нидерланды

20. Участок представляет собой предприятие по производству удобрений на основе нитрата аммония и хранилище аммиака неизвестного размера. Подробные сведения о степени воздействия в зависимости от расстояния от источника загрязнения не предоставлялись. Оцениваемый сценарий очень схож с тематическими исследованиями в отношении аммиачных холодильных установок, поскольку материал и последствия идентичны (см. краткое описание тематического исследования в таблице 16).

Таблица 16

#### Нидерланды: краткое описание тематического исследования в отношении хранилища нитрата аммония

Ключевая информация	Описание
Сценарии крупных происшествий	Рассматриваются сценарии выброса аммиака (разрушение резервуара, разрушение трубопровода). Трансграничное воздействие в данном случае не ожидается.
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	<p>Возможны смертельные случаи среди персонала за пределами территории объекта. Ожидаемое количество смертельных случаев рассчитано с использованием моделей интегрированной оценки рисков.</p> <p>Рассмотрено воздействие на окружающую среду в связи с выбросом. Летальность и количество смертельных случаев рассчитаны с использованием пробит-функций для токсичных веществ. Зона, для которой выполнены расчеты по опасности для людей, определена на основе уровней воздействия, сопоставимых с НУСВ.</p> <p>Моделирование последствий на основе Пурпурной книги. Использованы новые пробит-функции для токсичных веществ и уровни воздействия токсичных веществ с сайта РИВМ. Для моделирования последствий использовалась система Phast Safeti.</p>

<i>Ключевая информация Описание</i>	
Вероятность возникновения	В качестве инициирующих событий приняты человеческая ошибка, отказ системы контроля над процессом и деградация материала (коррозия). При определении вероятности происшествия в качестве справочных материалов использовались Красная книга и Пурпурная книга.
Представление риска	<p>Для определения вероятности происшествия использовалась Пурпурная книга.</p> <p>Вероятность катастрофического разрушения сосуда под давлением, содержащего аммиак, составила <math>10^{-6}</math>/год.</p> <p>В качестве опасности рассматривалось воздействие токсичного аммиака. Оценка рисков производилась для индивидуального и социального рисков. Определена зона, где люди могут подвергнуться опасности (концентрации в помещениях, превышающие опасные для жизни значения). Количественная оценка рисков проводилась с использованием стандартного набора сценариев и частот в сочетании с моделированием последствий.</p> <p>Матрица рисков не использовалась. Суммарный риск рассчитан с учетом индивидуального и социального рисков (кривая f-n).</p>
Критерии приемлемости риска	<p>Критерии приемлемости риска определены в соответствии с нормативными документами: индивидуальный риск ниже <math>10^{-6}</math>/год в месте расположения жилых домов; социальный риск <math>10^{-3} \cdot N^{-2}</math>/год. См. кривую социального риска в Пурпурной книге.</p> <p>Критерии установлены только для оценки рисков для человека. Критерии для оценки рисков для окружающей среды не установлены.</p> <p>Критерии приемлемости риска определены на основе требований национального законодательства.</p>
Принятые дополнительные меры по снижению риска	Оценка рисков использовалась для планирования территории за пределами участка, а не для определения мер по снижению риска. Компания должна принять меры, основанные на матрице рисков и согласованные с компетентными органами.

## Е. Хлор

### 1. Франция

21. Участок площадью около 560 000 м<sup>2</sup> расположен рядом с железной дорогой, автомагистралью и двумя заводами (см. краткое описание тематического исследования в таблице 17).

Таблица 17

#### Франция: краткое описание тематического исследования в отношении хлора

<i>Ключевая информация Описание</i>	
Сценарии крупных происшествий	Выброс токсичного газообразного хлора. Трансграничное воздействие не считается вероятным.

---

Ключевая информация Описание

---

Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	<p>В наихудшем, «крайне маловероятном» сценарии ожидается два смертельных случая и 94 травмы. Выброс токсичного газа в атмосферу приведет к воздействию на окружающую среду.</p> <p>Использованы национальные пороговые значения, аналогичные НУЖЗ. Моделирование последствий (рассеивание газа) проводилось с использованием систем ALOHA, Phast и FLame ACceleration Simulator (FLACS), в качестве справочных материалов использовалась национальная база данных, опубликованная французским Национальным институтом по изучению промышленной среды и промышленных рисков.</p>
Вероятность возникновения	<p>Иницирующие события включали отказ оборудования. Вероятность была оценена с помощью собственной базы данных, принадлежащей компании Arkema (DOROTE), программ Safecalc и EXE с данными по срыву мероприятий, направленных на контроль рисков (расчетная вероятность срыва мероприятий находится в диапазоне от <math>10^{-2}</math> до <math>10^{-3}</math>/год).</p> <p>Вероятность происшествия в результате событий, связанных с нарушением герметичности длительностью от 5 секунд до 60 минут, составляла от <math>8,5 \times 10^{-6}</math> до <math>8,6 \times 10^{-8}</math>/год соответственно. Вероятность разрыва трубы длительностью 60 минут оценивается как <math>5,3 \times 10^{-5}</math>/год.</p>
Представление риска	<p>В оценке рисков определен индивидуальный риск, связанный с воздействием газообразного хлора на персонал. Количественная оценка рисков выполнена по методу «галстук-бабочка».</p> <p>Для оценки рисков использовалась матрица рисков.</p> <p>Использовались следующие качественные уровни серьезности риска:</p> <p>умеренный: без травм и смертельных случаев;</p> <p>серьезный: незначительные травмы/заболевания;</p> <p>значительный (госпитализация в связи с воздействием вредных факторов/постоянная нетрудоспособность);</p> <p>гибельный/катастрофический: смертельные случаи.</p> <p>Для оценки вероятности использовались следующие качественные уровни: крайне низкий; очень низкий; низкий; средний; высокий.</p>
Критерии приемлемости риска	<p>Критерии приемлемости риска определены на основе национальных критериев (циркуляр от 10 мая 2010 года) с использованием сочетания качественных и количественных уровней, т. е. с учетом серьезности сценария и вероятности его реализации. В таблице 18 приведен пример критериев приемлемости риска.</p> <p>При оценке рисков для человека и окружающей среды использовались разные подходы. Воздействие на окружающую среду рассматривалось с использованием качественного подхода для каждого конкретного случая.</p> <p>В определении матрицы рисков участвовали следующие заинтересованные стороны: специалисты службы эксплуатации, эксперты в области безопасности и сотрудники местного компетентного органа.</p>

Ключевая информация	Описание
---------------------	----------

Принятые меры по снижению риска*	Установлены детекторы токсичных газов и системы сигнализации; меры профилактики включали регулярные испытания на герметичность, выбор стальных труб и уплотнений, промывку азотом; меры защиты включали использование клиньев и тормозов для вагонов с хлором; приняты планы реагирования на чрезвычайные ситуации на случай выброса токсичных газов на предприятии с воздействием на близлежащие объекты; разработана специальная процедура для предотвращения загрязнения воды.
----------------------------------	---

Таблица 18

**Франция: критерии приемлемости риска, связанного с хлором**

GRAVITÉ des conséquences	PROBABILITÉ (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux	NON partiel (établissements nouveaux : note 2) / MMR rang 2 (établissements existants : note 3)	NON Rang 1	NON Rang 2	NON Rang 3	NON Rang 4
Catastrophique	MMR Rang 1	MMR Rang 2 (note 3)	NON Rang 1	NON Rang 2	NON Rang 3
Important	MMR Rang 1	MMR Rang 1	MMR Rang 2 (note 3)	NON Rang 1	NON Rang 2
Sérieux			MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON Rang 1
Modéré					MMR Rang 1

*Примечание:* «Gravité des conséquences» означает «Серьезность последствий»; «Désastreux» означает «Гибельный»; «Catastrophique» означает «Катастрофический»; «Important» означает «Значительный»; «Sérieux» означает «Серьезный»; «Modéré» означает «Умеренный»; «NON partiel (établissements nouveaux: note 2)» означает «Частично НЕТ (новые предприятия: прим. 2)»; «MMR rang 2 (établissements existants: note 3)» означает «Ранг 2 мер оценки рисков (существующие предприятия: прим. 3)»; «PROBABILITÉ (sens croissant de E vers A)» означает «ВЕРОЯТНОСТЬ (в возрастающей последовательности от E к A)».

**2. Венгрия**

22. Участок площадью около 33 500 м<sup>2</sup> находится рядом с жилой зоной (300 м) и промышленной зоной (100 м) (см. краткое описание тематического исследования в таблице 19).

Таблица 19

**Венгрия: критерии приемлемости риска, связанного с хлором**

Ключевая информация	Описание
---------------------	----------

Сценарии крупных происшествий	На объекте присутствует вагон-цистерна объемом 40 м <sup>3</sup> , содержащая 50 тонн жидкого хлора под избыточным давлением 4,2 бар. Рассматривались три различных сценария разлива хлора: катастрофический разрыв, утечка в течение 10 минут и разгерметизация трубы диаметром 10 мм. Наихудшим сценарием признана утечка в течение 10 минут. Трансграничное воздействие не считается вероятным ни в одном из сценариев. В комплексном количественном анализе рисков учтены все возможные погодные условия; для исследования последствий использовались следующие условия: скорость ветра 1 м/с и класс устойчивости атмосферы по Паскуиллу F («очень устойчивая»).
-------------------------------	---

---

Ключевая информация Описание

---

Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	<p>Ожидаются травмы и смертельные случаи среди персонала. Результаты количественной оценки последствий по зонам поражения: 100-процентная летальность: 0 человек (около 380 м); 50-процентная летальность: 1000 человек (около 700 м); 10-процентная летальность: 3800 человек (около 1300 м); 1-процентная летальность: 5000 человек (~2400 м).</p> <p>В результате выброса в атмосферу токсичного газообразного хлора ожидается воздействие на окружающую среду. Из-за выброса токсичных веществ потребуется эвакуация прилегающих жилых зон.</p> <p>Расчеты вероятности смертельных случаев производились с использованием пробит-методов. В качестве справочного пособия для моделирования последствий использовалась Зеленая книга. Для моделирования последствий использовалась система Safeti 8.4.</p> <p>Результаты моделирования последствий включали кривые летальности для наихудшего сценария (выброс 50 тонн хлора в течение 10 минут, см. рис. 14) и карту уровней летальности для наихудшей стабильности атмосферы, наихудшей скорости ветра и наихудшего направления ветра (см. рис. 15).</p>
Вероятность возникновения	<p>Иницирующие события включали разрушение конструкции и эффект домино от других установок. Для определения вероятности происшествия использовалось Справочное руководство по оценке рисков Беви и Пурпурная книга. Частота разливов всего содержимого резервуара за 10 минут в непрерывном и постоянном потоке сжиженного токсичного газа составила <math>5 \times 10^{-6}</math>/год.</p>
Представление риска	<p>Комплексная оценка рисков предприятия относится ко всем возможным сценариям, включая нарушение герметичности различных емкостей, трубопроводов и технологических сосудов. Все сценарии, значительно усугубляющие риск, характерный для определенной территории, и/или социальный риск, были включены в количественный анализ рисков, если они соответствовали двум условиям: частота реализации сценария <math>\geq 10^{-9}</math> в год; за пределами границ участка возможна травма с летальным исходом (летальность 1 %).</p> <p>Матрица рисков не использовалась для оценки рисков. Представление рисков включало следующие элементы: матрица погоды (скорость ветра, направление ветра, стабильность атмосферы); отчет о рейтинге рисков; индивидуальный и социальный риски, представленные на рис. 16 и рис. 17.</p>
Критерии приемлемости риска	<p>Критерии приемлемости риска включали зоны приемлемого и неприемлемого уровня риска и летальности (см. рис. 18).</p> <p>К рискам для человека и для окружающей среды применялись разные критерии. Используемые критерии приемлемости рисков для окружающей среды имели качественный характер, поскольку в нормативных актах содержались только практические рекомендации. В число заинтересованных сторон входили оператор и лицензированные консультанты.</p>

Ключевая информация Описание

Принятые меры по снижению риска\*

Детекторы токсичного газа и системы сигнализации; ПСБ: контроль уровня, давления и температуры; меры профилактики, включая стационарную систему форсунок водяной завесы, установленную вокруг места разгрузки вагонов-цистерн (~20 x 5 м), система периодически проверяется в ручном режиме; имеются планы действий на случай внутренних и внешних чрезвычайных ситуаций.

Рис. 14

Венгрия: зависимость летальности при воздействии хлора от расстояния

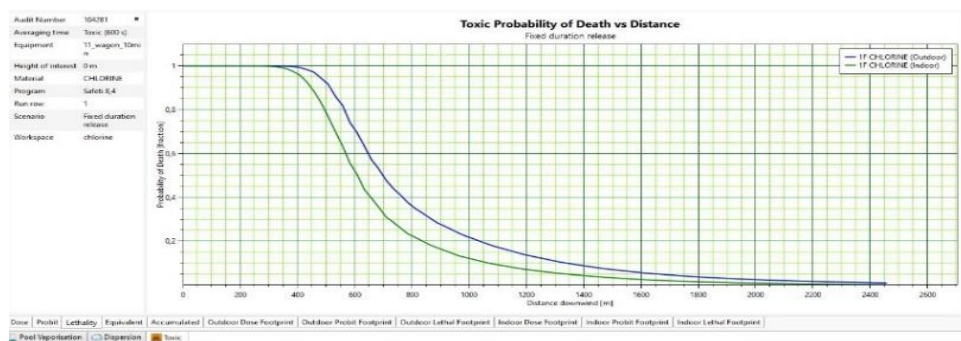


Рис. 15

Венгрия: контуры зон летальности при воздействии хлора: 1 %, 5 %, 50 % и 100 %

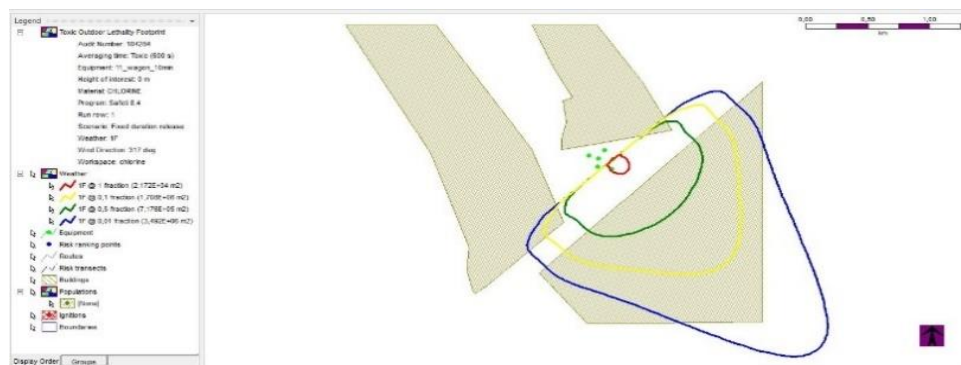


Рис. 16

Венгрия: контуры индивидуального риска при воздействии хлора

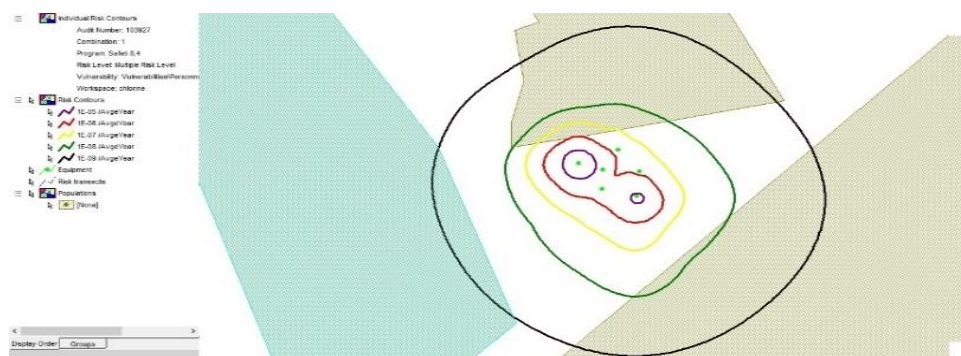


Рис. 17

Венгрия: кривая f-n социального риска, связанного с хлором

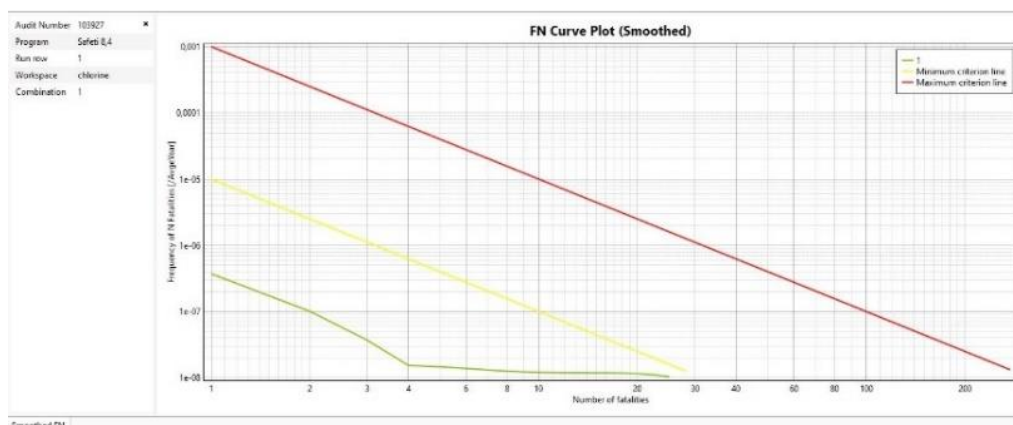
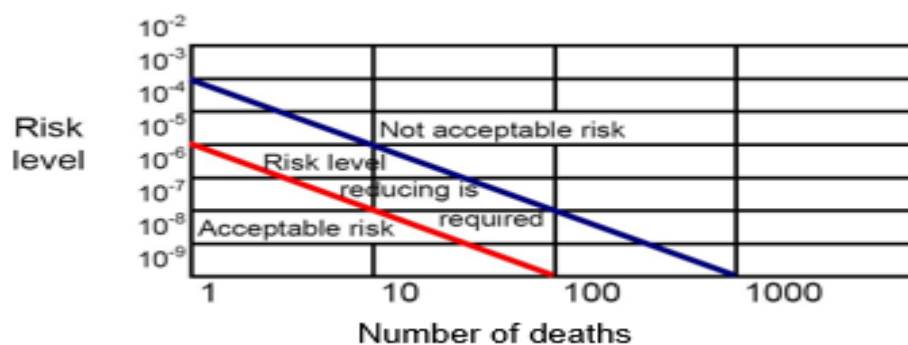


Рис. 18

Венгрия: критерии приемлемости риска, связанного с хлором



### 3. Швейцария (трансграничное воздействие)

23. Участок площадью около 160 000 м<sup>2</sup> представляет собой бывшее предприятие по электролизу хлорсодержащей щелочной среды, находящееся на территории промышленного парка. Подробные сведения о степени воздействия в зависимости от расстояния от источника загрязнения не предоставлялись. Рассмотрено трансграничное воздействие на территории Германии (см. краткое описание тематического исследования в таблице 20).

Таблица 20

Швейцария (трансграничное воздействие): критерии приемлемости риска воздействия хлора

Ключевая информация	Описание
Сценарии крупных происшествий	Выброс токсичного газообразного хлора при различных сценариях. В качестве наихудшего сценария было принято разрушение резервуаров для хранения хлора в результате землетрясения. Трансграничное воздействие считается возможным и может затронуть Германию. Соседнее государство было уведомлено.

---

Ключевая информация Описание

---

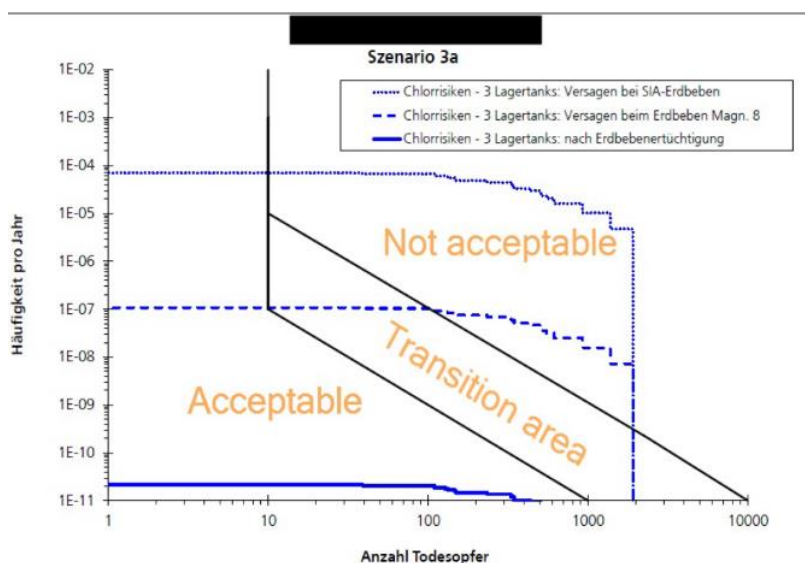
Последствия попадания опасных материалов в окружающую среду и связанные с ними соображения	<p>В результате оценки рисков количество потенциальных смертельных случаев составит 2000. В случае землетрясения из-за масштабного разрушения гражданских зданий и инфраструктуры эвакуация будет невозможна. Территория Германии, которая подвергнется последствиям такой аварии, не заселена, поэтому количественная оценка трансграничного ущерба не проводилась.</p> <p>Моделирование последствий проводилось с помощью инструмента EFFECTS.</p>
Вероятность возникновения	<p>В качестве причины происшествия принято землетрясение.</p> <p>Для определения вероятности возникновения использовался норматив Швейцарского объединения инженеров и архитекторов (SIA). Вероятность землетрясений в этой местности согласно SIA составляет около <math>10^{-3}</math>/год (один раз в 475 лет).</p>
Представление риска	<p>Социальный риск, связанный с воздействием газообразного хлора на персонал. Количественная оценка рисков выполнена с помощью анализа дерева отказов (FTA) и анализа дерева событий (ETA).</p> <p>Для оценки рисков использовалась матрица рисков. Количественные уровни серьезности, использованные в матрице рисков, были определены на основе количества смертельных случаев. Количественные уровни вероятности, использованные в матрице рисков, были определены в диапазоне от <math>10^{-1}</math>/год до <math>10^{-10}</math>/год (см. рис. 19).</p>
Критерии приемлемости риска	<p>Федеральный департамент охраны окружающей среды Швейцарии выпустил документ, содержащий количественные критерии приемлемости социального риска. При оценке рисков для человека и для окружающей среды использовались разные критерии. В определении матрицы рисков участвовали следующие заинтересованные стороны: специалисты службы эксплуатации предприятия и эксперты в области безопасности.</p> <p>Критерии приемлемости риска установлены для трех разных диапазонов: «Приемлемый», «Переходный» и «Неприемлемый», в зависимости от частоты происшествий в год (ось Y) и летальности (ось X) (см. рис. 20).</p> <p>При оценке рисков для окружающей среды в Швейцарии также применяются некоторые количественные критерии приемлемости риска, но вместо оси «Летальность» используется другое обозначение оси X.</p>
Принятые дополнительные меры по снижению риска	<p>Сейсмическая реконструкция здания склада и концепция второго барьера; разработаны планы реагирования на чрезвычайные ситуации на случай выброса токсичных газов на предприятии, например в спринклерную систему и в специальную пожарную машину добавлен тиосульфат натрия.</p>

---



Рис. 19

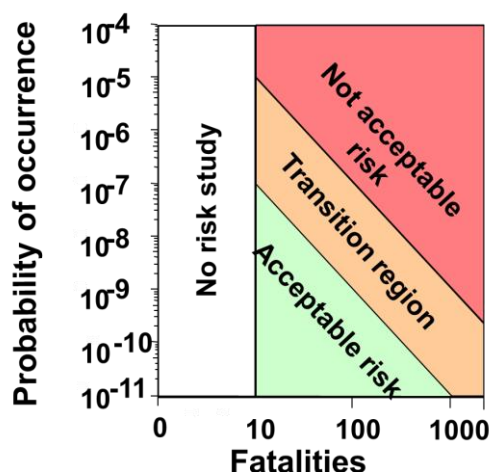
**Швейцария (трансграничное воздействие): представление риска воздействия хлора**



*Примечание:* «Häufigkeit pro Jahr» означает «Частота в год»; «Anzahl Todesopfer» означает «Число погибших»; «Szenario 3a» означает «Сценарий 3a»; «Chlorrisiken» означает «Риски, связанные с хлором»; «Lagertanks» означает «Резервуары для хранения»; «Versagen bei SIA-Erdbeben» означает «Разрушение при землетрясении согласно SIA»; «Versagen beim Erdbeben Magn. 8» означает «Разрушение при землетрясении магнитудой 8 баллов»; «nach Erdbebenertüchtigung» означает «после сейсмической реконструкции».

Рис. 20

**Швейцария (трансграничное воздействие): критерии приемлемости риска, связанного с хлором**



#### IV. Основные выводы

24. В данном докладе рассмотрены методологии оценки рисков, использованные в 18 тематических исследованиях из стран ЕЭК, включая трансграничные примеры из Сербии (нефтяной терминал) и Швейцарии (аммиачные холодильные установки и хлор). Тематические исследования были проанализированы на основе пяти различных типов объектов: СНГ/СПГ, аммиачные холодильные установки, нефтяные терминалы, хранилища нитрата аммония и хлора.

25. Ниже приведены некоторые важные сравнительные и отличительные характеристики, полученные на основе тематических исследований в области оценки рисков:

a) сходные характеристики: в большинстве тематических исследований наблюдалось сходство в близлежащих объектах воздействия, базах данных, ресурсах, использованных для определения параметров оценки рисков, таких как серьезность риска и вероятность его реализации, и в программном обеспечении, используемом для моделирования последствий;

b) тип объекта: тип объекта определяет основной исследуемый опасный материал и, таким образом, является основным фактором, влияющим на вид последствий. При этом тип объекта не влияет на большинство других параметров оценки, такие как экологические соображения, вид проведенной оценки рисков, используемые инструменты и базы данных. Размеры объекта и его близость к населенным зонам оказали большее влияние на масштаб последствий, чем тип объекта;

c) масштаб: в данную выборку тематических исследований включены объекты разных масштабов (от 1000 до 600 000 м<sup>2</sup>);

d) причины происшествий: среди общих причин происшествий, рассмотренных в этих оценках, были человеческий фактор, разрушение структуры, отказ оборудования, технологические сбои, сбои в системе управления процессом, стихийные бедствия (землетрясения, грозы). По-видимому, тип объекта не оказал существенного влияния на причину происшествия. В большем количестве случаев причины зависели от конкретного рассматриваемого сценария происшествия. Ни в одном сценарии в качестве отдельного иницирующего события не был указан человеческий фактор;

e) вероятность: вероятность иницирующих событий оценивалась в диапазоне от 10<sup>-2</sup>/год до 10<sup>-14</sup>/год;

f) моделирование последствий: в нескольких тематических исследованиях для определения воздействия теплового излучения, концентрации токсичных веществ и радиусов поражения взрыва на участке и за его пределами проводилось моделирование последствий. Для моделирования последствий, когда оно применялось, использовался небольшой набор существующих программных платформ, включая Phast Safeti, EFFECTS, ALOHA и BREEZE. В приложении к настоящему документу перечислены многие другие имеющиеся на рынке программные платформы и варианты их применения. Применение разными участниками меньшего количества программных пакетов может облегчить передачу и понимание результатов различными заинтересованными сторонами;

g) базы данных: в числе использованных баз данных и справочных материалов для моделирования последствий были: Пурпурная книга, Зеленая книга и Желтая книга. Для определения вероятности происшествия использовались такие базы данных и справочники, как Красная книга и Пурпурная книга;

i) также использовались следующие национальные базы данных: Классификация опасных зон РИВМ, процедуры на основе контрольного перечня Ассоциации агентств технического надзора (Германия), база данных Информационной системы управления исследовательскими действиями администрации (Швейцария), польские и венгерские рекомендации по содействию в реструктуризации экономики, норматив Швейцарского объединения инженеров и архитекторов и собственная база данных, принадлежащая компании Arkema;

ii) по-видимому, в разных странах в качестве справочных материалов широко используются «цветные книги» (Зеленая книга, Желтая книга, Пурпурная книга и Красная книга);

h) представление рисков: в большинстве тематических исследований для представления результатов использовалась матрица рисков. Почти в каждом тематическом исследовании использовались как качественные, так и количественные методы оценки рисков. В большинстве сценариев происшествий, рассмотренных для оценки рисков, были события с низкой вероятностью возникновения. В использованных матрицах рисков насчитывалось от 3 до 5 уровней серьезности и вероятности, что, по-видимому, является нормой для оценки рисков в странах Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК). Значения уровней серьезности и вероятности зависели от типа используемой матрицы рисков и в значительной степени — от задействованных заинтересованных сторон и выбранных критериев принятия рисков. В тематических исследованиях, в которых не использовалась матрица рисков, критерии принятия рисков были определены на основе серьезности и вероятности происшествий, что свидетельствует о применении подхода, аналогичного матрице рисков;

i) критерии приемлемости риска: критерии приемлемости риска существенно разнились в зависимости от страны, компании, местности и задействованных заинтересованных сторон, таких как специалисты по безопасности технологических процессов, специалисты службы эксплуатации и операторы объектов, федеральные и юридические органы. В конечном счете критерии приемлемости риска, как было отмечено, сильно зависят от двух факторов: нормативных актов страны и матрицы рисков, разработанной заинтересованными сторонами. Для всех типов установок в некоторых странах применяются предельные значения последствий, а в других странах разработаны индивидуальные критерии приемлемости, основанные на индивидуальном или социальном рисках, с определением приемлемых и неприемлемых диапазонов значений, зависящих от уровней риска и летальности согласно оценке по типу матрицы рисков;

j) вопросы, касающиеся окружающей среды: в большинстве тематических исследований к рискам для человека и для окружающей среды применялись разные критерии. Лишь очень немногие страны учитывают количественную оценку воздействия на окружающую среду. Критерии рисков для окружающей среды, рассмотренные в большинстве тематических исследований, были качественными;

k) вопросы, связанные с трансграничным воздействием: в очень небольшом количестве тематических исследований рассматривалось трансграничное воздействие. Если проводится оценка трансграничных рисков, выбор критериев приемлемости и источников данных для оценки как вероятности, так и последствий должен быть согласован до проведения оценки рисков.

26. Выводы, полученные на основе тематических исследований, могут использоваться для совершенствования существующих методик оценки рисков и обмена идеями между странами ЕЭК в целях повышения безопасности объектов, близлежащих территорий и окружающей среды.

## Приложение

### Список доступных в настоящее время программных средств

1. В данном приложении перечислены программные средства для оценки рисков. Списки, представленные в данном приложении, не являются исчерпывающими. Существуют и другие сопоставимые инструменты, включая снятое с производства и устаревшее программное обеспечение, которое больше не поддерживается производителем. Цель данного приложения — подчеркнуть разнообразие вариантов, доступных для решения различных задач в области оценки рисков.

#### I. Программные средства для анализа опасностей

2. Несмотря на наличие на рынке программных средств для анализа опасностей, многие организации разрабатывают собственные структуры файлов в текстовых редакторах, электронных таблицах или базах данных (например, на основе Microsoft Office).

3. Программы, перечисленные в таблице A.1, обеспечивают основу для выполнения и документального оформления анализа опасности процессов, включая возможность опираться на результаты предыдущих исследований.

Таблица A.1

#### Программные средства для анализа опасностей

Название	<i>Hazop</i> <sup>+a</sup>	<i>PHA Pro</i> <sup>b</sup>	<i>PHA-Tool</i> <sup>c</sup>	<i>PHAWorks</i> <sup>d</sup>
Разработчик	Isograph	sphere	BakerRisk	Primatech
Назначение	Исследование опасности и работоспособности	Анализ опасности процессов (различные методы)		
Применение	Документирование опасностей процессов и управление ими			
Преимущества	Поддержка метода исследования опасности и работоспособности (HazOp)	Поддержка методов исследования опасности и работоспособности (HazOp) и «что будет, если...»; регистр предположений, журнал изменений. Настраиваемая интерактивная матрица рисков; возможность объединения рекомендаций в группы		
Ограничения	Отсутствие других методов	Необходимость дополнительных модулей для углубленного анализа		
Доступность	По лицензии			

Сокращения: HazOp — исследование опасности и работоспособности.

#### II. Программные средства для анализа дерева событий/анализа дерева отказов

4. Следует отметить, что на рынке существует несколько программных средств, предназначенных для разработки анализа дерева отказов (FTA), анализа дерева событий (ETA) и связанного анализа видов и последствий отказов (FMEA)/анализа видов, последствий и критичности отказов (FMECA), включая бесплатные версии с ограниченной функциональностью и облачные/онлайн-версии (см. таблицу A.2).

<sup>a</sup> URL: <http://www.isograph.com/software/hazop/>.

<sup>b</sup> URL: <https://sphaera.com/pha-pro-software/>.

<sup>c</sup> URL: <http://www.bakerrisk.com/products/software-tools/pha-tool>.

<sup>d</sup> URL: <http://www.primattech.com/software/phaworks>.

Таблица А.2

**Программные средства для анализа дерева событий/анализа дерева отказов**

Название	CAFTA <sup>a</sup>	ITEM ToolKit <sup>b</sup>	Reliability Workbench/ FaultTree+ <sup>c</sup>	RAM Commander <sup>d</sup>	RiskSpectrum <sup>e</sup>
Разработчик	EPRI	ITEM Software	Isograph	ALD Software Limited	Регистр Ллойда
Назначение	FTA, ETA	FTA, ETA, FMEA/FMECA	FTA, ETA, FMEA/FMECA	FTA, ETA, FMECA	FTA, ETA
Применение	Общий анализ деревьев отказов и деревьев событий		Моделирование и анализ дерева отказов и связанного дерева событий	Оценка надежности электронных/механических систем	Моделирование и анализ дерева отказов и связанного дерева событий
Преимущества	Упрощает моделирование последствий аварий с помощью деревьев событий. Удобная интеграция деревьев отказов, деревьев событий и базы данных надежности	Определяет важность элемента; интегрируется с другими модулями, используемыми для анализа надежности и стоимости системы	Встроенные библиотеки данных об отказах. Возможность привязки к другим модулям, используемым для анализа надежности	Подробный анализ на уровне оборудования/системы; анализ чувствительности	Возможность привязки к другим модулям, используемым для анализа элементов риска, включая анализ надежности оператора. Может использоваться для анализа внутренних, территориальных (пожар и наводнение) и внешних (сейсмических) событий
Возможность интеграции условий, характерных для конкретного участка	Да				Да
Ограничения	Доступ к программному обеспечению имеют только члены EPRI	Данные о надежности должны настраивать пользователь		Ориентирован на стандарты аэрокосмической, оборонной и транспортной отраслей	Собственный вычислительный алгоритм. Ориентирован на атомную промышленность
Доступность	По лицензии; демо-версия доступна бесплатно без возможности сохранять файлы	По лицензии; демо-версия доступна бесплатно без возможности сохранять файлы и с ограничением по длительности сессии	По лицензии	По лицензии	По лицензии

Сокращения: EPRI — Научно-исследовательский институт электроэнергетики.

<sup>a</sup> URL: <http://www.epri.com/research/products/000000003002004316>.

<sup>b</sup> URL: [http://www.itemsoft.com/item\\_toolkit.html](http://www.itemsoft.com/item_toolkit.html).

<sup>c</sup> URL: <http://www.isograph.com/software/reliability-workbench/fault-tree-analysis-software/>.

<sup>d</sup> URL: <https://aldservice.com/reliability-products/rams-software.html>.

<sup>e</sup> URL: <http://www.lr.org/en/riskspectrum/technical-information/psa/>.

### III. Программные средства для количественного анализа рисков

5. В таблице А.3 приведены примеры имеющегося на рынке программного обеспечения для количественного анализа рисков.

Таблица А.3

#### Программные средства для количественного анализа рисков

Название	ARIPAR <sup>a</sup>	FLACS-RISKCURVES <sup>b</sup>	QRATool <sup>c</sup>	RAPID-N <sup>d</sup>	Safeti <sup>e</sup>	SHEPHERD <sup>f</sup>
Разработчик	KPC	TNO (владелец: GexCon)	BakerRisk	JRC	DNV	Shell (владелец: GexCon)
Описание	Выполняет количественную оценку территориального риска, возникающего в результате крупных происшествий с опасными веществами	Выполняет количественную оценку рисков, связанных с хранением и транспортировкой опасных веществ, для близлежащих сооружений и населения, как в городской среде, так и на химических объектах	Агрегирует последствия из программного обеспечения SafeSite и изменяет данные о частоте	Выполняет анализ рисков природно-техногенных катастроф в критических элементах инфраструктуры химической промышленности	Количественный анализ рисков наземных технологических, химических и нефтехимических объектов	Программное обеспечение для управления рисками, разработанное специально для наземных объектов и операций
Назначение	Общее	Общее	Общее	Природно-техногенные катастрофы	Общее	Нефтегазовые объекты на суше
Применение	Контурные зоны риска и кривые f-n	Оценка видов деятельности/сценариев, сопряженных с высоким уровнем риска и градостроительством, нормативных и корпоративных критериев	Оценка и ранжирование рисков взрыва, возникновения пожара и распространения токсичных веществ и стратегий их снижения. Результаты оценки индивидуального и социального рисков. Расчет последствий превышения предельных уровней загрязнения	Анализ рисков, связанных с природно-техногенными катастрофами в результате выброса или разлива опасных веществ, пожара и взрыва	Контурные зоны риска, кривые f-n и ранжирование факторов риска. Учет местного населения и погоды	Анализ рисков

<sup>a</sup> URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC66551>.

<sup>b</sup> URL: <https://gexcon.com/products-services/riskcurves-software/>.

<sup>c</sup> URL: [www.bakerrisk.com/products/software-tools/gratool/](http://www.bakerrisk.com/products/software-tools/gratool/).

<sup>d</sup> Инструмент быстрой оценки рисков NaTech (RAPID-N) доступен на сайте <https://rapidn.jrc.ec.europa.eu/>.

<sup>e</sup> URL: <https://dnv.com/safeti>.

<sup>f</sup> URL: <https://gexcon.com/products-services/shell-shepherd-software/>.

Название	ARIPAR <sup>a</sup>	FLACS-RISKCURVES <sup>b</sup>	QRATool <sup>c</sup>	RAPID-N <sup>d</sup>	Safeti <sup>e</sup>	SHEPHERD <sup>f</sup>
Учитывает риск, связанный с транспортировкой химических веществ	Да	Да	Нет	Нет	Да	Да
Преимущества	Контроль территориального риска на основе платформы геоинформационной системы	Открытая архитектура, позволяющая вводить данные из разных программ	Многовариантная оценка индивидуального или общественного риска	Единственный известный инструмент для анализа природно-техногенных катастроф	Включена библиотека химических соединений	
Быстрые результаты	Да				Да	
Возможность нанесения зон угрозы на карты	Да		Да		Да	Да
Анализ чувствительности	Да					Да
Верификация и валидация в открытом доступе	Да	Да (в Желтой книге)		Да		
Возможность интеграции условий, характерных для конкретного участка	Да		Да		Да	Да
Ограничения	Отсутствует описание физических моделей	Требуется сложный ввод данных	Используются результаты анализа последствий из SafeSite, возможность импортировать какие-либо другие результаты отсутствует	В качестве исходных данных используется Руководство ПУР АООС США для анализа последствий за пределами участка	Интегральные модели	Отсутствует моделирование выбросов/разливов токсичных веществ
Отсутствует моделирование последствий для окружающей среды	X		X	X	X	X
Верификация и валидация в открытом доступе отсутствуют			X		X	X
Доступность	Частичное прекращение поддержки	По лицензии	По лицензии	Бесплатно с отказом от ответственности	По лицензии	По лицензии

Сокращения: АООС США — Агентство по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки, ПУР — Программа управления рисками.

## IV. Программные средства для анализа последствий

6. В таблице А.4 приведены примеры имеющегося на рынке программного обеспечения для анализа последствий.

Таблица А.4

### Программные средства для анализа последствий

Название	ADAM <sup>a</sup>	ALOHA <sup>b</sup>	BREEZE <sup>c</sup>	CANARY <sup>d</sup>	DEGADIS <sup>e</sup>
Разработчик	JRC	EPA	Trinity Consultants	Quest Consultants	EPA
Описание	Рассчитывает физические последствия промышленных аварий в результате не преднамеренного выброса/разлива опасного вещества, химических пожаров, взрыва облака пара (VCE) и вдыхания паров токсичных химических веществ	Моделирует выбросы/разливы химических веществ для служб экстренного реагирования и специалистов по планированию. Оценивает рассеивание облака токсичных веществ после выброса/разлива токсичных веществ и нескольких сценариев пожара и взрыва	Многомодульная платформа для моделирования рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере; моделирует последствия пожаров, взрывов, попадания токсичных веществ в атмосферу для здоровья человека и для окружающей среды. На основе программного обеспечения, разработанного EPA (AERMOD)	Инструмент для моделирования последствий и опасностей, поддерживающий термодинамические расчеты для разливов жидкости, изменяющихся во времени	Моделирует перенос токсичных химических веществ в атмосферу
Применение	Анализ последствий выброса/разлива легковоспламеняющихся и токсичных веществ	Анализ последствий выброса/разлива легковоспламеняющихся и токсичных веществ	Моделирование различных сценариев последствий	Анализ последствий сценариев выброса/разлива легковоспламеняющихся веществ и нарушения герметичности	Распространение токсичных веществ (непрерывное, мгновенное, с конечной продолжительностью или изменяющееся во времени)
Условия источника <sup>f</sup>	Да	Вручную	Да	Да	Вручную
Формы физического воздействия <sup>g</sup>	Все	Рассеивание	Все	Все	Рассеивание

<sup>a</sup> Модуль анализа ущерба от аварий (ADAM) доступен на сайте

<https://adam.jrc.ec.europa.eu/en/adam/content>.

<sup>b</sup> Области расположения опасных атмосфер (ALOHA) доступны на сайте

<https://epa.gov/cameo/aloha-software>.

<sup>c</sup> URL: <http://www.trinityconsultants.com/software>.

<sup>d</sup> URL: <http://www.questconsult.com/software/canary/>.

<sup>e</sup> Модель рассеивания плотного газа (DEGADIS) доступен на сайте

[https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?Lab=&direntryid=2904](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=&direntryid=2904).

<sup>f</sup> Количество химического вещества, выброшенного в атмосферу/разлитого в случае нарушения герметичности, включая соответствующие химические параметры.

<sup>g</sup> Рассеивание токсичных газов, тепловое излучение при пожаре, избыточное давление при взрыве и т. д.



Название	ADAM <sup>a</sup>	ALOHA <sup>b</sup>	BREEZE <sup>c</sup>	CANARY <sup>d</sup>	DEGADIS <sup>e</sup>
Уязвимость <sup>h</sup>	Да	Да	Да	Да	Интенсивность воздействия
Преимущества	Удобство для компетентных органов Европейского союза, инструмент разработан с целью включения нормативных актов и директив Европейского союза в моделирование последствий	Выдает приемлемые результаты достаточно быстро для использования в экстренных ситуациях. Возможность привязки к реальным условиям в Соединенных Штатах. Удобство в использовании в полевых условиях	Возможность моделировать выброс/разлив веществ в нестабильном состоянии; модули для СПГ/СНГ; улучшенные средства визуализации и управления экспортом данных	База данных химических соединений. Модели опасности от рассеивания паров, теплового излучения при пожаре или взрыве облака пара могут быть оценены по предельным значениям последствий концентрации газа, теплового излучения или избыточного давления	Моделирование различных условий выброса плотного газа
Ограничения	Программное обеспечение не может быть предоставлено неправительственным организациям	Некоторые модели упрощены для удобства использования и скорости получения результатов	ExDAM не подходит для составления профилей давления/импульса, изменяющихся во времени, и для загроможденных помещений	Ограничения неизвестны	Можно смоделировать только один набор метеорологических условий. Сфера применения ограничена плотными газами
Доступность	Бесплатно <sup>i</sup>	Бесплатно	По лицензии <sup>j</sup>	По лицензии	Бесплатно

<sup>h</sup> Определение вреда, причиняемого физическим воздействием, с учетом вероятности, продолжительности и интенсивности воздействия.

<sup>i</sup> Доступно только для компетентных органов Европейского союза, соседних стран Европейского союза и стран Организации экономического сотрудничества и развития, ответственных за управление химическими рисками. Недоступно для неправительственных организаций (НПО) (отраслевых, внешних консультантов и т. д.).

<sup>j</sup> AERMOD предоставляется бесплатно Агентством по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки. URL: [www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models#aermod](http://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models#aermod).

Название	<i>exploCFD</i> <sup>k</sup>	<i>FLACS-CFD</i> <sup>l</sup>	<i>FLACS-EFFECTS</i> <sup>m</sup>	<i>Fluidyn</i> <sup>n</sup>	<i>FRED</i> <sup>o</sup>
Разработчик	Advanced Analysis Australia	GexCon	TNO (владелец: GexCon)	Fluidyn	Shell (владелец: GexCon)
Описание	Предназначен для анализа последствий взрыва. Имеются подробные модели для BLEVE, взрывчатых веществ и облаков пыли	Трехмерное CFD-моделирование для выброса/разлива легковоспламеняющихся и токсичных веществ. Включены сопутствующие и смягчающие обстоятельства, в том числе замкнутость и загроможденность помещений из-за особенности геометрической формы, вентиляция и затопление	Моделирует свойства токсичных или легковоспламеняющихся газов, сжиженных газов и жидкостей с момента выброса/разлива до конечного физического воздействия	Платформа для моделирования расчетной гидрогазодинамики с несколькими модулями для конкретных сценариев	Инструмент для моделирования последствий, основанный на усовершенствованной термодинамической модели, которая позволяет использовать расширенное многокомпонентное представление топлива практически во всех моделях
Применение	Моделирование взрыва	Анализ последствий для детализированных трехмерных сценариев	Анализ последствий выброса/разлива легковоспламеняющихся и токсичных веществ	CFD-моделирование выброса/разлива легковоспламеняющихся и токсичных веществ	Анализ последствий выброса/разлива легковоспламеняющихся веществ
Условия источника	Да	Да (DIPPR)	Да (DIPPR)	Вручную	Да (термодинамическая модель на основе многокомпонентного топлива)
Формы физического воздействия	Взрыв	Все	Все	Все	Все
Уязвимость	Последствия пожара, взрыва	Трехмерные эффекты избыточного давления взрыва, теплового излучения пламени	Дозы с учетом рассеивания, последствия для жизни человека/летальность	Интенсивность воздействия пожара, воздействие токсичных газов, зоны воздействия избыточного давления взрыва	Последствия пожара, выброса/разлива токсичных веществ и взрыва
Преимущества	Удобство использования, отсутствие необходимости геометрического конструирования, возможность моделировать взрывы ТНТ,	При расчете последствий пожара, взрыва и выброса/разлива токсичных веществ учитываются геометрические особенности	Учитываются повреждения конструкций	В модуле PANFIRE учитывается влияние систем активной и пассивной защиты В модуле VENTIL рассматривается воздействие на	Разработан и валидирован на основе обширной программы крупномасштабных экспериментов, значительных инвестиций, совместных промышленных проектов и

<sup>k</sup> URL: <http://www.advanalysis.com/explocfd>.

<sup>l</sup> URL: <https://gexcon.com/products-services/flacs-software/>.

<sup>m</sup> URL: <https://gexcon.com/products-services/effects-consequence-modelling-software/>.

<sup>n</sup> URL: [http://www.fluidyn.com/?page\\_id=96](http://www.fluidyn.com/?page_id=96).

<sup>o</sup> Пожар, выброс, взрыв и рассеивание (FRED). URL: <https://gexcon.com/products-services/shell-fred-software/>.

Название	<i>exploCFD</i> <sup>k</sup>	<i>FLACS-CFD</i> <sup>l</sup>	<i>FLACS-EFFECTS</i> <sup>m</sup>	<i>Fluidyn</i> <sup>n</sup>	<i>FRED</i> <sup>p</sup>
	нитрата аммиака, пыли и газа			замкнутое пространство  В модуле FLOWSOL оценивается воздействие на жидкости в окружающей среде, включая загрязнение грунтовых вод	опубликованной научной литературы
Ограничения	Ограничен применением к пожарам и взрывам, без моделирования рассеивания токсичных веществ	Требуется большая вычислительная мощность	Требуется значительный опыт для валидации моделей и результатов	Ограничения неизвестны	Отсутствует моделирование выбросов/разливов токсичных веществ. Ориентирован на морские объекты
Доступность	По лицензии	По лицензии	По лицензии	По лицензии	По лицензии

Название	<i>KFX</i> <sup>p</sup>	<i>MET</i> <sup>q</sup>	<i>Phast</i> <sup>r</sup>	<i>SAFER One</i> <sup>s</sup>	<i>SafeSite 3G</i> <sup>t</sup>
Разработчик	DNV	ISi Technologie GmbH	DNV	SAFER SYSTEMS	BakerRisk
Описание	Инструменты CFD-моделирования рассеивания веществ, пожаров и взрывов в загроможденных зонах	Оценка химических аварий и выброса токсичных веществ и твердых частиц, взрывов и теплового излучения	Рассматривается развитие потенциального происшествия от первоначального выброса до анализа рассеивания в дальней зоне, включая моделирование распространения и испарения, а также воздействие легковоспламеняемых и токсичных веществ	Моделирование выброса/разлива химических веществ или возгорания в режиме реального времени для содействия осуществлению мер реагирования на чрезвычайные ситуации. Схема объекта накладывается на карты с отображением дорожного движения и погоды из Интернета в режиме реального времени для обеспечения моментального снимка ситуации в режиме реального времени	Моделирование выброса/разлива химических веществ, рассеивания в атмосфере, распространения и испарения продукта утечки, горения струи и пролива, взрыва облака пара, уязвимости во время пожара, событий взрыва и выброса/разлива токсичных веществ

<sup>p</sup> Kameleon FireEx (KFX). URL: <http://www.dnv.com/services/fire-simulation-software-cfd-simulation-kameleon-fireex-kfx-110598>.

<sup>q</sup> Модели для анализа воздействия токсичных и легковоспламеняющихся газов (MET). URL: <http://www.isitech.com/met-fuer-windows.html>.

<sup>r</sup> URL: <https://dnv.com/phast>.

<sup>s</sup> URL: <https://safersystem.com/products/safer-one/>.

<sup>t</sup> URL: <http://www.bakerrisk.com/products/software-tools/safesite/>.

Название	KFX <sup>p</sup>	MET <sup>q</sup>	Phast <sup>r</sup>	SAFER One <sup>s</sup>	SafeSite 3G <sup>t</sup>
Применение	Анализ последствий для сценариев пожара и взрыва в загроможденных зонах	Анализ последствий выброса/разлива легковоспламеняющихся, токсичных и высокоактивных веществ	Анализ последствий выброса/разлива легковоспламеняющихся и токсичных веществ	Реагирование на чрезвычайные ситуации в режиме реального времени и информационное взаимодействие в организации в целом	Анализ последствий для нескольких типов сценариев
Условия источника	Да	Вручную	Да	Вручную	Вручную
Формы физического воздействия	Пожар, рассеивание	Все	Все	Рассеивание	Все
Уязвимость	Да	Да	Да	Да	Да
Преимущества	Может учитывать загроможденные зоны, воздействие погодных условий и ликвидацию пожара с помощью водяных систем. Анализируется широкий спектр сценариев пожара, утечки жидкостей и выброса газов. Оптимизация пассивной противопожарной защиты	Проверка на химическую несовместимость. Быстрые результаты	Применим для проектирования и эксплуатации. Имеет широкое распространение и считается отраслевым стандартом	Моделирование в режиме реального времени; интегрируется с химическими датчиками газов и метеорологических данных, на основе облачных технологий	Методы моделирования сброса, рассеивания и взрыва подтверждены статистическими данными и результатами испытаний, проведенных разработчиком. Может использоваться для транспортных маршрутов
Ограничения	Ориентирован на нефтяную отрасль		Различные версии содержат несколько компонентов. Некоторые модели взрывов упрощены	Физические модели неизвестны, нет проактивного/статического моделирования выбросов/разливов	Ориентирован на промысел на суше. Сложный пользовательский интерфейс
Доступность	По лицензии	По лицензии	По лицензии	По лицензии	По лицензии

Сокращения: BLEVE — взрыв расширяющихся паров кипящей жидкости; CA — анализ последствий; CFD — вычислительная гидродинамика; DIPPR — Проектный институт физических свойств; TNT — тринитротолуол; VCE — взрыв облака пара.