

# Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для работ по производству, транспортировке и регазификации сжиженного природного газа (СПГ)

## Введение

Руководства по охране окружающей среды, здоровья и труда (ОСЗТ) представляют собой технические справочники, содержащие примеры надлежащей международной отраслевой практики (НМОП)<sup>1</sup> как общего характера, так и относящиеся к конкретным отраслям. Если в реализации проекта участвует один член Группы организаций Всемирного банка или более, применение настоящего Руководства осуществляется в соответствии с принятыми в этих странах стандартами и политикой. Такие Руководства по ОСЗТ для различных отраслей промышленности следует применять в сочетании с **Общим руководством по ОСЗТ** – документом, в котором пользователи могут найти указания по общим вопросам ОСЗТ, потенциально применимым ко всем отраслям промышленности. При осуществлении комплексных проектов может возникнуть необходимость в использовании нескольких Руководств, касающихся различных отраслей промышленности. С полным перечнем Руководств для отраслей промышленности можно ознакомиться по адресу:

<sup>1</sup> Определяется как применение профессиональных навыков и проявление старательности, благоразумия и предусмотрительности, чего следует с достаточным на то основанием ожидать от квалифицированного и опытного специалиста, занятого аналогичным видом деятельности в таких же или сходных условиях в любом регионе мира. При оценке применяемых в ходе реализации проекта способов предупреждения и предотвращения загрязнения окружающей среды квалифицированный и опытный специалист может выявить обстоятельства, такие, например, как различные уровни экологической деградации и ассимилирующей способности окружающей среды, а также различные уровни финансовой и технической осуществимости.

<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

В Руководствах по ОСЗТ приводятся такие уровни и параметры эффективности, которые, как правило, считаются достижимыми на вновь введенных в эксплуатацию объектах при современном уровне технологии и приемлемых затратах. Применение положений Руководств по ОСЗТ к уже существующим объектам может потребовать разработки особых целевых показателей для каждого объекта и соответствующего графика их достижения.

Применение Руководства по ОСЗТ следует увязывать с факторами опасности и риска, определенными для каждого проекта на основе результатов экологической оценки, в ходе которой принимаются во внимание конкретные для каждого объекта переменные, такие, как особенности страны реализации проекта, ассимилирующая способность окружающей среды и прочие факторы, связанные с намечаемой деятельностью. Порядок применения конкретных технических рекомендаций следует разрабатывать на основе экспертного мнения квалифицированных и опытных специалистов.

Если нормативные акты в стране реализации проекта предусматривают уровни и параметры, отличные от содержащихся в Руководствах по ОСЗТ, то при реализации проекта надлежит в каждом случае руководствоваться

более жестким из имеющихся вариантов. Если в силу особых условий реализации конкретного проекта целесообразно применение менее жестких уровней или параметров, нежели те, что представлены в настоящем Руководстве по ОСЗТ, в рамках экологической оценки по конкретному объекту надлежит представить подробное и исчерпывающее обоснование любых предлагаемых альтернатив. Такое обоснование должно продемонстрировать, что выбор любого из альтернативных уровней результативности обеспечит охрану здоровья населения и окружающей среды.

## Применение

Руководство по ОСЗТ для работ по производству, транспортировке и регазификации сжиженного природного газа (СПГ) содержит информацию, относящуюся к базисным заводам по сжижению природного газа, его транспортировке морем, а также терминалам регазификации, включая функционирующие в период пикового потребления. Дополнительные указания, касающиеся береговых объектов СПГ, в том числе гаваней, отгрузочных эстакад и береговых объектов в целом (например, береговых терминалов, береговых баз снабжения, погрузочных и разгрузочных терминалов), содержатся в Руководстве по ОСЗТ для портов, гаваней и терминалов. Указания по вопросам ОСЗТ, касающимся судов, приводятся в Руководстве по ОСЗТ для судоходства. Вопросы производства и хранения СПГ или газоконденсата на заводах по сжижению газа в настоящем Руководстве не рассматриваются. Настоящий документ состоит из следующих разделов:

- Раздел 1.0 – Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними
- Раздел 2.0 – Показатели эффективности и мониторинг

- Раздел 3.0 – Справочная литература и дополнительные источники информации
- Приложение А – Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

## 1.0 Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними

В данном разделе приводится обзор проблем ОСЗТ, возникающих в связи с производством, транспортировкой и регазификацией СПГ, и содержатся рекомендации по их решению. Эти проблемы могут иметь непосредственное отношение к любым видам деятельности, на которые распространяется действие настоящего Руководства. Дополнительные рекомендации по решению проблем ОСЗТ, характерных для большинства крупных промышленных предприятий на этапе их строительства, содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

### 1.1 Охрана окружающей среды

В рамках комплексной программы по оценке характерных для проекта рисков и управлению их возможными воздействиями необходимо учитывать перечисленные ниже потенциальные экологические проблемы, могущие возникнуть в связи с производством, транспортировкой и регазификацией СПГ:

- Угрозы водной и береговой природной среде
- Обращение с опасными материалами
- Сточные воды
- Выбросы в атмосферу
- Обращение с отходами
- Шум
- Транспортировка СПГ

#### Угрозы водной и береговой природной среде

Дноуглубительные работы при строительстве и обслуживании, удаление извлеченного грунта,

строительство пирсов, причалов, волнорезов и других прибрежных конструкций, а также эрозия могут оказывать краткосрочное и долгосрочное воздействие на места обитания водных и околотовных организмов. Прямое воздействие может включать физическое уничтожение или покрытие донных, береговых и наземных местообитаний в дополнение к изменениям картины течений и связанного с этим характера и скорости образования отложений, в то время как косвенное воздействие может возникать за счет изменения качества воды в результате взвешенных отложений или сброса ливневых стоков и сточных вод. Кроме того, сброс балластной воды и осадка с судов при работах по погрузке СПГ на терминалах может привести к внесению заносных видов водных организмов. Рекомендации по решению этих проблем применительно к объектам СПГ, расположенным в прибрежной зоне (например, береговым терминалам, береговым базам снабжения, погрузочным и разгрузочным терминалам), содержатся в **Руководстве по ОСЗТ для портов, гаваней и терминалов**.

#### Обращение с опасными материалами

При хранении, перекачке и транспортировке СПГ могут иметь место утечки либо случайные утечки из резервуаров, трубопроводов, шлангов и насосов на наземных установках и судах-газовозах. Кроме того, при хранении и перекачке СПГ возникает риск возгорания, а если СПГ находится под давлением – то и взрыва вследствие пожароопасности испаряющегося газа.

В дополнение к рекомендациям по обращению с опасными материалами и нефтью, изложенными в **Общем руководстве по ОСЗТ**, для нейтрализации этих опасных факторов рекомендуется, в частности, принимать следующие меры:

- Следует обеспечить соответствие резервуаров для хранения СПГ и их компонентов (например, трубопроводов, клапанов и насосов) международным стандартам структурной целостности и эксплуатационных характеристик с целью предотвращения внезапных отказов, а также пожаров и взрывов при эксплуатации в нормальном режиме и во время стихийных бедствий. К применимым международным стандартам могут, в частности, относиться положения о предохранении от переполнения, вторичной защитной оболочке и обваловании, измерении и регулировании расхода газа, противопожарной защите (включая гасители пламени) и заземлении (для предотвращения образования электростатических зарядов)<sup>2</sup>.
- Следует периодически проводить обследование резервуаров и их компонентов (например, крыши и запорной арматуры) на предмет структурной целостности и наличия коррозии, а также обеспечить их регулярное техническое обслуживание и замену оборудования (например, труб, запорной арматуры, соединительных узлов и клапанов)<sup>3</sup>. При необходимости, для предотвращения или минимизации

коррозии следует устанавливать систему катодной защиты.

- Во избежание случайных утечек СПГ и для исключения риска возгорания либо взрыва работы по сливу-наливу (например, перекачку СПГ из газозовозов на терминалы и наоборот) должны осуществляться надлежащим образом подготовленными работниками с соблюдением предварительно утвержденного порядка действий. Указанный порядок действий должен охватывать все аспекты работ по доставке или погрузке, с прибытия до отправления, подсоединение систем заземления, проверку правильности подсоединения и отсоединения шлангов, соблюдение работниками и посетителями запретов на курение и использование открытого огня<sup>4</sup>.

### Разливы

СПГ – это криогенная жидкость ( $-162^{\circ}\text{C}$  [ $-259^{\circ}\text{F}$ ]), в жидком состоянии он не горюч. Однако при нагревании СПГ образуется отпарной газ (метан), и при определенных условиях в результате его утечки может образоваться облако из паров метана. Неконтролируемая утечка СПГ может, при наличии источника воспламенения, привести к струйному горению или возгоранию разлитой жидкости, либо к образованию облака из паров метана, потенциально огнеопасному (вспышка облака газозовозной смеси), при наличии источника воспламенения, как в ограниченном, так и в открытом объеме. Разлив СПГ непосредственно на

<sup>2</sup> См. Раздел 4049 Свода федеральных нормативных актов США, Часть 193 «Объекты, использующие сжиженный природный газ: Федеральные стандарты безопасности» (US Code of Federal Regulations (CFR) 4049 CFR Part 193: Liquefied Natural Gas Facilities: Federal Safety Standards, 2006), Европейский стандарт (EN) 1473 «Установки и оборудование для сжиженного природного газа – проектирование наземных установок» (European Standard (EN) 1473: Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas - Design of Onshore Installations, 1997) и Стандарт НАПЗ США 59A «Производство, хранение и слив-налив сжиженного природного газа» (NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas, 2001-2006).

<sup>3</sup> Существует несколько методов обследования резервуаров. Визуальное обследование позволяет обнаружить трещины и утечки в резервуарах. Радиографический или ультразвуковой метод контроля можно использовать для измерения толщины стенок и уточнения местоположения трещин. Гидростатические испытания позволяют выявить утечки, вызванные давлением, а сочетание электроиндуктивной дефектоскопии с ультразвуковым методом контроля можно использовать для выявления язвенной коррозии.

<sup>4</sup> К числу примеров надлежащей практики слива-налива СПГ относятся разработанные Обществом международных операторов газозовозов и газовых терминалов (ОМОГТ) «Принципы обращения со сжиженным газом на судах и терминалах», 3-е издание (Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals - 3rd edition, 2000, Society of International Gas Tanker and Terminal Operators Ltd - SIGTTO), и Раздел 33 Свода федеральных нормативных актов США, Часть 127 «Портовые объекты, осуществляющие работы по сливу, наливу и перекачке сжиженного природного газа и взрывоопасного сжиженного природного газа» (US Code of Federal Regulations (CFR) 33 CFR Part 127: Waterfront facilities handling liquefied natural gas and liquefied hazardous gas).

теплую поверхность (например, на поверхность воды<sup>5</sup>) может привести к резкому переходу из одного агрегатного состояния в другое, известному под названием «быстрого фазового перехода» (БФП)<sup>6</sup>.

В дополнение к рекомендациям по вопросам готовности к чрезвычайным ситуациям и аварийного реагирования, содержащимся в **Общем руководстве по ОСЗТ**, в целях предотвращения аварийных разливов СПГ и устранения их последствий рекомендуется, в частности, принимать следующие меры:

- Провести оценку риска разлива для объектов и сопутствующих операций по транспортировке / перевозке;
- Разработать официальный план мероприятий по предотвращению и ликвидации аварийных разливов, учитывающий основные модели и масштабы разливов. План должен быть подкреплен наличием необходимых ресурсов и подготовленного персонала. Следует обеспечить наличие и удобное размещение специального оборудования, необходимого для ликвидации любых разливов, в том числе и небольших<sup>7</sup>;
- Разработку плана мероприятий по предотвращению и ликвидации аварийных разливов следует

координировать с компетентными местными регулирующими органами;

- Объекты следует оснащать системой раннего обнаружения утечек газа, предназначенной для выявления утечки газа и облегчения поиска источника выброса в целях быстрой активации САО её оператором и, таким образом, сведения случаев выброса газа к минимуму.
- Следует установить систему аварийного отключения и обнаружения газовой опасности (САО/ОГО), позволяющую запустить процедуру автоматического прекращения перекачки СПГ в случае его серьезной утечки;
- Применительно к сливо-наливным операциям на морских судах и терминалах порядок предотвращения аварийных разливов при погрузке и разгрузке танкеров необходимо разрабатывать в соответствии с применимыми международными стандартами и указаниями, непосредственно касающимися вопросов заблаговременной установки связи с конечным пунктом поставки газа и совместного перспективного планирования<sup>8</sup>
- Принять меры к тому, чтобы конструкция наземных резервуаров СПГ предусматривала наличие надлежащей вторичной защитной оболочки (например, сварная внутренняя оболочка резервуара из стали с высоким содержанием никеля, а внешняя - из железобетона; однокорпусный резервуар с внешним поддоном, двухоболочечный полностью закрытый резервуар) на случай внезапного выброса;

<sup>5</sup> Под воздействием какого-либо источника тепла в окружающей среде, например, воды, СПГ интенсивно испаряется: из одного кубического метра жидкости образуется примерно 600 стандартных кубических метров природного газа.

<sup>6</sup> При морских перевозках СПГ потенциально серьезным фактором риска с точки зрения техники безопасности и экологии является «быстрый фазовый переход» (БФП), который может произойти при особо интенсивном аварийном проливе СПГ на поверхность воды. Перенос тепла от воды к пролитому СПГ приводит к моментальному переходу СПГ из жидкого состояния в газообразное. Высвобождение в процессе БФП большого количества энергии может вызвать физический взрыв, не сопровождающийся горением или химической реакцией. Потенциальная опасность быстрых фазовых переходов может быть высокой, но, как правило, опасная зона ограничена районом разлива.

<sup>7</sup> Маловероятно, что для ликвидации небольших разливов СПГ или хладагента потребуются соответствующее оборудование, поскольку в этих случаях пролитые жидкости быстро испаряются.

<sup>8</sup> См. Раздел 4049 свода федеральных нормативных актов США, Часть 193 «Объекты, использующие сжиженный природный газ: Федеральные стандарты безопасности» (2006), Европейский стандарт (ЕН) 1473 «Установки и оборудование для сжиженного природного газа – проектирование наземных установок» (1997) и Стандарт НАПЗ США 59А «Производство, хранение и слив-налив сжиженного природного газа» (2006).

- Предприятиям следует производить профилирование грунта, дренирование либо обвалование площадок для испарения, переработки или перевалки СПГ, обеспечивая возможность удержания максимального совокупного количества СПГ или иной горючей жидкости, которое может быть сброшено из одного перепускного трубопровода за 10 минут<sup>9</sup>;
- Материалы для труб и оборудования, которые могут подвергаться воздействию сверхнизких температур, следует подбирать исходя из международных стандартов проектирования<sup>10</sup>;
- В случае выброса газа следует обеспечить возможность его безопасного рассеивания, для чего обеспечить максимально эффективную вентиляцию участка, где произошел выброс, и свести к минимуму возможность накопления газа в закрытых или частично закрытых помещениях. В случае разлива СПГ ему следует дать возможность испариться, по возможности, понижая интенсивность испарения, например, за счет его покрытия расширяющейся пеной; а также
- Проектировать систему сбора стоков на объекте таким образом, чтобы обеспечить сбор продуктов аварийных утечек опасных веществ и, таким образом, уменьшить риск пожара, взрыва или поступления в окружающую среду. Конструкцию дренажной системы для сбора продуктов разливов СПГ (состоящей из желобов и отстойников) следует оптимизировать с целью понижения интенсивности испарения для ограничения общей площади рассеивания паров.

<sup>9</sup> В стандарте EN 1473 рекомендуется рассматривать возможность применения обвалования исходя из оценки рисков.

<sup>10</sup> Стандарт НАПЗ США 59А «Производство, хранение и слив-налив сжиженного природного газа» (2001)

## Сточные воды

**Общее руководство по ОСЗТ** содержит информацию по управлению сточными водами, по рациональному использованию вод, включая их повторное использование, а также по программам контроля качества сточных вод и воды. Приведенные ниже указания относятся к дополнительным потокам сточных вод, характерным для работ по производству, транспортировке и регазификации СПГ.

### *Вода для охлаждения и холодная вода*

Использование воды для технологического охлаждения на заводах по сжижению природного газа и для нагрева с целью повторного испарения газа на приемных терминалах СПГ может привести к потреблению и сбросу значительных объемов воды. В целях ограничения потребления и сброса воды для охлаждения и холодной воды рекомендуется, в частности, принимать следующие меры:

- Следует рассмотреть возможности экономии воды, потребляемой системами охлаждения объектов СПГ (например, установки теплообменников с воздушным, а не с водяным охлаждением, возможности объединения систем сброса холодной воды с аналогичными системами других близлежащих промышленных предприятий или электростанций). При выборе следует предпочесть систему, позволяющую уравновесить экологические выгоды с безопасностью её эксплуатации<sup>11</sup>. Дополнительные указания по вопросам экономии воды содержатся **Общем руководстве по ОСЗТ**;
- Охлаждающую или холодную воду следует сбрасывать в поверхностные воды в месте, в котором будет

<sup>11</sup> Например, в условиях ограниченного пространства (например, на морских объектах), ключевым фактором при выборе решения является риск взрыва. Рекомендуется искать сбалансированное решение, исходя из ПЦНУ рисков в области ОСЗТ.

происходить максимальное перемешивание и охлаждение струи сбрасываемых термических вод, таким образом, чтобы температура на краю заданной зоны смешивания, или в пределах 100 м от места сброса, не превышала температуру окружающей среды более чем на 3°C, как указано в таблице 1 раздела 2.1 настоящего Руководства;

- Если необходимо использовать биоциды и/или химикаты, следует тщательно отбирать химические присадки с учетом вводимой концентрации, токсичности, биологического разложения, биологической доступности и возможности биологического накопления. Следует учитывать их остаточное воздействие при сбросе, например, с помощью таких методик, как оценка по рискам.

### *Прочие виды сточных вод*

Прочие сточные воды, обычно образующиеся в процессе производства, транспортировки и регазификации СПГ, включают дренажные воды, использованные в технологическом процессе, канализационные стоки, донный отстой резервуаров (например, образовавшийся вследствие конденсации в резервуарах СПГ), пожарную воду, воду для промывки оборудования и мытья автомобилей и технические воды, загрязненные нефтью. К рекомендуемым мерам по предупреждению загрязнения и очистке таких сточных вод относятся:

- *Канализация:* бытовые и фекальные сточные воды из душевых, туалетов и кухонь следует очищать, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**.
- *Дренажные и ливневые стоки:* необходимо в максимально возможной степени отделять дренажные системы для дренажных стоков с производственных участков, которые могут быть загрязнены

углеводородами (закрытые дренажные системы), от дренажных вод с непроизводственных участков (открытые дренажные системы). Все производственные участки должны быть обвалованы, чтобы обеспечить сток дренажных вод в закрытую дренажную систему и исключить неконтролируемый поверхностный загрязненный сток. Дренажные резервуары и отстойные цистерны должны проектироваться с емкостью, достаточной для планируемых рабочих условий, и иметь системы, защищающие их от переполнения. Необходимо использовать поддоны и другие устройства для сбора стоков от оборудования, которое не находится на обвалованном участке, и их содержимое следует направлять в закрытую дренажную систему. При отведении ливневых стоков в каналы и пруды-отстойники открытой дренажной системы необходимо предусматривать дополнительную очистку стоков в водомасляных сепараторах. При этом могут использоваться сепараторы с отделительными перегородками или с коалесцентными пластинами и должно предусматриваться регулярное обслуживание сепараторов. Ливневые стоки должны очищаться с использованием системы разделения нефти и воды, которая обеспечивает концентрацию нефтепродуктов в 10 мг/л, как указано в таблице 1 раздела 2.1 настоящего Руководства. Дополнительные указания по управлению ливневыми стоками приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

- *Пожарная вода:* при пробных пусках пожарную воду следует собирать и отводить в дренажную систему объекта, а если она загрязнена углеводородами – в пруд-накопитель и систему очистки сточных вод.
- *Промывная вода:* воду, использованную для промывки оборудования и мойки автомобилей, следует направлять в закрытую дренажную систему.

- *Техническая вода, загрязненная нефтью:* загрязненную нефтью воду из поддонов и жидкий шлам из технологического оборудования и трубопроводов следует направлять в закрытую дренажную систему.
- *Вода гидростатических испытаний:* гидростатические испытания оборудования СПГ (например, ёмкостей для СПГ, трубопроводных систем на объектах СПГ, соединений на перекачивающих газопроводах и иного оборудования) включают испытания под давлением с помощью воды на этапах строительства или ввода в эксплуатацию для проверки целостности системы и выявления возможной утечки. Для предотвращения внутренней коррозии к воде могут добавляться химические присадки. Низкотемпературные трубопроводы и компоненты могут подвергаться пневматической опрессовке с помощью сухого воздуха или азота. При организации использования воды гидростатических испытаний следует рассмотреть возможность принятия следующих мер по предотвращению загрязнения и борьбе с ним:
  - Снижение потребности в химикатах за счет сведения к минимуму времени нахождения воды для испытаний в оборудовании;
  - Тщательный отбор химических присадок с учетом концентрации, токсичности, биологического разложения, биологической доступности и возможности биологического накопления;
  - Повторное использование одной и той же воды для нескольких гидростатических испытаний

Если единственный практически возможный вариант удаления состоит в сбросе воды гидростатических испытаний в поверхностные воды или на грунт, то необходимо подготовить план выпуска воды гидростатических испытаний с учетом точки сброса, скорости сброса, использования и диспергирования

химикатов, риска для окружающей среды и требуемого мониторинга. Перед применением и сбросом воды гидростатических испытаний необходимо контролировать ее качество и проводить ее очистку, так чтобы она отвечала нормативам для сброса, приведенным в таблице 1 раздела 2.1 настоящего Руководства<sup>12</sup>. Дополнительные рекомендации по организации использования воды для гидростатических испытаний трубопроводов содержатся, соответственно, в **Руководствах по ОСЗТ для разработки нефтегазовых месторождений на суше и для разработки морских нефтегазовых месторождений.**

## Выбросы в атмосферу

Выбросы в атмосферу (постоянные или эпизодические) от объектов СПГ включают выбросы от источников горения при производстве электроэнергии и тепла (например, в процессе осушки и сжижения природного газа на заводах СПГ и в процессе регазификации на приемных терминалах СПГ), а также при использовании компрессоров, насосов и поршневых двигателей (котлы, турбины и другие двигатели). Как на заводах по сжижению СПГ, так и на регазификационных терминалах возможны выбросы от факельного сжигания и выпуска углеводородов, равно как и неорганизованные выбросы. К основным газам, выбрасываемым этими источниками, обычно относятся оксиды азота (NO<sub>x</sub>), монооксид углерода (CO), диоксид углерода (CO<sub>2</sub>), а если речь идет о высокосернистом газе – то и диоксид серы (SO<sub>2</sub>).

<sup>12</sup> Сброс стоков в поверхностные водоёмы не должен оказывать существенного воздействия на здоровье людей и уязвимые биотопы. Может потребоваться разработка плана утилизации стоков с учетом точки сброса, скорости сброса, использования и диспергирования химикатов и риска для окружающей среды. При проектировании точки сброса стоков следует располагать на удалении от экологически уязвимых зон, обращая особое внимание на районы с высоким уровнем подземных вод, уязвимые водоносные пласты и водно-болотные угодья, а также водоприёмники общественного пользования, в том числе водяные скважины, водозаборы и земли сельскохозяйственного назначения.

Для оценки воздействия заводов СПГ с крупными источниками горения на качество воздуха следует использовать базовые оценки качества воздуха и модели рассеивания в атмосфере, которые позволят определить потенциальные значения концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы при проектировании и планировании эксплуатации этих объектов, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Эти исследования должны гарантировать отсутствие отрицательного воздействия на здоровье людей и на окружающую среду.

Необходимо принять все разумные меры для достижения максимальной энергетической эффективности и проектирования сооружений с минимальным потреблением энергии. Общая задача должна состоять в снижении выбросов в атмосферу и выборе экономически оправданных и технически осуществимых вариантов для снижения выбросов. Дополнительные рекомендации по экономии энергии приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Существенные (>100 000 т в пересчете на CO<sub>2</sub> в год) объемы выбросов парниковых газов (ПГ) от всех сооружений и от операций обеспечения следует учитывать ежегодно как суммарные выбросы в соответствии с международной принятой методикой и порядком отчетности<sup>13</sup>.

### *Отходящие газы*

Выброс в атмосферу отходящих газов, происходящий при сгорании газообразного или жидкого топлива в турбинах, котлах, компрессорах, насосах и других двигателях для производства электроэнергии и тепла, может быть самым

существенным источником выбросов в атмосферу с объектов СПГ. При подборе и закупках оборудования следует во всех случаях учитывать его характеристики в части выбросов в атмосферу.

Указания по ограничению выбросов из малых источников горения мощностью не выше 50 мегаватт тепловой энергии (МВт тепл.), включая нормативы по выбросам в атмосферу отходящих газов, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Сведения о выбросах в атмосферу из источников горения мощностью более 50 МВт тепл. содержатся в **Руководстве по ОСЗТ для тепловых электростанций**.

Следует оценить целесообразность выбора для установки на регазификационных терминалах испарителей с погружной камерой сгорания, панельных испарителей открытого типа<sup>14</sup>, кожухотрубных испарителей и воздушных испарителей, принимая во внимание исходное состояние окружающей среды и её чувствительность к внешним воздействиям. Если поблизости имеется иной источник тепловой энергии (например, нефтеперерабатывающий завод), можно рассмотреть возможность монтажа установки для утилизации отходящего тепла либо кожухотрубных испарителей.

### *Выпуск и факельное сжигание газа*

Факельное сжигание и выпуск газа служат важной мерой обеспечения безопасности, используемой на объектах СПГ для обеспечения безопасного сброса газа при аварийных ситуациях, отключении питания и отказе оборудования или возникновении других нештатных условий на установке. Факельное сжигание и выпуск газа следует применять только при аварийных ситуациях или возникновении других

<sup>13</sup> Дополнительные указания по методике количественной оценки приведены в Пояснительной записке 3 к Стандартам деятельности МФК (Приложение А), которую можно найти по адресу: [www.ifc.org/envsocstandards](http://www.ifc.org/envsocstandards).

<sup>14</sup> Если для регазификации СПГ используются панельные испарители открытого типа, то при функционировании регазификационного терминала в обычном режиме выбросов в воздух не ожидается, за исключением неорганизованных выбросов в атмосферу газа с высоким содержанием метана.

нштатных условий на установке. Постоянный выпуск или факельное сжигание отпарного газа при эксплуатации установок СПГ в обычном режиме считаются неприемлемой практикой, которой следует избегать. Указания по надлежащей практике факельного сжигания и выпуска газа содержатся в **Руководстве по ОСЗТ для разработки нефтегазовых месторождений на суше**.

### *Отпарной газ (ОГ)*

После сжижения природного газа, во время хранения СПГ, наблюдаются выбросы паров метана, известных под названием «отпарного газа» (ОГ), что связано с воздействием температуры окружающей среды и насосов резервуаров, а также с изменениями атмосферного давления. ОГ следует собирать с помощью соответствующей системы рекуперации паров (например, компрессорной системы). На заводах СПГ (за исключением налива газозовозов) пары следует возвращать в установки сжижения либо использовать на заводе как топливо; на борту танкеров-газовозов ОГ следует повторно сжижать и возвращать в резервуары либо использовать как топливо; на регазификационных заводах (приёмных терминалах) собранные пары следует возвращать в установки регазификации с последующим использованием на заводе в качестве топлива, либо сжиганием и отправкой потребителям или в газопровод, либо факельным сжиганием.

### *Неорганизованные выбросы в атмосферу*

Неорганизованные выбросы в атмосферу на объектах СПГ могут быть связаны с отводом газа без сжигания, утечками из труб и трубок, клапанов, муфт, фланцев, сальников, разомкнутых на конце линий, уплотнений насосов, уплотнений компрессоров, предохранительных клапанов и резервуаров, а также с операциями погрузки и разгрузки в целом. Методы контроля и сокращения неорганизованных

выбросов следует рассматривать и внедрять в процессе проектирования, эксплуатации и технического обслуживания сооружений. При выборе подходящих клапанов, фланцев, арматуры, уплотнений и сальников необходимо учитывать требования безопасности и соответствия наряду с их способностью снижать утечки газа и предупреждать неорганизованные выбросы в атмосферу<sup>15</sup>. Кроме того, необходимо осуществлять программу выявления утечек и их устранения.

Дополнительные указания по предупреждению и ограничению неорганизованных выбросов в атмосферу приведены в **Руководстве по ОСЗТ для терминалов по перевалке сырой нефти и нефтепродуктов**.

### **Обращение с отходами**

Безопасные и опасные отходы, обычно образующиеся на объектах СПГ, включают, среди прочего, общие канцелярские и упаковочные отходы, отработанные масла, загрязненные маслом тряпки, гидравлические жидкости, использованные аккумуляторные батареи, пустые банки из-под краски, использованные химикаты и пустые емкости из-под химикатов, отработанные средства обессеривания и осушки (например, молекулярные сита) и загрязненные нефтью шламы с водомасляных сепараторов, отработанные амины из установок по очистке газа от кислых компонентов, металлолом и медицинские отходы. Отходы следует разделять на безопасные и опасные и изучать возможности их вторичного применения или переработки до их удаления. Следует разработать план удаления и обезвреживания отходов, который должен

<sup>15</sup> См. Раздел 4049 свода федеральных нормативных актов США, Часть 193 «Объекты, использующие сжиженный природный газ: Федеральные стандарты безопасности» (2006), Европейский стандарт (ЕН) 1473 «Установки и оборудование для сжиженного природного газа – проектирование наземных установок» (1997) и Стандарт НАПЗ США 59А «Производство, хранение и слив-налив сжиженного природного газа» (2006).

предусматривать механизм, позволяющий отследить отгрузку отходов с места их образования и их прохождение до места их окончательного размещения. Хранение, погрузку/разгрузку и удаление опасных и безопасных отходов следует осуществлять в соответствии с надлежащей практикой ОСЗТ в части удаления и обезвреживания отходов, описанной в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

## Шум

Основными источниками шума на объектах СПГ являются насосы, компрессоры, генераторы и двигатели, нагнетательные и всасывающие линии компрессоров, трубопроводы системы рециркуляции, блоки осушки воздуха, нагреватели, газовые холодильники на установках сжижения газа, испарители, применяемые при регазификации, и, в целом, работы по сливу и наливу танкеров и газозовозов.

К атмосферным условиям, способным повлиять на уровень шума, относятся влажность, направление и скорость ветра. Уровень шума могут снижать зеленые насаждения (например, деревья), а также стены. При необходимости возможна установка шумозащитных барьеров. Максимально допустимые эквивалентные уровни внешнего шума, превышать которые не следует, а также рекомендации общего характера по предупреждению и нейтрализации шума приводятся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

## Транспортировка СПГ

Экологические проблемы, обычно возникающие в связи с эксплуатацией судов и судоходством (например, проблемы обращения с опасными материалами, сточные воды и иные стоки, выбросы в атмосферу, а также образования твердых отходов и обращения с ними в связи с эксплуатацией

газовозов и танкеров для перевозки СПГ), а также рекомендации по решению этих проблем рассматриваются в **Руководстве по ОСЗТ для судоходства**. Буксиры и суда для перевозки СПГ могут представлять собой существенный источник выбросов в атмосферу, влияющий на качество воздуха, особенно если отгрузочная эстакада расположена в непосредственной близости от берега.

При проектировании, постройке и эксплуатации судов для перевозки СПГ следует придерживаться международных стандартов и кодексов<sup>16</sup>, касающихся, в частности, требований к корпусу (например, наличие двойного корпуса с межкорпусным пространством), изоляции груза, регулирования температуры и давления, балластных цистерн, систем аварийной защиты, противопожарной защиты и подготовки экипажа<sup>17</sup>. В целях смягчения последствий быстрого фазового перехода (БФП) рекомендуется, в частности:

- Обеспечить максимальное расчетное давление резервуаров, фактически используемых для перевозки СПГ;
- Система сброса давления в резервуарах для перевозки СПГ должна срабатывать как можно быстрее, чтобы обеспечить сброс большого объема паров, который может сформироваться в случае БФП.

<sup>16</sup> Одним из примеров международных стандартов и кодексов служит, в частности, разработанный Международной морской организацией Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом (известный также как Международный кодекс по газозовозам, или МКГ). Дополнительные рекомендации содержатся в стандартах, правилах, принципах и указаниях, опубликованных Обществом международных операторов газозовозов и газовых терминалов (ОМОГТ) и доступных на веб-сайте [www.sigfto.org](http://www.sigfto.org).

<sup>17</sup> Международными нормами (Правило 26 Приложения I к Конвенции МАРПОЛ 73/78) предписывается иметь на судах для перевозки СПГ «Бортовой план действий в чрезвычайной обстановке». Планы действий в чрезвычайных ситуациях для объектов СПГ должны касаться и операций слива-налива, а также, в соответствии с рекомендациями ИМО, предусматривать порядок связи и координации действий между судами и береговыми объектами.

## 1.2 Охрана труда и техника безопасности

Вопросы охраны труда и техники безопасности должны рассматриваться в рамках комплексной оценки опасностей или рисков, включая, например, исследование с целью выявления опасных факторов [HAZID], исследование опасных факторов и работоспособности [HAZOP] или другие исследования по оценке рисков. Эти результаты должны быть использованы для планирования охраны труда и обеспечения безопасности при проектировании сооружений и разработке правил техники безопасности, а также для подготовки и распространения практики безопасного производства работ.

Сооружения должны быть спроектированы так, чтобы избежать или снизить риск травм или несчастных случаев, и должны учитывать преобладающие условия окружающей среды на площадке, включая вероятность опасных природных явлений, таких как землетрясения и ураганы.

Планирование мероприятий в области охраны труда и техники безопасности призвано подтвердить принятие системного и структурированного подхода к охране труда и технике безопасности, наличие средств управления, обеспечивающих снижение рисков до практически целесообразного низкого уровня, прохождение персоналом необходимой подготовки и поддержание оборудования в безопасном состоянии. Рекомендуется создать на объекте комитет по охране труда и технике безопасности.

На объектах должна быть разработана официальная система разрешений на проведение работ. Данная система гарантирует, что все потенциально опасные работы проводятся безопасным образом, и обеспечивает действительные разрешения для проведения намеченных работ, эффективное разъяснение характера работ, включая

связанные с ними опасности, и порядок обеспечения безопасной изоляции, выполняемый перед началом работ. На оборудование следует нанести маркировку с указанием на необходимость его выключения, так чтобы обеспечить изоляцию всего оборудования от источников питания при выполнении технического обслуживания или перед демонтажем.

На объектах должен быть, как минимум, обученный персонал первой помощи (персонал предгоспитальной помощи на производстве) и средства для обеспечения пострадавшего в течение короткого времени услугами дистанционной медицины. В зависимости от численности персонала и сложности объекта на площадке можно также предусмотреть медицинский кабинет с медицинским работником. В особых случаях альтернативой могут быть средства телемедицины.

Общие положения по проектированию и эксплуатации сооружений, предусматривающие управление основными рисками в области охраны труда и техники безопасности, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Приведены также общие указания в отношении строительства и вывода из эксплуатации, равно как и инструкции по профессиональному обучению в области охраны труда и техники безопасности, средств индивидуальной защиты и контролю опасных физических, химических, биологических и радиологических факторов, общих для всех отраслей промышленности.

К числу проблем охраны труда и техники безопасности, возникающих в связи с эксплуатацией объектов СПГ, относятся:

- Пожары и взрывы
- Перемещение фаз СПГ
- Контакт с холодной поверхностью

- Химические опасные факторы
- Замкнутое пространство

Вопросы охраны труда и техники безопасности применительно к перевозке СПГ на судах и соответствующие рекомендации рассматриваются в **Руководстве по ОСЗТ для судоходства**<sup>18</sup>.

### Пожары и взрывы

К факторам пожаро- и взрывоопасности на объектах СПГ относятся наличие легковоспламеняющихся газов и жидкостей, кислорода, а также источников возгорания во время перевалки СПГ, и/или утечек и разливов легковоспламеняющихся веществ. К потенциальным источникам возгорания относятся искры, возникающие при скоплении электростатических зарядов<sup>19</sup>, молниевые разряды и открытое пламя. Аварийная утечка СПГ может привести к образованию слоя испаряющейся жидкости, следствием чего может стать возгорание этой жидкости либо распространение облака природного газа в результате её испарения.

В дополнение к рекомендациям по обращению с опасными материалами и нефтью, а также по вопросам готовности к чрезвычайным ситуациям и аварийного реагирования, приведенным в **Общем руководстве по ОСЗТ**, на объектах СПГ необходимо применять следующие особые меры:

<sup>18</sup> При постройке и оснащении судов, перевозящих сжиженные газы наливом, и газозовов необходимо соблюдать требования Международного кодекса по газозовам (МКГ), разработанного Международной морской организацией (ИМО). Дополнительные рекомендации содержатся в стандартах, правилах, принципах и указаниях, издаваемых Обществом международных операторов газозовов и газовых терминалов (ОМОГТ).

<sup>19</sup> Электростатические заряды могут возникать вследствие контакта перемещающейся жидкости с другими материалами, в том числе с трубопроводами и топливными резервуарами во время перевалки продукции. Кроме того, электростатические заряды могут накапливаться в водных аэрозолях и парах, образующихся при промывке резервуаров и оборудования, особенно в присутствии химических моющих средств.

- Объекты СПГ следует проектировать, строить и эксплуатировать в соответствии с международными стандартами<sup>20</sup> предупреждения и контроля пожаро- и взрывоопасности, в том числе с положениями о безопасном расстоянии между резервуарами на объекте и между объектом и соседними зданиями<sup>21</sup>;
- Соблюдать правила безопасности при наливке СПГ для транспортировки (например, в железнодорожные, автомобильные цистерны, резервуары судов-газовозов<sup>22</sup>) и сливе доставленного СПГ, включая использование отказоустойчивых контрольных вентилях и системы аварийного отключения и обнаружения газовой опасности (CAO/ОГО);
- Подготовка официального плана действий в пожароопасных ситуациях с обеспечением ресурсами, необходимыми для выполнения этого плана, и организацией обучения, включая обучение пользованию оборудованием пожаротушения и методам эвакуации. В число предусматриваемых мер может входить координация действий с местными властями или соседними объектами. Дополнительные рекомендации по вопросам готовности к чрезвычайным

<sup>20</sup> Примерами надлежащей практики служат Кодекс 59А Национальной ассоциации пожарной защиты (НАПЗ) США «Стандарт на производство, хранение и слив-налив сжиженного природного газа» (2006) и стандарт EN 1473. Дополнительные инструкции по сведению к минимуму воздействия электростатических зарядов и молний приведены в практических рекомендациях Американского нефтяного института (API) «Защита от возгорания под действием электростатического разряда, молнии и тока утечки» (API Recommended Practice: Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning, and Stray Currents) (2003).

<sup>21</sup> Если обеспечить надлежащее расстояние между участками невозможно, следует рассмотреть возможность возведения взрывозащитных стен для отделения производственных участков объекта от других его участков и/или повышения прочности зданий.

<sup>22</sup> См. разработанные Обществом международных операторов газозовов и газовых терминалов (ОМОГТ) «Принципы обращения со сжиженным газом на судах и терминалах», 3-е издание (2000), Раздел 33 свода федеральных нормативных актов США, Часть 127 «Портовые объекты, осуществляющие работы по сливу, наливу и перекачке сжиженного природного газа и взрывоопасного сжиженного природного газа» и Стандарт НАПЗ США 59А на производство, хранение и слив-налив сжиженного природного газа (2006).

ситуациям и аварийного реагирования содержатся в  
**Общем руководстве по ОСЗТ;**

- Защита от возможных источников возгорания включает:
  - Надежное заземление с целью предотвратить скопление электростатических зарядов и опасность молниевых разрядов (включая установленный порядок использования и обслуживания контактов заземления)<sup>23</sup>,
  - Использование конструктивно безопасных электрических установок и искробезопасных инструментов<sup>24</sup>,
  - Введение системы разрешений на производство любых огневых работ и обязательного порядка их производства во время проведения работ по техническому обслуживанию<sup>25</sup>, включая надлежащую промывку и продувку резервуаров,
  - Применять на этапе проектирования классификацию мест размещения электрооборудования по степени опасности;
- Объекты следует надлежащим образом обеспечить средствами обнаружения возгорания и пожаротушения, отвечающим признанным международным техническим требованиям для типа и количества легковоспламеняющихся и горючих материалов на объекте. Примерами средств пожаротушения могут служить передвижное / переносное оборудование, такое, как огнетушители и специальные транспортные средства. К стационарным установкам пожаротушения

могут относиться установки пенного пожаротушения и насосы высокой производительности. Использование галонных систем пожаротушения считается в данной отрасли неприемлемой практикой, которой следует избегать. К стационарным установкам пожаротушения могут также относиться пенные огнетушители, присоединенные к резервуарам, и системы пожаротушения с автоматическим или ручным управлением на участках слива-налива. Вода непригодна для тушения пожаров СПГ, так как она усиливает испарение СПГ<sup>26</sup>.

- Все противопожарные установки должны находиться на безопасных участках объекта, защищенных от пожара расстоянием или противопожарными стенками;
- Необходимо избегать создания взрывоопасной атмосферы в ограниченном пространстве, разряжая пространство;
- Жилые помещения должны быть защищены расстоянием или противопожарными стенками. Воздухозаборники вентиляционной системы должны не допускать попадания дыма в жилые помещения;
- Должен быть введен безопасный порядок погрузки и разгрузки продуктов с транспортных систем (например, танкеров, железнодорожных и автомобильных цистерн и резервуаров<sup>27</sup>), включая использование отказобезопасных предохранительных клапанов и оборудования / систем аварийного отключения<sup>28</sup>;

<sup>23</sup> Например, см. Главу 20, ОМОГТ (1995).

<sup>24</sup> Например, см. Главу 19, ОМОГТ (1995).

<sup>25</sup> Нейтрализация источников возгорания особенно важна в местах возможного образования легковоспламеняющихся паровоздушных смесей, например, в паровом пространстве резервуаров, в паровом пространстве железнодорожных или автомобильных цистерн во время сливо-наливных операций, вблизи систем утилизации или рекуперации паров, вблизи предохранительных клапанов изотермических резервуаров, вблизи места утечки или разлива.

<sup>26</sup> Примерами надлежащей практики служат Стандарт 59А Национальной ассоциации пожарной защиты (НАПЗ) США и иные аналогичные стандарты.

<sup>27</sup> Примеры надлежащей отраслевой практики по погрузке и разгрузке танкеров см. в материалах ОМОГТ.

<sup>28</sup> Примерами надлежащей практики служат Стандарт 59А Национальной ассоциации пожарной защиты (НАПЗ) США и иные аналогичные стандарты.

- Подготовка плана действий в пожароопасных ситуациях с обеспечением ресурсами, необходимыми для выполнения этого плана;
- Организация подготовки по пожарной безопасности и ответным мерам в рамках прохождения персоналом инструктажа и подготовки по вопросам охраны труда и техники безопасности, включая обучение пользованию оборудованием пожаротушения и методам эвакуации с организацией расширенного курса обучения пожаротушению для специальной пожарной команды.

### Перемещение фаз СПГ

При хранении больших объемов СПГ в резервуарах возможно явление перемещения фаз жидкости внутри резервуара. Такое перемещение может произойти, если СПГ в резервуаре хранения разделится на несколько слоёв разной плотности, что приведет к возникновению разности давления, которая, при отсутствии надлежащим образом функционирующих предохранительных клапанов, может стать причиной нарушения целостности конструкции.

Для предотвращения перемещения фаз СПГ рекомендуется, в частности, принимать следующие меры:

- Осуществлять мониторинг давления, плотности и температуры СПГ в резервуарах хранения по всей высоте столба жидкости;
- Рассмотреть возможность установки системы перемешивания СПГ внутри резервуара;
- Снабдить предохранительными клапанами резервуары, конструкция которых рассчитана на возможное перемещение фаз СПГ;
- Снабдить резервуар несколькими наливными устройствами, размещенными на различных уровнях, обеспечивающими распределение СПГ с различной

плотностью по объему резервуара во избежание расслоения.

### Контакт с холодной поверхностью

Во время хранения и перевалки СПГ работники могут контактировать со сверхнизкотемпературным продуктом. Установленное на объектах оборудование, которое может явиться фактором риска с точки зрения безопасности труда ввиду низкой температуры, следует своевременно выявлять и снабжать соответствующей защитой от случайного контакта работников с ним. Для работников следует организовать инструктаж по риску контакта с холодной поверхностью (например, по отморожению) и, по мере необходимости, обеспечивать их средствами индивидуальной защиты (СИЗ) (например, перчатками, изолирующей одеждой).

### Химические опасные факторы

Конструкция наземных сооружений должна ограничивать воздействие на персонал химических веществ, топлива и продуктов, содержащих опасные вещества. Необходимо выявить случаи использования веществ и продуктов, которые относятся к категории особо токсичных, канцерогенных, аллергенных, мутагенных, тератогенных или коррозионно-активных, и заменять их менее опасными веществами всюду, где это возможно. Для каждого используемого химиката должен иметься паспорт безопасности вещества (ПБВ), который должен находиться на объекте в легко доступном месте. Общий иерархический подход к предупреждению воздействия химических опасных факторов приведен в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Сооружения должны быть оборудованы надежной системой обнаружения газа, позволяющей изолировать источник выброса и сократить количество выбрасываемого газа. Для

снижения давления в системе и последующего уменьшения расхода выброса следует задействовать средства сброса давления. Кроме того, следует руководствоваться показаниями устройств обнаружения газа при выдаче разрешений на вход в замкнутое пространство и проведение работ в нем. На тех заводах по сжижению газа, где ведутся работы по его подготовке, существует возможность выброса сероводорода ( $H_2S$ ). Всюду, где может накапливаться сероводород ( $H_2S$ ), необходимо предусмотреть применение нижеперечисленных мер:

- Разработка плана действий в аварийной ситуации в случае выброса  $H_2S$ , включая все необходимые вопросы – от эвакуации до возобновления нормальной работы;
- Установка устройств контроля для включения аварийного сигнала в любом случае, когда определяемая концентрация  $H_2S$  превышает 7 миллиграммов на кубический метр ( $mg/m^3$ ). Число и расположение контрольных устройств необходимо определять на основе оценки производственных участков, на которых может происходить выброс  $H_2S$ , и его воздействия на рабочем месте;
- Обеспечение работников, находящихся в местах с высоким риском воздействия, индивидуальными датчиками обнаружения  $H_2S$ , а также автономными дыхательными аппаратами и аварийным запасом кислорода, расположенным в удобных местах, что позволит работникам безопасным образом прекратить работы и перейти во временное убежище или безопасный район;
- Оборудование зданий с людьми надлежащей вентиляцией и надлежащими системами обеспечения безопасности (например, воздушными шлюзами, устройством отключения вентиляции в случае

обнаружения газа) во избежание скопления сероводорода;

- Обучение персонала пользованию средствами защиты и принятию необходимых мер в случае утечки.

### Замкнутое пространство

Как и в любой иной отрасли промышленности, факторы риска в замкнутом пространстве могут оказаться смертельно опасными для работников. Характер работы в замкнутом пространстве и вероятность несчастных случаев может меняться в зависимости от конструкции объектов СПГ, имеющегося на объекте оборудования и инфраструктуры. К числу объектов с замкнутым пространством могут относиться резервуары хранения, сооружения для локализации разливов и объекты инфраструктуры обращения с ливневыми / сточными водами. На предприятиях следует разработать и внедрить порядок входа в замкнутое пространство, описанный в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

### 1.3 Охрана здоровья и обеспечение безопасности местного населения

Последствия для здоровья и безопасности местного населения в период строительства и вывода из эксплуатации объектов СПГ аналогичны характерным для большинства других промышленных объектов и рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Последствия для здоровья и безопасности местного населения в период эксплуатации объектов СПГ связаны с потенциальным риском аварийных утечек природного газа в жидкой либо газообразной форме. Горючий газ или тепловое излучение и избыточное давление могут оказать воздействие на населенные пункты за пределами

территории объекта, однако вероятность крупномасштабных аварий, непосредственно связанных с хранением СПГ на качественно спроектированных и управляемых объектах обычно пренебрежимо мала<sup>29</sup>. Размещать объекты СПГ и определять их безопасное удаление от населенных пунктов и/или соседних сооружений следует на основании оценки рисков возгорания СПГ (защита от теплового излучения), образования облака паров (защита от рассеивания легковоспламеняющихся паров) или иных серьезных опасностей.

На объектах СПГ необходимо иметь план готовности к аварийным ситуациям и ликвидации аварий с учетом роли местного населения и местной инфраструктуры в случае утечки СПГ или взрыва. Следует сопоставить характер движения судов, имеющего отношение к объектам СПГ, в том числе у погрузочных и разгрузочных эстакад, с порядком судоходства и морской деятельностью в данном районе. При размещении оборудования для слива и налива СПГ на суда следует также учитывать наличие в данном районе иных судоходных маршрутов и прочей морской деятельности (например, рыбных промыслов, рекреационной деятельности). Дополнительные сведения об элементах, включаемых в план действий в чрезвычайных ситуациях, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Общие принципы обеспечения безопасности судоходства, распространяющиеся и на перевозки СПГ морем, рассматриваются в **Руководстве по ОСЗТ для судоходства**.

<sup>29</sup> При оценке и нейтрализации факторов риска для населения следует руководствоваться признанными международными стандартами, например, стандартом EN 1473. Следует рассмотреть возможность принятия определений безопасного удаления хранилищ СПГ и иных объектов для защиты близлежащих районов – например, по Разделу 49 свода федеральных нормативных актов США, Часть 193.16.

## Охрана

Необходимо исключить несанкционированный доступ к объектам путем ограждения их по периметру и установки контролируемых точек доступа (охраняемых входов). Необходимо ввести ограничение доступа населения. Следует установить соответствующие знаки и оградить запретные зоны, на границе которых устанавливается охрана. Дорожные знаки для автомобилей должны четко определять отдельные въезды для грузовых автомашин/средств доставки и для автомобилей посетителей и персонала. Необходимо предусмотреть средства защиты от проникновения (например, камеры видеонаблюдения). Для получения максимальных возможностей наблюдения и сведения к минимуму возможности проникновения объекты должны иметь соответствующее освещение.

## 2.0 Показатели эффективности и контрольные показатели для отрасли

### 2.1 Экологические показатели

#### Нормативы выбросов и сбросов

Значения нормативов сбросов приводятся в Таблице 1. Выбросы в атмосферу от объектов СПГ следует ограничивать, применяя методики, описанные в разделе 1.1 настоящего Руководства. Значения нормативов сбросов, образующихся при технологических процессах в данной отрасли, отражают надлежащую международную отраслевую практику, отраженную в соответствующих стандартах стран с пользующейся признанием нормативной базой. Нормативы выбросов из источников сгорания, связанных с производством пара и электроэнергии

установками мощностью не выше 50 мВт тепл., приводятся в **Общем руководстве по ОСЗТ**, а выбросов из более мощных установок – в **Руководстве по ОСЗТ для тепловых электростанций**.

**Таблица 1. Уровни сбросов для объектов СПГ**

Параметр	Рекомендуемое значение
	обустройство сооружений, способных принимать стоки с газозовозов (см. Руководство по ОСЗТ для портов и гаваней).

**Таблица 1. Уровни сбросов для объектов СПГ**

Параметр	Рекомендуемое значение
<b>Вода гидростатических испытаний</b>	Очистка и удаление в соответствии с инструкциями раздела 1.1 настоящего документа. Для сброса в поверхностные воды или на грунт: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Общее содержание углеводородов: 10 мг/л</li> <li>○ pH: 6 – 9</li> <li>○ БПК: 25 мг/л</li> <li>○ ХПК: 125 мг/л</li> <li>○ Общее содержание взвешенных твердых частиц: 35 мг/л</li> <li>○ Фенолы: 0.5 мг/л</li> <li>○ Сульфиды: 1 мг/л</li> <li>○ Тяжелые металлы (всего): 5 мг/л</li> <li>○ Хлориды: среднее содержание - 600 мг/л (в среднем), максимальное содержание - 1200 мг/л (максимум)</li> </ul>
<b>Дренаж опасных ливневых стоков</b>	Ливневые стоки необходимо очищать в системе разделения нефти и воды, чтобы добиться концентрации нефтепродуктов не более 10 мг/л.
<b>Охлаждающая вода</b>	Сток должен приводить к повышению температуры не более чем на 3°C на краю зоны начального смешивания и разведения. Если эта зона не определена, то в 100 м от точки сброса. Концентрацию свободного хлора (остаточное общее содержание оксидантов в воде эстуария или морской воде) в сбрасываемой охлаждающей или холодной воде (со взятием проб в точке сброса) следует поддерживать на уровне 0,2 части на миллион (ppm).
<b>Канализация</b>	Очистка в соответствии с инструкциями Общего руководства по ОСЗТ, включая требования к сбросу. Может потребоваться

### Использование ресурсов и потребление энергии

В таблице 2 приведены примеры показателей потребления ресурсов и энергии для данной отрасли. Контрольные показатели для отрасли приводятся только для сравнения, и исполнителям конкретных проектов следует ставить перед собой задачи постоянного улучшения показателей в этой области. Эти показатели приводятся в качестве ориентира для сравнения, чтобы дать руководителям предприятий возможность определить относительную эффективность проектов, а также отслеживать изменение экономических показателей со временем.

### Мониторинг состояния окружающей среды

Программы мониторинга состояния окружающей среды для данной отрасли следует выстраивать с учетом необходимости охвата всех видов деятельности, у которых выявлен потенциал существенного воздействия на состояние окружающей среды, как в нормальном, так и в нештатном режиме. Мониторинг состояния окружающей среды следует вести по прямым или косвенным показателям выбросов, сбросов и использования ресурсов, применимым к данному проекту.

Частота проведения мониторинга должна быть достаточной для получения репрезентативных данных по параметру, мониторинг которого проводится. Мониторинг должен осуществляться специально подготовленными лицами, в соответствии с процедурами мониторинга и учета данных, и с использованием должным образом поверенного и

исправного оборудования. Данные мониторинга следует регулярно анализировать и изучать, сопоставляя их с действующими стандартами в целях принятия, при необходимости, мер по исправлению ситуации. Дополнительные указания по применимым методикам забора проб и анализа выбросов и стоков содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

<b>Таблица 2. Ресурсы и потребление энергии</b>		
<b>Параметр</b>	<b>Единицы</b>	<b>Контрольный показатель для отрасли</b>
Потребление энергии при транспортировке СПГ <sup>1</sup>	МДж/ГДж газа на 100 км	19–20 <sup>1</sup>
Потребление энергии регазификационными установками	МВт	20–30 <sup>2</sup>
Потребление воды системами панельных испарителей открытого типа, <sup>3</sup>	м <sup>3</sup> /час	30 000
<b>Примечания:</b> <sup>1</sup> МЭА, 1999 <sup>2</sup> Морская платформа с гравитационным фундаментом или плавучая регазификационная установка производительностью 8 млрд. нм <sup>3</sup> газа в год <sup>3</sup> Приращение температуры на 5°С для регазификационной установки производительностью 8 млрд. нм <sup>3</sup> газа в год		

## **2.2 Охрана труда и техника безопасности**

### **Указания по охране труда и технике безопасности**

Соблюдение норм охраны труда и техники безопасности следует оценивать на основании опубликованных международных рекомендаций по показателям воздействия вредных производственных факторов, примерами которых являются, в частности, указания по значениям пороговых пределов (TLV®) воздействия на рабочем месте и

показателям биологического воздействия (BEIS®), публикуемые Американской конференцией государственных специалистов по гигиене труда (ACGIH)<sup>30</sup>, Карманный справочник по источникам химической опасности, публикуемый Национальным исследовательским институтом техники безопасности и охраны труда (NIOSH) Соединенных Штатов Америки<sup>31</sup>, показатели допустимых уровней воздействия (ДУВ), публикуемые Управлением охраны труда (OSHA) Соединенных Штатов Америки<sup>32</sup>, индикативные показатели предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны, публикуемые странами – членами Европейского союза<sup>33</sup>, или данные из иных аналогичных источников.

### **Показатели травматизма и частота несчастных случаев со смертельным исходом**

Исполнителям проектов следует стремиться к полному искоренению несчастных случаев на производстве с участием занятых в проекте работников (нанятых непосредственно исполнителями проекта либо субподрядчиками), особенно несчастных случаев, способных привести к потере рабочего времени, инвалидности различной степени тяжести или даже смертельному исходу. Показатели частоты несчастных случаев на объекте можно сопоставлять с опубликованными показателями предприятий данной отрасли в развитых странах, которые можно получить из таких источников, как, например, Бюро трудовой статистики США и Инспекция по промышленной гигиене и охране труда Соединенного Королевства<sup>34</sup>.

<sup>30</sup> См. <http://www.acgih.org/TLV/>

<sup>31</sup> См. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

<sup>32</sup>

См. [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDAR DS&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDAR DS&p_id=9992)

<sup>33</sup> См. [http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/)

<sup>34</sup> См. <http://www.bls.gov/iif/> и <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

## **Мониторинг соблюдения норм охраны труда и техники безопасности**

Следует вести мониторинг рабочей среды на наличие вредных производственных факторов, характерных для данного проекта. Процесс мониторинга должны разрабатывать и осуществлять уполномоченные специалисты<sup>35</sup> в рамках программы мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности. Предприятиям следует также вести журналы учета случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний, а также опасных ситуаций и несчастных случаев. Дополнительные указания по программам мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

---

<sup>35</sup> К таким уполномоченным специалистам могут относиться сертифицированные специалисты по промышленной гигиене, дипломированные специалисты по гигиене труда, сертифицированные специалисты по охране труда или специалисты аналогичной квалификации.

### 3.0 Справочная литература и дополнительные источники информации

American Petroleum Institute (API). 2003. Recommended Practice. Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning, and Stray Currents. API RP 2003. Washington, DC: API.

ABS Consulting. 2004. Consequence Assessment Methods for Incidents Involving Releases from Liquefied Natural Gas Carriers. Report for FERC. Houston, TX: ABS Consulting.

Aspen Environmental Group. 2005. International and National Efforts to Address the Safety and Security Risks of Importing Liquefied Natural Gas: A Compendium. Prepared for California Energy Commission. Sacramento, CA: Aspen Environmental Group.

California Energy Commission. 2003. Liquefied Natural Gas in California: History, Risks, and Siting. Staff White Paper. No. 700-03-005. Sacramento, CA: California Energy Commission. Available at <http://www.energy.ca.gov/naturalgas/index.html>

Center for Energy Economics (CEE). 2003a. Introduction to LNG. An Overview on Liquefied Natural Gas (LNG), its Properties, the LNG Industry, Safety Considerations. Sugar Land, Texas: CEE. Available at <http://www.beg.utexas.edu/energyecon/>

CEE. 2003b. LNG Safety and Security. Sugar Land, Texas: CEE. Available at <http://www.beg.utexas.edu/energyecon/>

European Union. European Norm (EN) Standard EN 1473. Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas – Design of Onshore Installations. Latest Edition. Brussels: EU.

Kidnay, A.J., and W.R. Parrish. 2006. Fundamentals of Natural Gas Processing. Boca Raton, FL: CRC Press.

International Energy Agency (IEA). 1999. Automotive Fuels Information Service. Automotive Fuels for the Future: The Search for Alternatives. Paris: IEA. Available at <http://www.iea.org/dbtw-wpd/textbase/nppdf/free/1990/autofuel99.pdf>

International Maritime Organisation (IMO). 1983. International Gas Carrier Code (IGC Code). IMO 782E. Latest edition. London: IMO.

International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT). 1995. 4th ed. ICS & OCIMF. London: Witherbys Publishing.

IMO. 1978. MARPOL 73/78. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto. London: IMO.

National Fire Protection Association (NFPA). 2006. NFPA 59A. Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG). Quincy, MA: NFPA.

Nova Scotia Department of Energy. 2005. Code of Practice. Liquefied Natural Gas Facilities. Halifax, Nova Scotia: Department of Energy. Available at <http://www.gov.ns.ca/energy>

Sandia National Laboratories. 2004. Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water. SAND2004-6258, December 2004. Albuquerque, New Mexico, and Livermore, California: Sandia National Laboratories.

Society of International Gas Tanker and Terminal Operators (SIGTTO). 1997. Site Selection and Design of LNG Ports and Jetties. London: SIGTTO. Available at <http://www.sigtto.org>

SIGTTO. 2000. Safety in Liquefied Gas Marine Transportation and Terminal Operations. London: SIGTTO. Available at <http://www.sigtto.org>

United States (US) Environment Protection Agency (EPA). Code of Federal Regulations 49 CFR Part 193. Liquefied Natural Gas Facilities: Federal Safety Standards. Latest edition. Washington, DC: US EPA. Available at [http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title49/49cfr193\\_main\\_02.tpl](http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title49/49cfr193_main_02.tpl)

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). Code of Federal Regulations (CFR) 33 CFR Part 127: Waterfront facilities handling liquefied natural gas and liquefied hazardous gas. Latest addition. Washington, DC: US EPA

## Приложение А: Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

Сжижение природного газа позволяет значительно сократить занимаемый им объём, что даёт возможность хранить и перевозить на судах большие объёмы сжиженного природного газа (СПГ). Производственная цепочка СПГ состоит из следующих этапов:

- 1-й этап – добыча природного газа (операции и объекты разведки и добычи газа);
- 2-й этап – перекачка природного газа на заводы подготовки или сжижения газа;
- 3-й этап – подготовка природного газа (осушка, очистка от сероводорода ( $H_2S$ ) и т.д.);
- 4-й этап – сжижение природного газа;
- 5-й этап – налив СПГ на суда-газовозы и его транспортировка на приёмные терминалы;
- 6-й этап – слив СПГ и его хранение на приёмных терминалах;
- 7-й этап – регазификация СПГ путем теплообмена, и
- 8-й этап – поставка газа в газораспределительную сеть по магистральным газопроводам.

Перед использованием неочищенный природный газ должен пройти «подготовку» - очистку от тяжёлых углеводородов, а также нежелательных компонентов или примесей. Установки подготовки газа могут быть отдельными или автономными, либо являться составной частью завода по сжижению природного газа. Обычно процесс подготовки газа включает в себя извлечение более тяжелых фракций углеводородов, таких, как сжиженный углеводородный газ (СУГ) и широкая фракция лёгких углеводородов (ШФЛУ), куда входят, например, пропан и бутан. Затем очищенный газ (с высоким содержанием метана) поступает в установки сжижения. Чтобы газ был пригоден к транспортировке, его охлаждают при

атмосферном давлении до температуры примерно  $-162^{\circ}C$ , когда он превращается в жидкость, объём которой приблизительно в 600 раз меньше исходного объёма газа, а плотность составляет от 420 до 490 килограммов на кубический метр ( $кг/м^3$ ).

### Сжижение природного газа

Блок-схема типового базисного завода по сжижению природного газа приведена на рисунке А1. Технологические и инженерные требования зависят от условий участка, качества сырьевого газа и технических требований к конечному продукту. Обычно процесс выглядит следующим образом: добытый сырьевой газ поступает с месторождений по трубопроводам под высоким давлением (до 90 бар), производится стабилизация и отделение сопутствующего конденсата. Затем замеряется объём газа, а его давление выравнивается с расчетным рабочим давлением установки.

Газ проходит предварительную подготовку, в ходе которой его очищают от любых примесей, способных помешать его обработке, либо нежелательных для конечного продукта. В частности, газ подвергается осушке и очистке, то есть, из него удаляются кислые газы и компоненты, содержащие серу – например, диоксид углерода ( $CO_2$ ), сероводород ( $H_2S$ ) и меркаптаны, а также, при необходимости, ртуть, иные микропримеси и, наконец, вода.

Затем осушенный и очищенный газ охлаждается потоками хладагента с целью отделения более тяжелых углеводородов. Подготовленный газ охлаждается в несколько приемов посредством непрямого теплообмена с одним или несколькими хладагентами; таким образом, температура газа постепенно понижается вплоть до его полного сжижения. Затем в несколько приемов проводится

дальнейшее понижение температуры СПГ и расширение его объема, чтобы облегчить его хранение под давлением, незначительно превышающим атмосферное. В ходе этого процесса происходит рекуперация пара, образовавшегося при мгновенном испарении, и отпарного газа (ОГ). Полученный СПГ, готовый к транспортировке морем, хранится в изотермических резервуарах.

Производится фракционирование и рекуперация более тяжелых углеводородов, полученных путем сепарации при охлаждении. Этан обычно повторно закачивают в линию сжижения газа. Пропан и бутан можно либо вернуть в систему сжижения, либо отгружать в виде СУГ, а пентан (или более тяжелые компоненты) – отгружать в виде «газового бензина».

В процессе сжижения, в основном, применяется охлаждение в механических холодильных установках, при котором происходит перенос тепла от природного газа через поверхность теплообменников к движущемуся по отдельному замкнутому контуру жидкому хладагенту. В контуре охлаждения используется охлаждающий эффект испаряющейся расширяющейся жидкости, что требует затрат энергии на работу компрессора. Было разработано несколько различных технологий сжижения природного газа, из которых шире всего распространены следующие:

- Каскадная, с использованием нескольких холодильных циклов с различными однокомпонентными хладагентами, например, пропаном, этиленом и метаном, и
- Со смешанным хладагентом с использованием смеси азота с легкими углеводородами.

К основным производственным факторам, необходимым для обеспечения функционирования технологических установок, относятся:

- Топливный газ, получаемый из технологических потоков и необходимый для производства электроэнергии;
- Охладитель (вода или воздух); а также
- Теплоноситель (пар или контур с горячим маслом).

### Транспортировка СПГ

СПГ перевозится с заводов по сжижению газа на регазификационные терминалы судами-газовозами особой конструкции вместимостью от 80 000 м<sup>3</sup> до 260 000 м<sup>3</sup>. Резервуары-танки на таких судах представляют собой большие изотермические ёмкости (псевдодьюары), благодаря чему в течение всего пути СПГ остаётся в жидком состоянии. В танках образуется очень небольшое количество газа, который откачивается во избежание повышения давления и может быть использован в качестве судового топлива. На новых газовозах используются танки с пятью различными системами изоляции СПГ и постоянным контролем наличия газа и изменения температуры<sup>36</sup>:

- Два вида самоуравновешивающихся танков:
  - Сферические танки (типа «Мосс»),
  - Призматические танки.
- Два вида танков мембранного типа (TGZ Mark III и GT96). В мембранных танках для изоляции груза применяют двухслойную металлическую оболочку (первичную и вторичную мембраны).

### Береговой терминал регазификации СПГ

Терминалы регазификации СПГ обычно состоят из следующих компонентов:

- Системы разгрузки СПГ, включая эстакаду и причал;

<sup>36</sup> Соответствующие технические данные этих резервуаров подробно рассматриваются в разработанных ОМОГТ руководящих документах и технических условиях на проектирование судов.

- Резервуара(-ов) хранения СПГ;
- Внутренних и внешних насосов резервуаров СПГ;
- Системы обработки паров;
- Испарителей СПГ.

СПГ перекачивается по разгрузочным трубопроводам в береговые резервуары СПГ при помощи корабельных насосов. Пары, образующиеся в резервуаре хранения за счет вытеснения во время разгрузки судна, направляются в грузовые танки судна по возвратному трубопроводу и рукаву, и поддерживают повышенное давление в танках судна. Для приёма и хранения СПГ сооружается один или несколько резервуаров большой вместимости.

Вследствие теплопереноса из окружающей среды при функционировании терминала в обычном режиме в резервуарах и заполненных СПГ трубопроводах образуется отпарной газ (ОГ). Обычно ОГ собирают для повторного сжижения в потоке СПГ. Во время разгрузки судна образуется больше паров. Из входного сепаратора компрессора пары направляются по трубопроводам возврата паров на судно или в компрессоры ОГ. Пары, не отправленные на судно, компримируются и направляются в конденсатор повторного сжижения.

Внутренние откачивающие насосы перекачивают СПГ из резервуаров хранения в конденсатор повторного сжижения. ОГ, образующийся в процессе функционирования терминала, также направляется в эту установку, где смешивается с переохлажденным СПГ и сжижается.

Ступенчатые откачивающие насосы высокого давления перекачивают СПГ из конденсатора повторного сжижения в испарители, где за счет теплообмена между СПГ и теплоносителем происходит испарение находящегося под высоким давлением СПГ, и образовавшийся газ

направляется непосредственно в отгрузочный трубопровод.

Наиболее распространены следующие типы испарителей:

- Панельные испарители открытого типа, в которых для подогрева и испарения СПГ используется морская вода;
- Испарители с погружной камерой сгорания, где источником тепла для испарения СПГ являются горелки, в которых сжигается подаваемый газ; а также
- Кожухотрубные испарители (или испарители с промежуточным теплоносителем), в которых имеется внешний источник тепла.

### **Системы выпуска и факельного сжигания**

В случае снижения производительности установки до минимума или в чрезвычайной ситуации возможно образование ОГ в объемах, превышающих пропускную способность конденсатора повторного сжижения. В этом случае ОГ отводится в атмосферу посредством факельного сжигания или выпуска. Если применяется система аварийного выпуска в атмосферу, следует учесть опасность накопления холодного метана в приземном слое, чтобы содержание холодного метана не превысило нижнего предела возгораемости (НПВ).

### **Морские приемные терминалы СПГ**

Морские объекты СПГ делятся по своей конструкции на следующие виды:

- Гравитационные платформы (ГП),
- Плавающие установки регазификации и хранения (ПУРХ),
- Плавающие установки регазификации (ПУР), и
- Швартовные регазификационные системы.

ГП – это стационарное бетонное сооружение, опирающееся на морское дно; все компоненты регазификационной установки расположены в верхней части ГП.

ПУРХ – это переоборудованный танкер-газовоз, на котором смонтирована регазификационная установка. Это – плавучий объект, крепящийся ко дну моря с помощью турельной якорной системы. Системы выкачивания и испарения СПГ, обработки ОГ и перекачки природного газа на берег располагаются на палубе ПУРХ.

Концепция ПУР основана на переоборудовании нефтяных танкеров: они превращаются в платформы для регазификации, обеспечивающие возможность швартовки газовозов и слива СПГ. Возможности для хранения СПГ на ПУР ограничены или отсутствуют вовсе, так что СПГ, перекачанный с газовоза, сразу же регазифицируется и отправляется на берег. Если же на таком терминале имеются большие емкости для хранения газа, то он может применяться для сглаживания пикового потребления.

В число швартовых регазификационных систем могут входить:

- Платформа башенного типа с односточной причальной системой (ОПС): в этом случае регазификационная установка располагается наверху стационарного основания башенного типа. Газовоз швартуется к поворотному швартовному столу башенной платформы ОПС и медленно перекачивает СПГ на платформу, где СПГ сразу же регазифицируется и отправляется на берег по газопроводу; а также
- Турельный причал с разъемным стояком, представляющий собой систему швартовки и разгрузки с возможностью перекачки газа под высоким

давлением с газовозов, располагающих бортовыми регазификационными установками.

Рисунок А.1: Производство сжиженного природного газа

