

Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для производства азотных удобрений

Введение

Руководства по охране окружающей среды, здоровья и труда (ОСЗТ) представляют собой технические справочники, содержащие примеры надлежащей международной отраслевой практики (НМОП)¹ как общего характера, так и относящиеся к конкретным отраслям. Если в реализации проекта участвует один член Группы 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:

<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

¹ 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.

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 производства азотных удобрений содержит информацию, имеющую непосредственное отношение к установкам, где производятся азотные удобрения на основе аммиака, в том числе аммиак (NH_3), мочевины, азотная кислота (HNO_3), нитрат аммония, известково-аммиачная селитра (ИАС), сульфат аммония и смешанные азотные удобрения, в частности жидкие удобрения мочевины-сульфат аммония (МСА) и мочевины-нитрат аммония (МНА) (28, 30 или 32% азота (N)). Данный 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 наиболее важных проблем ОСЗТ, возникающих при эксплуатации предприятий, производящих азотные удобрения, и содержатся рекомендации по их решению. Рекомендации по решению проблем ОСЗТ, характерных для большинства крупных промышленных предприятий в фазе строительства и вывода из эксплуатации, содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.1 Охрана окружающей среды

Загрязнение окружающей среды при производстве азотных удобрений может быть вызвано следующими факторами:

- выбросы в атмосферу;
- сточные воды;
- опасные материалы;
- отходы;
- шум.

Выбросы в атмосферу

Выбросы в атмосферу с предприятий, производящих азотные удобрения, обычно состоят из парниковых газов (ПГ – в основном диоксида углерода и оксидов азота), других газообразных неорганических соединений и выбросов твердых частиц, в частности частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 микрон (PM10), образующихся при приллировании (гранулировании).

Указания по контролю выбросов из небольших источников горения, имеющих мощность до 50 мегаватт теплоты

(МВт тепл.), в частности указания по контролю выбросов отработанных газов, содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Технологические выбросы при производстве аммиака

Технологические выбросы из установок по производству аммиака состоят в основном из природного газа, водорода (H_2), диоксида углерода (CO_2), аммиака (NH_3) и монооксида углерода (CO). При использовании определенных видов топлива может присутствовать сероводород (H_2S). Могут иметь место и неорганизованные утечки NH_3 из резервуаров для хранения, клапанов, фланцев и трубопроводов, особенно при транспортировке и перемещении. Нештатные выбросы, связанные с нарушением технологического режима или авариями, могут содержать природный газ, монооксид углерода (CO), водород (H_2), диоксид углерода (CO_2), летучие органические соединения (ЛОС), оксиды азота (NO_x) и NH_3 .

К мерам по предотвращению и контролю выбросов относятся следующие:

- обработка продувочного синтез-газа NH_3 для регенерации NH_3 и H_2 перед сжиганием остатка в первичном риформере;
- увеличение времени пребывания отходящих газов в зоне высокой температуры первичного риформера;
- аммиак, выходящий из емкостей или хранилищ через предохранительные клапаны или регуляторы давления, следует собирать и отправлять в факел или мокрый скруббер;
- применение методов снижения утечек для выявления неорганизованных утечек аммиака из технологической системы и хранилищ;

- внедрение программ технического обслуживания, в частности для набивных сальников штоков и уплотнений предохранительных клапанов, с целью уменьшения или исключения выбросов.

Удаление диоксида углерода (CO_2) из установок по производству аммиака приводит к выбросам с высокой концентрацией CO_2 . В идеале установки для производства аммиака и мочевины объединяются, при этом CO_2 , выделяющийся в процессе производства аммиака, может почти полностью потребляться, если производимый аммиак перерабатывается в мочевину. Кроме того, при производстве азотных удобрений затрачивается много энергии, получаемой, как правило, за счет органического топлива, что приводит к образованию больших количеств парниковых газов. Рекомендации, касающиеся уменьшения выбросов ПГ, а также эффективного использования и экономии энергии, содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Технологические выбросы при производстве мочевины

Технологические выбросы из установок по производству мочевины состоят в основном из аммиака (NH_3) и пыли. Могут иметь место также неорганизованные выбросы NH_3 из емкостей, клапанов, фланцев и трубопроводов. Существенным источником выбросов пылевидной мочевины являются колонны для приллирования и грануляторы. В ходе приллирования и гранулирования конечного продукта используются большие объемы охлаждающего воздуха, который впоследствии выбрасывается в атмосферу.

К рекомендованным мерам по предотвращению и контролю выбросов в атмосферу относятся следующие:

- уменьшение выбросов пыли за счет производства гранулированного продукта вместо приллированного;
- установка колонны для приллирования, использующих охлаждение за счет естественного потока воздуха, вместо колонны, использующих охлаждение с приточно-вытяжной вентиляцией;
- использование скрубберной очистки отходящих газов технологическим конденсатом перед их выпуском в атмосферу и переработка регенерированного раствора мочевины²;
- использование рукавных фильтров для предотвращения выбросов насыщенного пылью воздуха в местах перегрузки, а также на грохотах, в машинах для упаковки в мешки и т. д., в сочетании с системой растворения пылеобразной мочевины, позволяющей вернуть ее в технологический процесс;
- скоростная плавка надрешетного твердого продукта мочевины, что позволяет вернуть мочевину в технологический процесс;
- сбор просыпанной твердой мочевины сухим способом, без промывания поверхностей;
- присоединение спускных предохранительных клапанов/уплотнений насосов аммиака/мочевины и клапанов резервуаров к факелу.

Технологические выбросы при производстве азотной кислоты

Технологические выбросы из установок по производству азотной кислоты состоят в основном из оксида азота (NO),

² Мокрые скрубберы могут обеспечить удаление до 98% пыли (см. "Справочные документы по наилучшим доступным технологиям Европейского бюро по интегрированному контролю и предотвращению загрязнений" (IPPC BREF 2006)). Низкое парциальное давление NH₃ в выбрасываемом воздухе снижает эффективность скрубберной очистки/извлечения NH₃. Эффективность можно повысить за счет подкисления, при этом получаемый раствор аммиака следует повторно использовать в технологическом процессе.

диоксида азота (NO₂) и оксидов азота (NO_x), содержащихся в остаточных газах колонны для абсорбции кислоты, закиси азота (N₂O), следовых количеств паров азотной кислоты (HNO₃), возникающих при заполнении емкостей для хранения кислоты, а также аммиака (NH₃).

К рекомендациям по предотвращению и контролю выбросов NO_x относятся следующие:

- обеспечение подачи достаточного количества воздуха в установку окисления и в абсорбер;
- поддержание высокого давления, особенно в абсорбционных колоннах для производства азотной кислоты;
- предотвращение высоких температур в охладителе-конденсаторе и абсорбере;
- разработка программы технического обслуживания для предотвращения работы при неисправном оборудовании, в частности компрессорах или насосах, что приводит к снижению давления и утечкам и снижает эффективность работы установки;
- уменьшение выбросов NO_x за счет повышения эффективности существующей технологической абсорбционной колонны или установки дополнительной абсорбционной колонны³;
- применение технологии каталитического восстановления для обработки хвостовых газов абсорбционной колонны⁴;

³ Эффективность можно повысить за счет увеличения числа ярусов в абсорбере, эксплуатации абсорбера при более высоком давлении или охлаждения слабосилового раствора в абсорбере.

⁴ Хвостовые газы можно нагревать до температуры воспламенения, смешивать с горючим газом (например, природным газом, водородом, лигроином, монооксидом углерода или аммиаком) и пропускать через слой катализатора (например, пятиокись ванадия, платину, цеолит) (IPPC BREF 2006). Использование катализатора может обеспечить более эффективное восстановление NO_x, чем расширение абсорбции.

- установка активных молекулярных сит для каталитического окисления NO до NO₂ и селективной адсорбции NO₂ с возвращением термически очищенного NO₂ в абсорбер⁵;
- установка мокрых скрубберов с орошением водным раствором щелочных гидроксидов или карбонатов, аммиака, мочевины, перманганата калия или каустических химикатов (например, щелочных скрубберов с гидроксидом натрия, карбонатом натрия или другими сильными основаниями), выделяющих NO и NO₂ в виде нитрата или нитратных солей⁶.

К рекомендациям по предотвращению и контролю выбросов N₂O относятся следующие:

- использование установок селективного каталитического восстановления (СКВ), работающих при температуре около 200°C с различными катализаторами (платина, пятиокись ванадия, цеолиты и т. д.), или, в более редких случаях, установок неселективного каталитического восстановления (НСКВ);
- присоединение камеры разложения топлива к горелке для уменьшения образования N₂O за счет увеличения времени пребывания в реакторе для окислирования⁷;
- использование селективного катализатора с целью удаления N₂O в высокотемпературной зоне (от 800 до 950°C) реактора для окислирования⁸;

⁵ При этом подходе могут потребоваться специальные меры для борьбы с загрязнением фильтрующего слоя.

⁶ Несмотря на высокую эффективность, этот метод может оказаться слишком дорогим и экономически неприемлемым при нормальных условиях. Любые оценки затрат следует проводить с учетом очистки отработанного промывного раствора.

⁷ IPPC BREF (2006).

⁸ Там же.

- установка комбинированного реактора для уменьшения концентраций N₂O и NO_x между конечным нагревателем хвостового газа и турбиной хвостового газа. Реактор состоит из двух слоев катализатора (Fe цеолит) с промежуточным введением NH₃⁹.

При правильной эксплуатации установки выбросов кислотных паров из хвостового газа происходить не должно. Небольшие количества, которые могут присутствовать в газе, выходящем из абсорбера, должны удаляться сепаратором или коллектором до его подачи в установку каталитического восстановления или в экспандер.

Технологические выбросы при производстве нитрата аммония и известково-аммиачной селитры

Технологические выбросы состоят в основном из аммиака и пыли из нейтрализаторов, испарителей, колонн для приллирования, грануляторов, осушителей и охладителей. Неконтролируемые выбросы аммиака происходят из резервуаров для хранения и технологического оборудования.

К рекомендациям по предотвращению и контролю выбросов относятся следующие:

- использование методов отделения капель от пара (например, плетеной проволоки, туманоулавливающих сеток, волновых пластинчатых сепараторов и сепараторов с волоконной прокладкой, использующих, например, политетрафторэтиленовое (ПТФЭ) волокно), или очистительных устройств (например, колонн с наполнителем, скрубберов Вентури и орошаемых ситчатых полотен) для уменьшения содержания

⁹ Там же.

- аммиака и нитрата аммония в паре, выбрасываемом из нейтрализаторов и испарителей¹⁰. Необходимо совмещать использование каплеотделителей и скрубберов для удаления частиц нитрата аммония из выбросов. Для нейтрализации свободного аммиака необходимо использовать азотную кислоту;
- обработка и повторное использование загрязненного конденсата с применением, в частности, методов очистки воздухом или паром с введением при необходимости щелочи для освобождения ионизированного аммиака или с использованием методов дистилляции и мембранной сепарации, например обратного осмоса¹¹;
 - использование минимальной приемлемой температуры плавления для уменьшения выбросов аммиака и нитрата аммония (а также карбоната кальция при производстве известково-аммиачной селитры (ИАС)) во время приллирования и гранулирования;
 - исключение выбросов аммиака во время приллирования и гранулирования за счет нейтрализации в мокром скруббере. В таких скрубберах обычно используется циркулирующий раствор кислоты. Раствор из мокрого скруббера обычно возвращается в технологический процесс;
 - удаление паров нитрата аммония, образующихся во время приллирования, путем очистки;
 - удаление небольших частиц нитрата аммония (мини-частиц), вынесенных потоком воздуха через циклоны, тканевые фильтры и мокрые скрубберы;

- по возможности, использование процесса гранулирования в закрытом помещении вместо приллирования¹²;
- установка системы для извлечения, захвата и фильтрации вентиляционного воздуха из зон обработки и погрузки/разгрузки продукции, в которых происходит образование пыли, с целью предотвращения неорганизованного выброса мелких частиц.

Сточные воды

Сточные воды производственного процесса

Стоки, связанные с технологическим процессом на установках по производству азотных удобрений, обычно представляют собой кислые растворы, образующиеся при плановых работах по очистке и промывке, стоки из мокрых скрубберов, аварийные сбросы, утечки небольших количеств жидкости из резервуаров для хранения продукта, а также кислотные и щелочные стоки из установок подготовки воды, используемой для подпитки котлов.

Стоки из установок по производству аммиака

При нормальной работе сброс с установок может образовываться за счёт технологических конденсатов, стоков мокрой газоочистки, содержащих аммиак и другие побочные продукты. Технологические конденсаты обычно формируются между стадиями конверсии в реакторах и абсорбции диоксида углерода, а также выделяются из диоксида углерода, отходящего из колонны. Такие конденсаты могут содержать аммиак, метанол и амины

¹⁰ Там же.

¹¹ Там же.

¹² Гранулирование требует более сложной технологии, однако количество воздуха, который необходимо обработать, при гранулировании меньше, чем при приллировании, а очистное оборудование проще. Частицы нитрата аммония крупнее и могут удаляться путем комбинированного использования сухих циклонов или тканевых фильтров и мокрых скрубберов вместо более сложных свечевых фильтров.

(например, метиламины, диметиламины и триметиламины). При частичном окислении удаление сажи и золы, проведенное ненадлежащим образом, может повлиять на характеристики сбросных вод.

К рекомендованным мерам по предотвращению и контролю загрязнения относятся следующие:

- конденсаты должны очищаться паром для уменьшения содержания аммиака, а затем повторно использоваться в качестве подпиточной воды котлов (после ионообменной обработки) или направляться на очистную установку совместно с другими аммиачными стоками. При очистке паром конденсата образуются отходы, что может потребовать дополнительных мер по предотвращению выбросов аммиака;
- аммиак, поглощаемый из продувочного и дроссельного газов, необходимо восстанавливать в замкнутом контуре, чтобы избежать сбросов водных растворов аммиака;
- сажа, получающаяся при газификации в процессе частичного окисления, должна восстанавливаться и возвращаться для повторного использования в технологическом процессе.

Стоки от установок по производству мочевины

Производство мочевины характеризуется значительными потоками технологической воды, содержащей NH_3 , CO_2 и мочевины (например, установка с производительностью 1000 тонн в сутки (т/сут.) создает около 500 кубических метров технологической воды в сутки ($\text{м}^3/\text{сут.}$)). Другими источниками стоков являются: эжекторный пар, смывы и вода гидравлических затворов.

К рекомендованным мерам по предотвращению и контролю загрязнения относятся следующие:

- усовершенствование конструкции испарительного нагревателя/сепаратора для сведения к минимуму утечек мочевины;
- удаление NH_3 , CO_2 и мочевины из технологической воды в установке для ее очистки и повторное использование газов при синтезе с целью оптимизации использования сырья и уменьшения объема стоков;
- обеспечение достаточной емкости хранилищ запасов предприятия на случай нарушений в работе и остановок;
- установка заглубленных резервуаров с целью сбора промывных вод предприятия и загрязненных дренажных стоков с целью их возвращения в процесс или передачи на установку очистки производственных стоков.

Стоки из установок по производству азотной кислоты

К жидким стокам из установки по производству азотной кислоты относятся следующие:

- разбавленный раствор нитрита/нитрата аммония, образующийся при периодической промывке (обычно один раз в сутки) компрессора NO_x , а также накапливающийся в дренажной системе охладителя-конденсатора за определённый период после пуска предприятия;
- водный раствор аммиака, образующийся при продувке испарителя;
- продувочные воды паропроводов, загрязнённые растворенными солями,;
- эпизодические сбросы при отборе и очистке проб растворов азотной кислоты.

К рекомендованным мерам по предотвращению и контролю загрязнения относится следующее:

- нагнетание пара в компрессор NO_x для предотвращения любых утечек жидкости;
- подкисление в процессе пуска во избежание необходимости дренирования охладителя-конденсатора;
- проведение очистки пара для возврата аммиака в технологический процесс и ограничения выбросов водного раствора аммиака при продувке испарителя.

Стоки из установок по производству нитрата аммония (НА) и известково-аммиачной селитры (ИАС)

На установках по производству нитрата аммония (НА)/известково-аммиачной селитры (ИАС) образуются дополнительные объемы загрязнённой воды, которая требует очистки перед сбросом или может быть возвращена для повторного использования в других установках комплекса по производству азотных удобрений. Эти технологические стоки образуются за счёт сброса конденсатов, содержащих до 1% аммиака и до 1% нитрата аммония из реакторов (нейтрализаторов) и выпаривателей, а также промывной воды установки, загрязнённой нитратом аммония и азотной кислотой. Неразбавленные сбросы в воду могут достигать 5000 мг НА в форме N/l и 2500 мг NH_3 в форме N/l (6 и 3 кг на тонну (кг/т) продукта соответственно)¹³.

К мерам по предотвращению и контролю загрязнения на установках по производству НА/ИАС относится следующее:

- внутренняя рециркуляция нитрата аммония и аммиака (например, скрубберная жидкость из секции очистки воздуха в установке гранулирования может направляться для последующего выпаривания на этой установке);
- объединение установок по производству НА/ИАС с производством азотной кислоты;
- обработка пара, загрязнённого аммиаком или нитратом аммония, перед конденсацией с использованием методов отделения капель, а также скрубберов (описано в разделе "Выбросы в атмосферу" настоящего документа);
- очистка технологической воды (конденсата) путем отгонки воздухом или паром с добавлением при необходимости щелочи для отделения ионизированного аммония; методом дистилляции или мембранной сепарации.

Очистка технологической воды

К методам, применяемым для очистки технологической воды в данной отрасли промышленности, относятся: фильтрация для отделения фильтруемой фракции взвешенных твердых частиц; усреднение потоков и нагрузок; седиментация для снижения содержания взвешенных твердых частиц с использованием осветлителей; удаление аммиака и азота с помощью физико-химических или биологических методов нитрификации-денитрификации; обезвоживание и захоронение осадка на специально оборудованных полигонах. Для связывания аммиака в процессе отгонки воздухом и для устранения запаха могут потребоваться дополнительные инженерно-технические мероприятия.

Очистка промышленных стоков и примеры подходов к очистке рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

¹³ IPCC BREF (2006).

Использование этих подходов в сочетании с методами надлежащей практики для очистки сточных вод должно обеспечить выполнение на установках требований по нормативным значениям для сточных вод, приведенным в соответствующей таблице раздела 2 настоящего отраслевого документа.

Другие потоки сточных вод и водопотребление

Указания по обращению с незагрязненными стоками, образующимися во вспомогательных операциях, незагрязненными ливневыми стоками и хозяйственно-бытовыми сточными водами, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Загрязненные стоки должны направляться в систему очистки технологических стоков. Рекомендации по снижению потребления воды, особенно там, где она является ограниченным природным ресурсом, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Опасные материалы

На предприятиях по производству азотных удобрений используются и создаются значительные объемы опасных материалов, в том числе сырья и промежуточных/конечных продуктов. Обработка, хранение и транспортировка этих материалов должны осуществляться надлежащим образом, чтобы исключить или свести к минимуму воздействие на окружающую среду. Рекомендуемые методы обращения с опасными материалами, в том числе их погрузки, разгрузки, хранения и транспортировки, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Отходы

К наиболее распространенным опасным отходам, образующимся на этих предприятиях, относятся отработавшие катализаторы после их плановой замены на

установках десульфурации газа, установках по производству аммиака и азотной кислоты¹⁴. К неопасным отходам относятся прежде всего азотсодержащие частицы из систем удаления пыли в процессе приллирования и гранулирования.

К рекомендованным стратегиям по обращению с отработавшими катализаторами относятся следующие:

- надлежащая обработка непосредственно на месте, включая помещение пирофорных отработавших катализаторов в воду при временном хранении и транспортировке до конечной стадии переработки с целью избежать неконтролируемых экзотермических реакций;
- возврат производителю для регенерации или восстановления;
- обработка вне участка работ специализированными компаниями, которые могут извлекать тяжелые или драгоценные металлы с использованием процессов извлечения и переработки там, где это возможно, или иным образом перерабатывать отработавшие катализаторы или их невозстановливаемые компоненты в соответствии с рекомендациями по обращению с опасными и безопасными отходами, представленными в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

К рекомендуемым стратегиям по обращению с собранной пылью и некондиционной продукцией относится следующее:

- возвращение на соответствующие производственные установки или установки для смешивания удобрений на производящем предприятии;

¹⁴ Установка по производству аммиака производительностью 1500 тонн в сутки может создавать около 50 м³ отработавшего катализатора в год.

- передача третьим лицам (коммерсантам или фермерам) для последующего использования¹⁵.

Хранение и погрузка/разгрузка опасных и неопасных отходов должны проводиться в соответствии с методами надлежащей практики в сфере обращения с отходами, представленными в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Шум

К типичным источникам шума относятся крупные вращающиеся механизмы, в том числе компрессоры и турбины, насосы, электромоторы, охладители воздуха, вращающиеся барабаны, сферодайзеры, конвейерные ленты, краны, огневые нагреватели, а также аварийная разгерметизация. Указания по контролю и борьбе с шумом представлены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.2 Охрана труда и техника безопасности

Вопросы охраны труда и техники безопасности, которые могут возникать в фазе строительства и вывода из эксплуатации предприятий по производству азотных удобрений, аналогичны возникающим на других промышленных предприятиях; их решение рассматривается в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Вопросы охраны труда и техники безопасности для конкретных предприятий следует выявлять на основе анализа безопасности труда и всесторонней оценки опасности или риска, используя при этом установленные методики, такие как выявление аварийно-опасных участков

¹⁵ Нормативные акты в Европейском союзе (ЕС) и других странах, касающиеся удобрений, содержат требования к качеству нитрата аммония, которые должны выполняться в случае повторного использования этого побочного продукта. Указания распространяются на производителей, импортеров, дистрибьюторов и торговцев согласно EFMA (2003 и 2004).

[HAZID], выявление опасностей и работоспособности оборудования [HAZOP] или количественная оценка риска. В качестве общего подхода, планирование организационной деятельности по охране труда и технике безопасности должно включать в себя систематический и структурированный подход к предотвращению и контролю физических, химических, биологических и радиологических опасностей для здоровья и безопасности, описанный в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Наиболее серьезные опасности с точки зрения охраны труда и техники безопасности возникают в фазе эксплуатации предприятий по производству азотных удобрений. К ним в первую очередь относятся:

- технологическая безопасность;
- химически опасные факторы;
- пожаровзрывоопасность;
- хранение аммиака.

Технологическая безопасность

Программы технологической безопасности должны реализовываться с учетом отраслевых особенностей, в том числе сложных химических реакций, использования опасных материалов (например, токсичных, химически активных, огнеопасных или взрывоопасных соединений) и многоступенчатых реакций органического синтеза.

Обеспечение технологической безопасности включает следующие мероприятия:

- проверку материалов и реакций с точки зрения физической опасности;
- анализ опасностей для оценки химии процесса и инженерных методов, включая термодинамику и кинетику;

- проверку профилактического обслуживания и механической целостности технологического оборудования и систем;
- подготовку персонала;
- разработку руководств по эксплуатации и мер экстренного реагирования.

Химически опасные факторы

В число токсичных химикатов на предприятиях по производству азотных удобрений входят аммиак, пары азотной кислоты, газообразный формальдегид и пыль мочевины или НА. Пороговые значения, соответствующие определенным воздействиям на здоровье, опубликованы в международных регламентирующих документах (см. ниже, раздел "Мониторинг").

К рекомендациям по предотвращению и контролю воздействий относятся следующие:

- по возможности, установка газовых детекторов во всех опасных местах;
- предотвращение проливов азотной кислоты или принятие мер для борьбы с ними и сведения их к минимуму. Азотная кислота чрезвычайно агрессивна, и любые ее контакты с кожей должны быть исключены;
- обеспечение необходимой вентиляции на всех участках, где проводятся работы с аммиаком, азотной кислотой и водным раствором формальдегида;
- обеспечение откачки и фильтрации воздуха во всех помещениях, где может образоваться пыль мочевины и НА.

Пожары и взрывы

Общие причины пожаров и взрывов на азотных предприятиях состоят в следующем:

- пожары и взрывы, связанные с аварийными выбросами синтетического газа из установок по производству аммиака;
- формирование взрывоопасной газовой смеси в скрубберах инертного газа и выбросы аммиака из установок по производству мочевины;
- взрывы воздушно-аммиачной смеси и нитритных/нитратных солей в установках по производству азотной кислоты;
- возникновение пожаров и взрывов, вызванных нитратом аммония, – окисляющим веществом на установках по производству НА;
- возгорание произведенных удобрений или пыли, загрязненной маслом либо другими горючими материалами, в присутствии источника тепла.

К рекомендациям по профилактике и снижению угрозы возникновения пожаров и взрывов относятся следующие:

- установка детекторов утечек и других устройств (систем аварийной сигнализации, например, автоматический мониторинг pH на установках по производству азотной кислоты) для своевременного выявления выбросов;
- разделение производственных участков, зон хранения, вспомогательных участков и зон безопасности с введением безопасных расстояний¹⁶;
- ограничение запасов, из которых могут происходить выбросы, путем изолирования больших запасов от действующих установок, а также изолирования и продувки герметичных хранилищ горючих газов;

¹⁶ Безопасные расстояния могут оцениваться на основании анализа безопасности в конкретной ситуации (например, АНИ, НАПБ). Указания по проектированию и эксплуатации можно найти также в Справочнике IFA/EFMA по безопасному хранению удобрений на основе нитрата аммония (IFA/EFMA Handbook for the Safe Storage of Ammonium Nitrate Based Fertilizers, 1992).

- удаление возможных источников возгорания;
 - введение процедур для предотвращения и контроля образования опасных смесей газов, например, путем снижения ниже 10 частей на миллион (ppm) содержания водорода в CO₂, подаваемом в установки по производству мочевины;
 - регулирование соотношения аммиака и воздуха при использовании автоматических запорных вентилей на установках по производству азотной кислоты;
 - следует избегать хранения в герметичных емкостях больших количеств азотной кислоты для погрузки/разгрузки;
 - использование углеродистой аустенитной нержавеющей стали в резервуарах, емкостях и вспомогательном оборудовании для азотной кислоты;
 - конструкция хранилища для НА/ИАС должна соответствовать указаниям и требованиям, признанным на международном уровне¹⁷. Эти требования обычно относятся к участкам хранения и определяют их структуру и условия эксплуатации. Следует установить надлежащую систему выявления обнаружения и тушения пожаров;
 - удаление или растворение разлившихся веществ и ограничение территории, пострадавшей в результате разгерметизации.
- избегать размещения резервуаров для хранения аммиака вблизи установок, для которых существует риск пожара или взрыва;
 - использовать охлаждаемые хранилища для больших количеств жидкого аммиака, поскольку в случае разрыва трубопровода или емкости начальная скорость выброса аммиака ниже, чем при хранении аммиака под давлением;
 - разработать и осуществлять специальный план действий в чрезвычайной ситуации, содержащий указания по мерам, которые следует принимать в чрезвычайной ситуации для защиты операторов и местных жителей в случае утечки токсичного аммиака.

1.3 Охрана здоровья и обеспечение безопасности местного населения

Наиболее существенные угрозы для здоровья и безопасности местного населения при работе предприятий по производству азотных удобрений связаны со следующими причинами:

- использование, хранение и транспортировка опасных продуктов (аммиака, азотной кислоты, нитрата аммония), создающие возможность аварийных утечек/выбросов токсичных и горючих газов;
- удаление отходов (некондиционных продуктов, шлама).

При проектировании и эксплуатации предприятий необходимо предусматривать меры безопасности с целью сведения к минимуму и контроля рисков для местного населения, – в частности, следующие меры:

- выявление в процессе проектирования мест появления возможных утечек;

Хранение аммиака

Возможность токсичных выбросов при работе с жидким аммиаком и его хранении следует свести к минимуму путем принятия следующих мер:

¹⁷ См. Директивы ЕК относительно удобрений ЕС 76/116 и ЕС 80/876, а также Директиву СОМАН 96/82/ЕС.

- оценка последствий возможных утечек для окружающих территорий, включая загрязнение подземных вод и почвы;
- оценка возможного риска, связанного с транспортировкой опасных материалов, и выбор наиболее рациональных маршрутов в целях сведения к минимуму опасности для местного сообщества и третьих сторон;
- выбор места для размещения предприятий с учетом заселения, метеорологических условий (например, направления господствующих ветров) и водных ресурсов (например, уязвимости подземных вод). Определение безопасных расстояний между участками предприятия, в частности резервуарными парками, и населенными территориями;
- определение мер по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, необходимых в целях исключения или сведения к минимуму рисков для местного сообщества;
- разработка плана действий в чрезвычайной ситуации с участием местных органов власти и местных сообществ, потенциально подвергающихся опасности.

Дополнительные указания по предотвращению угроз безопасности и здоровью местного населения, характерных для других крупных промышленных предприятий в фазе строительства и вывода из эксплуатации, содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

2.0 Показатели и мониторинг эффективности

2.1 Охрана окружающей среды

Нормативы выбросов и сбросов

В таблицах 1 и 2 приведены нормативы выбросов и сбросов в данной отрасли промышленности. Рекомендованные нормативы технологических выбросов и сбросов в данной отрасли соответствуют надлежащей международной отраслевой практике, которая зафиксирована в соответствующих стандартах стран с общепризнанной нормативно-правовой базой. Данные нормативы выполнимы при нормальном режиме работы должным образом спроектированных и эксплуатируемых предприятий посредством применения методик предотвращения и контроля загрязнения, описанных в предыдущих разделах настоящего документа.

Нормативы выбросов применимы к технологическим выбросам. Нормативы выбросов от источников горения, связанных с производством пара и электроэнергии, с тепловой мощностью, равной или ниже 50 МВт тепл., рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**, а от источников большей мощности – в **Руководстве по ОСЗТ для тепловых электростанций**. Указания в отношении фоновых параметров окружающей среды с учетом общей нагрузки выбросов приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Нормативы сбросов применимы к прямому сбросу очищенных стоков в поверхностные воды общего пользования. Возможно установление уровней сбросов, образующихся на конкретных предприятиях/участках в зависимости от наличия и условий использования систем

сбора и очистки сточных вод общего пользования, или, если сброс происходит непосредственно в поверхностные воды, в зависимости от вида водопользования водоприемника, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Указанные уровни должны обеспечиваться без разбавления и соблюдаться в течение не менее 95% времени работы предприятия или установки, рассчитываемого как доля рабочих часов в год. Отклонения от данных уровней с учетом конкретных местных условий проекта необходимо обосновать при проведении экологической оценки.

Таблица 1. Уровни выбросов в атмосферу для предприятий по производству азотных удобрений

| Загрязнитель | Единица измерения | Нормативное значение |
|--|--------------------|----------------------|
| Производство аммиака¹ | | |
| NH ₃ | мг/Нм ³ | 50 |
| NO _x | мг/Нм ³ | 300 |
| Взвесь | мг/Нм ³ | 50 |
| Производство азотной кислоты | | |
| NO _x | мг/Нм ³ | 200 |
| N ₂ O | мг/Нм ³ | 800 |
| NH ₃ | мг/Нм ³ | 10 |
| Взвесь | мг/Нм ³ | 50 |
| Производство мочевины/МНА | | |
| Мочевина (прилливание/гранулирование) | мг/Нм ³ | 50 |
| NH ₃ (прилливание/гранулирование) | мг/Нм ³ | 50 |
| Взвесь | " | 50 |
| Производство НА/ИАС | | |
| Взвесь | мг/Нм ³ | 50 |
| NH ₃ | мг/Нм ³ | 50 |
| Примечания. | | |
| 1. NO _x в отходящих газах из первичного риформера. Остальные выбросы происходят из компонентов технологии, колонн для прилливания и т. д. NO _x для всех типов предприятий: температура 273К (0°С), давление 101.3 кПа (1 атмосфера), содержание кислорода 3% сухого для отходящих газов. | | |

Использование ресурсов, потребление энергии, выбросы в атмосферу и образование отходов

В таблице 3 приведены примеры показателей потребления/производства энергетических ресурсов в данной отрасли. Контрольные показатели по отрасли приведены только для сравнения, и в каждом отдельном проекте должна ставиться задача обеспечения постоянного совершенствования в данных областях.

Таблица 2. Уровни сбросов для предприятий по производству азотных удобрений

| Загрязнитель | Единица измерения | Нормативное значение |
|--|-------------------|----------------------|
| pH | ст. ед. | 6–9 |
| Повышение температуры | °С | не более чем на 3 |
| Производство аммиака | | |
| NH ₃ | мг/л | 5 |
| Азот, общее содержание | мг/л | 15 |
| Взвешенные твёрдые вещества | мг/л | 30 |
| Производство азотной кислоты | | |
| NH ₃ | мг/л | 5 |
| Азот, общее содержание | мг/л | 15 |
| Взвешенные твёрдые вещества | мг/л | 30 |
| Производство мочевины | | |
| Мочевина (прилливание/гранулирование) | мг мочевины/л | 1 |
| NH ₃ (прилливание/гранулирование) | мг/л | 5 |
| Производство НА/ИАС | | |
| НА | мг/л | 100 |
| NH ₃ | мг/л | 5 |
| Азот, общее содержание | мг/л | 15 |
| Взвешенные твёрдые вещества | мг/л | 30 |

Таблица 3. Потребление/производство ресурсов и энергии

| Продукт | Единица измерения | Контрольный отраслевой показатель |
|--|--|--|
| Аммиак | ГДж нижний уровень нагрева (НУН)/т NH ₃ | 28,4–32,0 ⁽¹⁾ |
| Мочевина | ГДж/т мочевины | 0,4–0,45 ^{(1) (2)} |
| НА/ИАС | кВт-ч/т НА/ИАС | 25–60/10–50 ^{(1) (2)} |
| | кг пара/т НА/ИАС | 0–50/150–200 ⁽¹⁾ |
| Азотная кислота (Пр-во энергии) | ГДж/т HNO ₃ (100%) | 2,4–1,6 ⁽²⁾ (НРТ – Среднее) |
| Источники. | | |
| 1. European Fertilizer Manufacturers Association (EFMA) (2000). | | |
| 2. EU IPPC Reference Document on Best Available Techniques in Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilizers Industries (2006). | | |

Мониторинг состояния окружающей среды

Программы мониторинга состояния окружающей среды для данной отрасли следует выстраивать с учетом необходимости охвата всех видов деятельности, которые потенциально могут оказать существенное воздействие на состояние окружающей среды при их осуществлении, как в нормальном, так и во внештатном режиме. Мониторинг состояния окружающей среды следует вести по прямым или косвенным показателям выбросов, сбросов и используемых ресурсов, применимым к данному проекту.

Частота проведения мониторинга должна быть достаточной для получения репрезентативных данных по параметру, мониторинг которого проводится. Мониторинг должны осуществлять специально подготовленные лица в соответствии с процедурами мониторинга и учета данных и с использованием оборудования, прошедшего надлежащее тарирование и техническое обслуживание. Данные мониторинга необходимо регулярно анализировать и изучать, сравнивая их с действующими стандартами в целях принятия любых необходимых мер по исправлению недостатков. Дополнительные указания по применимым

методам забора проб и анализа выбросов и стоков содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

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 предельным пороговым значениям (TLV®) воздействия на рабочем месте и показателям биологического воздействия (BEIs®), публикуемые Американской конференцией государственных специалистов по гигиене труда (ACGIH)¹⁸, Карманный справочник по источникам химической опасности, публикуемый Национальным институтом гигиены и охраны труда Соединенных Штатов Америки (NIOSH)¹⁹, показатели допустимых уровней воздействия (PELs), публикуемые Управлением охраны труда Соединенных Штатов Америки (OSHA)²⁰, индикативные показатели предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны, публикуемые странами – членами Европейского союза²¹, или данные из иных аналогичных источников.

¹⁸ См. <http://www.acgih.org/TLV/> и <http://www.acgih.org/store/>.

¹⁹ См. <http://www.cdc.gov/niosh/nppl/>.

²⁰ См. http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadispl.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992.

²¹ См. http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/.

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 Королевства²².

Мониторинг соблюдения норм охраны труда и техники безопасности

Следует вести мониторинг рабочей среды на наличие вредных производственных факторов, характерных для конкретного проекта. Процесс мониторинга должны разрабатывать и осуществлять уполномоченные специалисты²³ 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 происшествий и несчастных случаев. Дополнительные указания по программам

мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

²² См. <http://www.bls.gov/iif/> и <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>.

²³ 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

Australian Government, Department of the Environment and Heritage. 2004. Emission Estimation Technique Manual for Inorganic Chemicals Manufacturing. Version 2.0. Canberra.

European Commission. 2006. European Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Bureau. Reference Document on Best Available Techniques (BAT) in Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilizers. Final Draft. October 2006. Seville: EIPPCB.

European Fertilizer Manufacturers' Association (EFMA). 2004. Guidance for Safe Handling and Utilization of Non-Conforming Solid Fertilizers and Related Materials for Fertilizer Importers, Distributors and Merchants. Brussels: EFMA. Доступно по адресу: <http://www.efma.org/publications>

EFMA. 2003. Guidance for Safe Handling and Utilization of Non-Conforming Fertilizers and Related Materials for Fertilizer Producers. Brussels: EFMA. Доступно по адресу: <http://www.efma.org/publications>

EFMA. 2002. Recommendations for the Safe and Reliable Inspection of Atmospheric, Refrigerated Ammonia Storage Tanks. Brussels: EFMA. Доступно по адресу: <http://www.efma.org/publications>

EFMA. 2000a. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry. Production of Ammonia. Booklet No. 1. Brussels: EFMA. Доступно по адресу: <http://www.efma.org/publications>

EFMA. 2000b. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry. Production of Nitric Acid. Booklet No. 2. Brussels: EFMA. Доступно по адресу: <http://www.efma.org/publications>

EFMA. 2000c. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry. Production of Urea and Urea Ammonium Nitrate. Booklet No. 5. Brussels: EFMA. Доступно по адресу: <http://www.efma.org/publications>

EFMA. 2000d. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry. Production of Ammonium Nitrate and Calcium Ammonium Nitrate. Booklet No. 6. Brussels: EFMA. Доступно по адресу: <http://www.efma.org/publications>

EFMA. 1998. Guidelines for Transporting Nitric Acid in Tanks. Brussels: EFMA. Доступно по адресу: <http://www.efma.org/publications>

International Fertilizers Industry Association (IFA)/EFMA. 1992. Handbook for the Safe Storage of Ammonium Nitrate Based Fertilizers. Paris and Zurich: IFA/EFMA. Доступно по адресу: <http://www.efma.org/publications>

German Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2002. First General Administrative Regulation Pertaining the Federal Immission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft). Bonn: BMU. Доступно по адресу: http://www.bmu.de/english/air_pollution_control/ta_luft/doc/36958.php

German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2004. Promulgation of the New Version of the Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters (Waste Water

Ordinance – AbwV) of 17. June 2004. Berlin: BMU. Доступно по адресу: http://www.bmu.de/english/water_management/downloads/doc/3381.php

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. Special Report. Carbon Dioxide Capture and Storage, March 2006. Geneva: IPCC. Доступно по адресу: <http://www.ipcc.ch/pub/online.htm>

Kirk-Othmer, R.E. 2006. Encyclopedia of Chemical Technology. 5th Edition. New York, NY: John Wiley and Sons Ltd.

United Kingdom (UK) Environment Agency. 1999a. IPC Guidance Note Series 2 (S2) Chemical Industry Sector. S2 4.03: Inorganic Acids and Halogens. Bristol: Environment Agency. Доступно по адресу: <http://www.environment-agency.gov.uk/>

UK Environment Agency. 1999b. IPC Guidance Note Series 2 (S2) Chemical Industry Sector. S2 4.04: Inorganic Chemicals. Bristol: Environment Agency. Доступно по адресу: <http://www.environment-agency.gov.uk/>

UK Environmental Agency. 2004. Sector Guidance Note IPPC S4.03. Guidance for the Inorganic Chemicals Sector. Bristol: Environment Agency. Доступно по адресу: <http://www.environment-agency.gov.uk/>

United States (US) Environment Protection Agency (EPA). 40 CFR Part 60, Standards of Performance for New and Existing Stationary Sources: Subpart G—Standards of Performance for Nitric Acid Plants. Washington, DC: EPA. Доступно по адресу: <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>

US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart B—Ammonia Subcategory. Washington, DC: EPA. Доступно по адресу: <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>

US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart C—Urea Subcategory. Washington, DC: EPA. Доступно по адресу: <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>

US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart D—Ammonium Nitrate Subcategory. Washington, DC: EPA. Доступно по адресу: <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>

US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart E—Nitric Acid Subcategory. Washington, DC: EPA. Доступно по адресу: <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>

US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart F— Ammonium Sulfate Subcategory. Washington, DC: EPA. Доступно по адресу: <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>

US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart G— Mixed and Blend Fertilizer Production Subcategory. Washington, DC: EPA. Доступно по адресу: <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>

Приложение А. Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

Производство азотных удобрений на основе аммиака включает производство аммиака (NH_3), мочевины, азотной кислоты (HNO_3), нитрата аммония (НА), известково-аммиачной селитры (ИАС), сульфата аммония и смешанных азотных удобрений, в том числе соединений мочевины (например, мочевино-сульфат аммония (МСА), мочевино-сульфат алюминия), получаемых добавлением соединений серы (сульфата аммония или сульфата алюминия) к расплавленной мочеvine, а также жидких удобрений мочевино-нитрат аммония (МНА) (28, 30 или 32% N).

Аммиак

Простейшим и наиболее эффективным методом производства синтетического газообразного аммиака, обычно применяемым в промышленности, является преобразование природного газа с помощью пара и воздуха.

Аммиак получается в результате экзотермической реакции водорода и азота. Эта реакция осуществляется при повышенном давлении в присутствии окисла металла в качестве катализатора. Катализаторы, применяемые в этом процессе, могут содержать кобальт, молибден, никель, оксид железа/оксид хрома, оксид меди/оксид цинка и железо. Полученный аммиак хранится в жидком виде либо в больших резервуарах под атмосферным давлением при температуре -33°C , либо в больших сферических емкостях под давлением до 20 атмосфер при температуре окружающего воздуха. Источником сырья для получения азота служит атмосферный воздух, который может использоваться в своем естественном состоянии в виде

сжатого воздуха, или чистый азот из установок по сжижению воздуха. Водород можно получать из различных источников, в том числе из природного газа, сырой нефти, лигроина или из отходящих газов таких процессов, как коксование угля или перегонка нефти.

Производство аммиака из природного газа включает следующие технологические стадии: удаление следовых количеств серы из исходного материала, первичный и вторичный риформинг, сдвиговое превращение монооксида углерода, удаление диоксида углерода, метанирование, сжатие, синтез аммиака и охлаждение полученного аммиака. Углерод удаляется в виде концентрированного CO_2 , который может использоваться для производства мочевины или для других технологических целей, чтобы снизить его выбросы в атмосферу.

Еще один способ производства аммиака основан на частичном окислении тяжелых видов топлива или гудрона. Два других нетрадиционных процесса включают:

- введение дополнительного технологического воздуха во вторичный риформер с криогенным удалением избыточного азота;
- теплообменный автотермический риформинг²⁴.

Жидкий аммиак из производственных установок либо используется непосредственно на следующих этапах технологического процесса, либо перемещается в резервуары для хранения. Аммиак из хранилища может

²⁴ Эта технология появилась недавно и продолжает совершенствоваться; она имеет определенные экологические преимущества за счет возможности меньшего нагрева в первичном риформере и снижения энергопотребления.

доставляться потребителям автомобильными или железнодорожными цистернами либо судами. Для хранения аммиака обычно используется один из трех методов:

- хранение с полным охлаждением в больших резервуарах емкостью 10 000–30 000 тонн (до 50 000 тонн). Резервуары могут представлять собой одностенные емкости с обваловкой, двухстенные емкости с двумя вертикальными стенками или полностью закрытые емкости с двумя стенками;
- герметичные сферические или цилиндрические резервуары для хранения емкостью около 1700 тонн;
- полуохлаждаемые резервуары.

Мочевина

При синтезе мочевины комбинация аммиака и диоксида углерода под большим давлением используется для образования карбамата аммония, который далее обезвоживается под воздействием тепла с образованием мочевины и воды. Первый этап происходит быстро и является экзотермическим; в промышленных условиях реакция доходит практически до конца. Второй этап происходит медленнее, является эндотермическим и не доходит до конца. Превращение (по CO_2), обычно составляющее порядка 50–80%, увеличивается с ростом температуры и соотношения NH_3/CO_2 .

Используются две коммерческие системы отгонки: в одной в качестве очистного газа применяется CO_2 , в другой – NH_3 . Раствор мочевины, получающийся после технологических стадий синтеза/рециркуляции, затем концентрируется в расплав мочевины для превращения в твердый приллированный или гранулированный продукт.

В процессе приллирования концентрированный (99,7%) расплав мочевины подается во вращающуюся

разбрызгивающую головку ковшово-душевого типа, расположенную в верхней части колонны для приллирования. Образующиеся жидкие капли застывают и охлаждаются в процессе свободного падения вдоль колонны в принудительном или естественном восходящем потоке атмосферного воздуха. Продукт из нижней части колонны подается на ленту транспортера. Перед отправкой продукта на хранение может осуществляться охлаждение до окружающей температуры и просеивание. Средний диаметр частиц после приллирования обычно колеблется в пределах 1,6–2,0 миллиметров (мм). Для улучшения механических свойств расплава мочевины и повышения его устойчивости против комкования в процессе хранения/переработки может применяться обработка и затравливание кристаллов.

При гранулировании на вход подается менее концентрированная мочевина (95–99,7%). Пониженная концентрация входного материала позволяет избежать второй стадии процесса выпаривания и упрощает обработку технологического конденсата. Этот процесс включает разбрызгивание расплава на циркулирующие в грануляторе частицы, играющие роль зародышей. Воздух, проходящий через гранулятор, отверждает расплав, отложившийся на зародышевом материале. Процессы, использующие входной материал с более низкой концентрацией, требуют меньшего расхода охлаждающего воздуха, поскольку определенная часть тепла рассеивается при кристаллизации мочевины за счет испарения дополнительной воды. Обычно продукт, выходящий из гранулятора, охлаждается и просеивается перед отправкой на хранение. Перед разбрызгиванием может также использоваться обработка расплава мочевины для улучшения характеристик гранулированного продукта, определяющих качество его хранения/переработки.

Впрыскивание водного раствора формальдегида можно использовать с целью включения формальдегида в конечный продукт в качестве облагораживающего реагента с концентрацией в пределах 0,05–0,5%.

Азотная кислота

Производство азотной кислоты состоит из следующих стадий: испарение жидкого аммиака; смешивание полученных паров с воздухом и сжигание смеси над платиново-родиевым катализатором; охлаждение полученной окиси азота (NO) и окисление ее до диоксида (NO₂) с остаточным кислородом; абсорбция диоксида азота водой в абсорбционной колонне с образованием азотной кислоты. Предприятия большой производительности обычно имеют конструкцию с двухступенчатым изменением давления (то есть сжигание при умеренном давлении и абсорбция при высоком давлении), а на небольших предприятиях сжигание и абсорбцию могут проводить при одном и том же давлении. Высокое давление в абсорбционной колонне снижает выбросы оксидов азота (NO_x), однако для соблюдения традиционно применяемых ограничений на выбросы требуется каталитическое восстановление.

Нитрат аммония (НА) и известково-аммиачная селитра (ИАС)

Нитрат аммония (НА) широко используется в качестве азотного удобрения, хотя он также применяется как взрывчатое вещество. Нитрат аммония получается в результате реакции между газообразным аммиаком и водным раствором азотной кислоты. Процесс производства включает три основных процесса: нейтрализацию, выпаривание и отверждение (приллирование и гранулирование). Нейтрализаторами могут служить реакторы со свободным кипением, циркуляционные

системы или трубчатые реакторы. Раствор нитрата аммония после нейтрализации можно использовать разными способами: для переработки на следующих установках, для продажи или для преобразования в твердый нитрат аммония путем приллирования или гранулирования. Нитрат аммония смешивается с твердым наполнителем, в основном карбонатом кальция (известью или доломитом), который добавляется перед формированием капель при производстве известково-аммиачной селитры (ИАС).

В выпаривателе почти вся вода из раствора НА удаляется до уровня, необходимого для процесса производства конечного продукта (обычно ниже 1% для приллированного продукта и до 8% для исходного продукта некоторых процессов гранулирования). Нитрат аммония как исходный продукт перерабатывается на установке для приллирования.

В процессе гранулирования во вращающихся поддонах и барабанах, "сферодайзерах", мешалках и псевдооживленных слоях разбрызгивается горячий концентрированный раствор НА. Обычно никакой дальнейшей сушки гранул не требуется. Гранулы просеиваются, после чего мелкие фракции и раздробленные крупные куски возвращаются в гранулятор.

Производятся также гранулированные продукты, содержащие сульфат аммония или кальция. Конечные продукты – твердые удобрения – могут выпускаться с предприятия либо в россыпном виде, либо в упаковках различного размера.

Сульфат аммония

Ранее сульфат аммония ((NH₄)₂SO₄) производился путем синтеза на основе прямой реакции аммиака с серной

кислотой или в ходе других технологических процессов, например реакции карбоната аммония (NH_4CO_3) с сульфатом кальция (Ca_2SO_4). В настоящее время основная масса сульфата аммония выпускается как побочный продукт при производстве капролактама, акрилонитрила, снижении содержания SO_2 и производстве кокса.

При производстве путем синтеза кристаллы сульфата аммония формируются за счет соединения безводного аммиака с серной кислотой в реакторе и циркуляции раствора сульфата аммония через выпариватель воды. Кристаллы отделяются от раствора в центрифуге и поступают в псевдооживленный слой или во вращающийся сушильный барабан, а затем просеиваются перед упаковкой в мешки или загрузкой россыпью.

При производстве акрилонитрила и капролактама избыточные аммиак/серная кислота реагируют с серной кислотой/аммиаком с образованием раствора сульфата аммония, который может продаваться как удобрение. Кристаллизация остается единственным способом получения твердого сульфата аммония, пригодного к повторному употреблению. В линию извлечения сульфата аммония входят также установки для удаления органических веществ и мелких частиц катализатора.